



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



DOKTORA TEZİ

BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ'NDEKİ *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) 'UN ORGANLARINDA BAZI AĞIR METALLERİN MEVSİMSEL ANALİZİ

Gökçe İrem DEMİRCİ DEMİRBAŞ

Biyoloji Anabilim Dalı

Zooloji Programı

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Cüneyt KUBANÇ

Mayıs, 2016

İSTANBUL

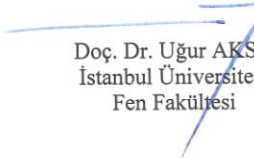
Bu çalışma 08/06/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı Zooloji programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:


Yrd. Doç. Dr. Cüneyt KUBANÇ (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi


Prof. Dr. Melike ERKAN
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi


Doç. Dr. Figen Esin KAYHAN
Marmara Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi


Doç. Dr. Uğur AKSU
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi


Doç. Dr. Cenk SESAL
Marmara Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi



Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 25607 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu çalışmada İstanbul'un önemli içme suyu kaynaklarından biri olan Büyükçekmece Gölünde, göl canlılarından biri olan *Unio pictorum*, (Linnaeus, 1758)'un organlarında bazı ağır metallerin birikme düzeylerinin mevsimsel olarak analizi yanı sıra söz konusu ağır metal birikiminin, göl suyu ve sedimentteki ağır metal miktarı ile bağıntısının saptanması amaçlanmıştır.

Yüksek lisans ve doktora çalışmalarım boyunca benden yardımlarını ve desteğini esirgemeyen, çok değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Cüneyt KUBANÇ ve Yrd. Doç. Dr. Simten Nerdin KUBANÇ' a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Doktora çalışmam süresince her sorunumda yanımda olan değerli hocalarım Doç. Dr. Figen Esin KAYHAN' a, ve Doç. Dr. Uğur AKSU' ya,

Laboratuvar çalışmalarında benden destek ve yardımlarını esirgemeyen canım arkadaşlarım Doç. Dr. Ebru Gürel GÜREVİN' e, Araş. Gör. Dr. Yasemin TUNALI' ya, Mine CELEP ve Sezen ERDOĞAN' a, doktora programı öğrencisi Hakan AYAN' a, laboratuvar çalışma materyallerinin analizlerinin yapılmasında emeği geçen Biyolog Şermin GARİP ve Kimya Yüksek Mühendisi Dr. Hakan BAHAR' a,

Arazi çalışmalarında daima yanımda olan kuzenim Metin DEMİRCİ ve eşi Fadime DEMİRCİ' ye, arazi çalışmalarında materyal sağlamam konusunda bana yardımcı olan Bahşayış Köyü Muhtarı Özcan ÖKTEM' e,

İçinden çıkamadığım her durumda, bana sonsuz destek veren değerli eşim Emrullah DEMİRBAŞ' a,

Her sorunumun çözümü için destek ve yardımlarını tüm sevgileriyle bana veren, canım aileme, babam Mustafa DEMİRCİ' ye, annem Türkan DEMİRCİ' ye ve ablam Yasemin DEMİRCİ' ye,

İçtenlikle teşekkür ederim.

Son olarak, araştırmacı olmam için beni teşvik eden ve bana rol model olan rahmetli hocam Doç. Dr. İskender İSKENDEROV 'u rahmetle anıyor ve bu tezi kendisine ithaf ediyorum.

Mayıs, 2016

Gökçe İrem DEMİRCİ DEMİRBAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	viii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	4
İSTANBUL’UN İÇME SUYU KAYNAKLARI.....	4
2.2. BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ	5
2.2.1. Gölün Konumu.....	5
2.2.2. Gölün Çevresindeki Sanayi Bölgeleri ve Kuruluşları.....	6
Gölün Limnolojik Yapısı	6
2.2.4. Gölün Faunistik Yapısı	7
2.3. TATLISU MİDYESİ <i>UNIO PICTORUM</i> (LINNEAUS, 1758)	11
2.3.1. Sistematikteki Yeri.....	11
2.3.2. Morfolojik Özellikleri ve Anatomisi.....	13
2.3.3. Üreme Özellikleri.....	15
2.3.4. Ekolojik Özellikleri.....	17
2.3.5. <i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758) Türünü Tehdit Eden Faktörler.....	18
2.3.6. Coğrafik Dağılımları	18
2.4. ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE AĞIR METALLER	19
2.4.1. Çevre Kirliliği	19
2.4.1.1. Su Kirliliği.....	21
2.4.2. Ağır Metaller.....	23
2.4.2.1. Kadmiyum.....	25
2.4.2.2. Bakır	27

2.4.2.3. Kurşun	28
2.4.2.4. Çinko	30
2.5. TÜRKİYE’DE AĞIR METALLERLE İLGİLİ ÇALIŞMALARIN LİTERATÜR BİLGİSİ	32
2.6. TÜRKİYE’DE <i>UNIO PICTORUM</i> (LINNEAUS, 1758) İLE İLGİLİ ÇALIŞMALARIN LİTERATÜR BİLGİSİ	34
2.7. BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALARIN LİTERATÜR BİLGİSİ	34
3. MALZEME VE YÖNTEM	37
3.1. MALZEME	37
3.1.1. Çalışma Bölgesi	37
3.1.2. Arazi Ekipmanı	38
3.1.3. Araştırma Laboratuvarları	40
3.1.4. Laboratuvar Ekipmanları	40
3.2. YÖNTEM	41
3.2.1. Arazi Çalışması	41
3.2.2. Arazi Çalışmasına Ait Numunelerin Hazırlanması	42
3.2.3. Cd, Cu, Pb ve Zn İçin LD ₅₀ (Subletal) Doz Belirleme Deneyleri	43
3.2.4. ICP-MS Yöntemi	44
3.2.5. İstatistiksel Analizler	45
4. BULGULAR	46
4.1. ARAZİ ÇALIŞMASI	46
4.1.1. Çalışma Bölgesi İklimsel Verileri	46
4.1.2. Göl Suyu Özellikleri	48
4.1.3. Göl Suyunda Ağır Metal Konsantrasyonları	53
4.1.4. Göl Sedimentinde Ağır Metal Konsantrasyonları	55
4.1.5. Kas Dokusunda Ağır Metal Konsantrasyonları	57
4.1.6. Hepatopankreasta Ağır Metal Konsantrasyonları	60
4.2. KADMİYUM, BAKIR, KURŞUN VE ÇİNKO İÇİN BELİRLENEN SUBLETAL DOZ MİKTAR VE SÜRELERİ	62
4.2.1. Cd	62
4.2.2. Cu	63
4.2.3. Pb	64
4.2.4. Zn	65
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	66
KAYNAKLAR	81

ÖZGEÇMİŞ.....	90
----------------------	-----------



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: İstanbul Avrupa yakasında Büyükçekmece Gölü'nün konumu (Google Earth).....	5
Şekil 2.2: Büyükçekmece Gölü ve yakın çevresi (Google Earth).	6
Şekil 2.3: A) <i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758)(Kabuk-Lateral), B) <i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758)(Kabuk-Dorsal).....	14
Şekil 2.4: a) Tatlı su midyesine ait sağ kabukta lateral diş, b) addüktör kas izi, c)Tatlı su midyesi kabuğunda dişler, d) menteşe.....	14
Şekil 2.5: <i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758)anatomik yapısı genel görünüm; a) Kapakçık kasları, b) kaslı ayak, c) solungaç, d) lobla sarılı iç organlar, e) addüktör kaslar, f) hepatopankreas, g) mide.	15
Şekil 2.6: Deniz ve tatlı su midye türlerinde görülen larva tipleri A) trocophora tip larva (http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artmar99/poly2.html), B) veliger tip larva (http://www.zoology.unimelb.edu.au/keolab/gallery_localbiota.html , C) glochidium tip larva (http://siera104.com/bio/mollusca.html).	16
Şekil 2.7: Solungaçlarda gelişimlerinin tamamlanmasını bekleyen glochidium tip larvaları (http://molluskconservation.org/MUSSELS/Reproduction.html), a) glochidium, b) solungaç.	17
Şekil 3.1: Arazi çalışmasında örnekleme yapılan istasyonlar.	38
Şekil 3.2: Su ölçüm cihazı	39
Şekil 3.3: Su numune kabı.....	39
Şekil 3.4: Sediment numune kabı	40
Şekil 3.5: Porselen havanda dövülen katı numune (sediment).	41
Şekil 3.6: Analiz için hazırlanan kuru katı numuneler A) Cryo tüplerinde, B) Ependorf tüplerinde.	41
Şekil 4.1: Çalışma bölgesine ait aylık sıcaklık değerleri.	46
Şekil 4.2: Çalışma bölgesine ait aylık nisbi nem değerleri.....	47
Şekil 4.3: Çalışma bölgesine ait aylık toplam yağış miktarı.	47
Şekil 4.4: Çalışma bölgesinde ölçülen aylık rüzgar hızları.	48

Şekil 4.5: Örnekleme yapılan istasyonlara ait aylık DO (Çözülmüş Oksijen) değişimleri.....	49
Şekil 4.6: Örnekleme yapılan istasyonlarda ölçülen aylık TDS (Toplam Çözülmüş Katı Madde) değişimi.	49
Şekil 4.7: Örnekleme yapılan istasyonlarda ölçülen aylık iletkenlik değişimleri.....	50
Şekil 4.8: Örnekleme yapılan istasyonlarda ölçülen aylık pH değişimleri.....	51
Şekil 4.9: Örnekleme yapılan istasyonlarda ölçülen aylık tuzluluk değişimleri.....	52
Şekil 4.10: Örnekleme yapılan istasyonlarda ölçülen aylık sıcaklık değişimleri.	53
Şekil 4.11: Çalışma bölgesi su örneklerinde kadmiyum birikiminin aylık dağılımı.	54
Şekil 4.12: Çalışma bölgesi su örneklerinde bakır, kurşun ve çinko birikiminin aylık dağılımı.	54
Şekil 4.13: Çalışma bölgesi su örneklerinde ağır metal birikiminin mevsimsel dağılımı.	55
Şekil 4.14: Çalışma bölgesi sediment örneklerinde kadmiyum birikiminin aylık dağılımı.	56
Şekil 4.15: Çalışma bölgesi sediment örneklerinde bakır, kurşun ve çinko birikiminin aylık dağılımı.	56
Şekil 4.16: Çalışma bölgesi sediment örneklerinde ağır metal birikiminin mevsimsel dağılımı.	57
Şekil 4.17: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin kas dokusunda kadmiyum, bakır ve kurşun birikiminin aylık dağılımı.	58
Şekil 4.18: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin kas dokusunda çinko birikiminin aylık dağılımı.	59
Şekil 4.19: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin kas dokusunda ağır metal birikimlerinin mevsimsel dağılımı.....	59
Şekil 4.20: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin hepatopankreas dokusunda kadmiyum, bakır ve kurşun birikiminin aylık dağılımı.	60
Şekil 4.21: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin hepatopankreas dokusunda çinko birikiminin aylık dağılımı.	61
Şekil 4.22: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin hepatopankreas dokusunda ağır metal birikimlerinin mevsimsel dağılımı.....	62
Şekil 4.23: Kadmiyum için uygulanan subletal doz belirleme deney süresince gözlenen mortalite oranları.	63
Şekil 4.24: Bakır için uygulanan subletal doz belirleme deney süresince gözlenen mortalite oranları.....	64
Şekil 4.25: Kurşun için uygulanan subletal doz belirleme deney süresince gözlenen mortalite oranları.....	64

Şekil 4.26: Çinko için uygulanan subletal doz belirleme deney süresince gözlenen mortalite oranları.....	65
---	----



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Tatlı su midyesinin sistematik düzendeki yeri.....	11
Tablo 2.2: Genusu değişen <i>Unio</i> türleri ve güncel adları (Kantor ve diğ., 2009).	12
Tablo 3.1: Çalışma bölgesindeki istasyonların WGS84 koordinat sistemine göre koordinat verileri ve istasyonlarda örnekleme yapılan derinlikler.	37
Tablo 4.1: Örnekleme yapılan 4 istasyonun birlikte yıllık ortalama DO, İletkenlik ve TDS değerleri.	48
Tablo 4.2: Örnekleme yapılan 4 istasyonun birlikte yıllık ortalama Sıcaklık, Tuzluluk ve pH değerleri.	50
Tablo 4.3: Çalışma bölgesinde su örneklerinde yıl boyunca ölçülen ağır metal değerlerinin uç noktaları.	53
Tablo 4.4: Çalışma bölgesi sediment örneklerinde yıl boyunca ölçülen ağır metal değerlerinin uç noktaları.	55
Tablo 4.5: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin kas dokusunda yıl boyunca ölçülen ağır metal değerlerinin uç noktaları.	57
Tablo 4.6: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin hepatopankreas dokusunda yıl boyunca ölçülen ağır metal değerlerinin uç noktaları.	60

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
----------	----------

Cd	:Kadmiyum
Cu	:Bakır
Pb	:Kurşun
Zn	:Çinko
ppb	:Milyarda bir
ppm	:Milyonda bir
ppt	:Binde bir
µg	:Mikrogram
µS	:Mikrosiemens

Kısaltmalar	Açıklama
-------------	----------

EPA	:Avrupa Kirlilik Ajansı
EU	:Avrupa Birliği
WHO	:Dünya Sağlık Örgütü
ICP-MS	:İndüktif Coupling Plazma Kütle Spektrometresi
AAS	:Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
DSİ	:Devlet Su İşleri
İSKİ	:İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
EC	:Komisyon Tüzüğü
TSE	:Türk Standartları Enstitüsü
SKKY	:Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TGG	:Türk Gıda Güvenliği
TGK	:Türk Gıda Kodeksi

ÖZET

DOKTORA TEZİ

BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ'NDEKİ *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) 'UN ORGANLARINDA BAZI AĞIR METALLERİN MEVSİMSEL ANALİZİ

Gökçe İrem DEMİRCİ DEMİRBAŞ

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Cüneyt KUBANÇ

Tez çalışması sırasında, 2013 Mart-2014 Şubat ayları arasında Büyükçekmece Gölü'nden toplanan *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758)' (tatlı su midyesi) ların kas dokusu ve hepatopankreas dokusunda kadmiyum (Cd), bakır (Cu), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) gibi bazı ağır metallerin birikimi mevsimsel olarak incelenmiştir. Gölde alınan numunelerdeki ağır metal analizleri ICP-MS cihazında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda, yıl boyunca *Unio pictorum*' un kas dokusunda kış mevsiminde en fazla Zn, Cd, ve Pb ölçülürken, sonbahar mevsiminde en fazla Cu ölçülmüştür. Zn birikimi ise yıl boyunca analiz edilen diğer bütün ağır metal birikimlerine göre 0.001 düzeyinde anlamlılık göstermiştir. Hepatopankreas dokusunda, Zn birikimi en fazla yazın görülürken, Pb, Cd ve Cu elementlerinin birikimi en yüksek kışın ölçülmüştür. Örneklemenin yapıldığı göl suyunda ise en yüksek Cd ve Cu kışın, en yüksek Zn ve Pb ise ilkbaharda kaydedilmiştir. Ölçülen metallerin göl suyunda yıl içindeki birikimlerinin birbirlerine göre bir anlamlılık göstermemiş olmasına karşın ($p>0.05$), ilkbaharda Zn, kışın ise hem Cu hem de Zn birikimlerinin Cd birikimine göre anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Gölün sedimentinde en yüksek Cd, Cu ve Zn ölçümü yazın gözlenirken, en yüksek orandaki Pb ise ilkbahar başlangıcında gözlenmiştir.

Çalışmamızın sonucunda tatlı su midyesi kas ve hepatopankreas dokularında ölçülen Cd, Pb ve Zn miktarlarının kabuklu yumuşakçalarda ağır metallerle ilgili Türk Mevzuatı ve Komisyon Tüzüğü, Türk Gıda Güvenliği, ve Türk Gıda Kodeksi limit değerlerine göre oldukça fazla olduğu saptanmıştır. Cu elementinin kas dokusundaki birikimi, sadece ilk bahar ve son bahar mevsimlerinde TGK ve TGG tarafından belirlenen limit değerler dışında görülürken, hepatopankreas dokusundaki birikimi ise yılın genelinde limit değerler üstünde saptanmıştır.

Arazi çalışmasının yanı sıra incelenen ağır metallerin (Cd, Cu, Pb ve Zn) çalışılan tür (*Unio pictorum*) için LD₅₀ dozlarını belirleme amacıyla da gölden ekstra bireyler toplanmıştır. Toplanan bu bireyler önceden hazırlanmış olan 0.5ppm, 1ppm, 2ppm, 4ppm, ve çinko için ilaveten 8 ppm çözeltiler içerisinde onarlı gruplar halinde yerleştirilmiştir. Bu grupların yarısının kas dokuları alınarak ağır metal analizleri ICP-MS cihazında gerçekleştirilmiştir.

Bu incelemelerin sonucunda *Unio pictorum*' un LD₅₀ süresi Cd için 4 gün, Cu için 39 gün, Pb için 13 gün, Zn için ise 180 gün olarak saptanmıştır. Bu süre içerisinde Cd için bu doz 4ppm çözelti içerisinde 55.3ppm, Cu için 1ppm çözelti içerisinde 129.8ppm, Pb için 2ppm çözelti içerisinde 29.71ppm ve çinko için ise 2 ppm çözelti içerisinde 482ppm olarak ölçülmüştür.

Mayıs 2016, 106 sayfa.

Anahtar kelimeler: Büyükçekmece Gölü, *Unio pictorum*, Ağır metal, Biyoindikatör, Ekoloji.

SUMMARY

Ph.D. THESIS

SEASONAL ANALYSIS OF SOME HEAVY METALS IN THE ORGANS OF *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) IN LAKE BÜYÜKÇEKMECE

Gökçe İrem DEMİRCİ DEMİRBAŞ

Istanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Biology

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Cüneyt KUBANÇ

This thesis study analysed the accumulation of the heavy metals such as cadmium (Cd), lead (Pb), copper (Cu), and zinc (Zn) seasonally, in muscle tissue and hepatopancreas of *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) (fresh water mussel) specimen collected from Büyükçekmece Lake since March 2013 to March 2014. The heavy metal accumulation on the collected specimen have been analyzed on ICP-MS device.

Measurements taken throughout the year have shown muscle tissue of *Unio pictorum* had the highest accumulation of Zn, Cd, and Pd during winter and Cu during fall season. Zn accumulation have shown significance at 0,001 level according to the measurements taken throughout the whole year in comparison to all the other heavy metals accumulation tested. Measurements taken throughout the year have shown hepatopancreas tissue had the highest accumulation of Zn during summer, and the highest accumulation of Pb, Cd, and Cu during winter season. Measurements taken from the lake water, where the sampling have been made, showed the highest accumulation of Cd, and Cu during winter and highest accumulation of Zn, and Pb during spring. Eventhough the measured metal accumulations in the lake water did not show a significance in comparison to eachother ($p>0.05$), Zn accumulation in spring, and both Cu and Zn accumulation in winter have shown significance in comparison to Cd accumulation ($p>0.05$). In the sediment of the lake the highest values of Cd, Cu, and Zn have been observed in summer and the highest value of Pb have been observed in the early spring time.

Our study have shown the accumulated values of heavy metals Cd, Pb, and Zn in the muscle tissue and hepatopancreas of the stil water mussel are over the limit values listed on the Turkish Legislation, Commission Regulation, and Turkish Food Codex for the shelled mollusk . Cu accumulation on the muscle tissue is only over the limit value in spring and fall whereas the accumulation on the hepatopancreas is over the limit value throughout the whole year according to the limit values determined by the TGK and TGG.

Alongside the fieldsurvey, extra subjects have been collected from the lake in order to determine the LD50 dosages of the heavy metals inspected (Cd, Cu, Pb and Zn) on the surveyed type (*Unio pictorum*). These extra collected subjects have been placed in prepared solutions as groups of 10 subjects in each of 0.5ppm, 1ppm, 2ppm, 4ppm, and for zinc an additional solution of 8ppm. Half of these groups' muscle tissue have been taken and the heavy metal analyses have been carried out on ICP-MS device.

The result of this research have determined the LD50 duration for Cd is 4 days, Cu is 39 days, Pb is 13days, Zn is 180days for *Unio Pictorum*. During this duration the dosage have been measured for Cd in 4ppm solution as 55.3ppm, Cu in 1ppm solution as 129.8ppm, Pb in 2ppm solution as 29.71ppm and Zn in 2ppm solution as 482ppm.

May 2016, 106 pages.

Keywords: Lake Büyükçekmece, *Unio pictorum*, Heavy metal, Bioindicator, Ecology.

1. GİRİŞ

Sanayileşmenin giderek arttığı günümüzde endüstriyel gelişime paralel olarak artan, insan ve doğal yaşamı tehdit eden bir boyuta gelen çevre kirliliği (Yıldız ve Yener, 2010) hali hazırdaki yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve sonuçta ekosistemin bozulması giderek daha da ciddi bir hal almıştır (Yarsan ve ark, 2000).

Yeryüzünün yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ünü kaplayan akuatik ekosistemler lokal ya da hava aracılığı ile uzak mesafelerden taşınım ile gelen çevre kirleticilerinin baskısı altındadır (Türkmen ve ark, 2005). Yeryüzünün bu çok büyük bir kısmının suyla kaplı olması su sorunu yokmuş gibi görünmesine neden olsa da günümüzde teknik olarak kullanılabilir durumdaki tatlı su kaynaklarının varlığının oldukça sınırlı olduğu bilinmektedir. Ancak, giderek hızla artan nüfus ve kentleşme, sanayileşme, gübre ve pestisitlerin yaygın kullanımı zaten bu az sayıda bulunan tatlı su kaynaklarının da kirlenme nedenleri arasında yer almaktadır (Yücel ve ark., 1995). Kirlilik sebebi olan bu başlıca çevre kirleticileri, çoğunlukla sucül organizmalar için kirletici türüne ve konsantrasyonuna göre göreceli toksik olup öldürücü düzeyde etkilere de sahip olabilmektedirler (Türkmen ve ark, 2005).

Özellikle son yıllarda teknolojinin gelişmesi sonucu endüstri ve sanayi atıkları ile kentsel atıkların yer almış olduğu kanalizasyon sularının boşaltıldığı nehir ve göller giderek kirlenmekte ve sucül ortamda yaşayan canlı organizmaların hayatı tehdit edilmektedir (Kır ve ark., 2007). Nehir, göl ve denizler gibi su kaynaklarının bu şekilde katı ve sıvı atıklarla kirlenmesi günümüzde önemli bir sorun haline gelmiş durumdadır (Ergönül ve Altındağ, 2011).

Ekosistemde canlıların birbirleri ve bulundukları ortamla canlılar arasında doğal bir denge bulunmaktadır. Bu doğal dengeyi olumsuz yönde tehdit eden ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olan unsurlar (endüstriyel atıklar, petrol ve türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler, ağır metaller ve atık ısı) organik ve inorganik kirleticiler olarak başlıca iki ana grupta toplanabilmektedir (Kayhan ve ark., 2009; Taylan ve

Özkoç, 2007). Bu kirletici unsurlardan ağır metaller, günümüzde bir çok sanayide kullanılmakta ve atık olarak doğaya salınmaktadırlar (Kayhan ve ark., 2009).

Organizmalara toksik etki yapan ağır metaller (Taylan ve Özkoç, 2007) sulardaki inorganik kirlenmenin en önemli kaynağı olup (Kır ve ark., 2007), evsel ve endüstriyel atıklar, jeokimyasal yapılar ve maden işletmeleri akuatik çevrede ağır metal kirliliği için potansiyel kaynaklar arasında yer almaktadır. Ayrıca evsel ve fabrika atıkları (As, Cr, Cu, Mn ve Ni), maden eritme fabrikaları (Cd, Ni, Pb, Se) ve demir çelik fabrikaları (Cr, Mo, Sb ve Zn) akuatik ortam açısından yine metal kirliliğinin en önemli kaynakları arasında yer almaktadır (Yıldız ve Yener, 2010).

Normal koşullarda doğadaki oranı düşük olan ağır metaller sucul ortamlar üzerinde en yüksek tehdiye sahip olmakla birlikte, çoğu kez ortamda önerilen limitlerin çok üzerinde bulunur (Ergönül ve Altındağ, 2011; Kayhan ve ark., 2009).

Gerekli olsun veya olmasın, birçok ağır metal, canlılar için potansiyel birer toksik ajandır (Kayhan, 2006). Bazı ağır metaller (Cu, Zn, ve Fe), canlıların normal gelişimlerini, biyolojik işlevlerini ve bazı enzimatik aktivitelerini sürdürebilmeleri için, belirli konsantrasyonlarda (eser miktarda) gerekli olmaktadır. Bu ağır metaller Doğal ortamdaki konsantrasyonları arttığında organizma üzerinde toksik etki yapmakta ve enzimleri inhibe edebilmektedirler. Ancak Hg, Pb ve Cd gibi ağır metaller, her hangi bir işlevleri bulunmamakla birlikte eser miktarda bile toksik etkilere sahiptirler (Kayhan ve ark., 2009; Sağlamtimur ve ark., 2004). Ağır metaller Çevre kirlenmelerine neden olmalarından ve çok düşük yoğunluklarda dahi su canlılarına ve dolayısıyla insanlara zehir etkisi gösterdiğinden, ağır metallerin akuatik ortamdaki etkisi sürekli olmaktadır (Kayhan, 2006, Yarsan ve ark., 2000).

Sucul ortamda eser miktarda bulunan ağır metallerin organizmadaki doğal düzeyleri ve birikimleri farklı olmaktadır (Yarsan ve ark., 2000). Günümüzde endüstriyel gelişmelerle birlikte, sucul ortamların ağır metaller tarafından kirletildiği ve bu kirliliğin besin zincirine yansıdığı görülmektedir. Besin zincirinde alınan besinler canlı tarafından enerjiye dönüştürerek kullanılır ve bir kısmı depolanıp zincirin bir üst halkasındaki canlıya aktarılır (Taylan ve Özkoç, 2007). Su ve besinlerle canlı bünyesine alınan bu ağır metaller çeşitli organ ve dokularda farklı düzeylerde birikip, onların tüm yaşam

aktivitelerine zarar verebilir veya yaşam aktivitelerini değiştirebilir (Kayhan ve ark, 2009). Sucul ortamlarda besin zincirinin önemli halkalarından biri de bivalvlerdir. Yüksek yapılı organizmaların bir çoğunun besinini oluşturmaktadırlar (Akyurt ve Erdoğan, 1993).

Bivalvlerin denizel ve sucul ortamda bol bulunmaları, metalleri yüksek oranda biriktirip uzun süre bünyelerinde tutmalarından dolayı midyeler sularda kirliliği yansıtan biyolojik indikatörlerin başında gelmektedir (Yıldız ve Yener, 2010). Midyeler gibi çoğu bivalv türü sucul ekosistemler için çevre kirliliği açısından biyolojik bir indikatör olduğundan (Türkmen ve ark, 2005) genellikle toksikoloji çalışmalarında midye ve yanı sıra istiridye, deniz tarağı gibi kolayca ortamdan toplanabilecek ve ağır metali sudan süzüp yapısına alabilen canlı grupları (bivalvia, gastropoda ve sefalopoda) kullanılmaktadır (Atabeyoğlu ve Atamanalp, 2010).

Gelişen endüstrinin giderek arttığı günümüzde, ağır metaller doğada kabul edilebilir optimum sınırların üstünde olduğunda, insan ve çevre sağlığı açısından tehdit oluşturmakta ve tatlı su ekosistemini olumsuz yönde etkilemektedir. Çevresinde bulunan sanayi bölgeleri, havaalanı, yerleşim bölgelerine yakın olan konumu ve otoyolları nedeniyle yoğun bir şekilde ağır metallere maruz kalan çalışma bölgemiz, Büyükçekmece Gölü aynı zamanda şehrin içme suyu kaynaklarından biri olması nedeniyle farklı bir önem arz etmektedir.

İstanbul Üniversitesi Fen Fakóltesi Biyoloji Bölümü Zooloji Anabilim Dalı bünyesinde yürüttüğümüz çalışma kapsamında amaç, Büyükçekmece Gölü'nün konumu dolayısıyla maruz kaldığı, ikisi esansiyel ve ikisi iz element olmak üzere bazı ağır metallerin (Cd, Cu, Pb ve Zn) düzeylerini mevsimsel olarak analiz etmek, gölün bu durumdan ne derecede etkilendiğini tespit etmek ve antropojenik etkilerin duruma sağladığı katkıyı belirlemektir. Ayrıca, göl suyu ve sedimentinde de analiz edilen bu ağır metallerin, canlılar üzerindeki etkisi *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758)' a ait kas dokusu ve hepatopankreas örnekleri kullanılarak değerlendirilecektir. Böylece gölün kuzey kesiminin maruz kaldığı ağır metal düzeyinin ekoloji ve besin zinciri açısından etkileri tespit edilmiş olacaktır.

2. GENEL KISIMLAR

İSTANBUL'UN İÇME SUYU KAYNAKLARI

Bir kıyı şehri olan İstanbul'un içme suyu ihtiyacını karşılayan üç temel gölü bulunmaktadır. Bunlardan ilki, şehrin kuzeybatısında, Karaburun gerisinde konumlanan Terkos Gölü'dür. 25 km² yüzölçümüne sahip olan gölün en derin kısmı 11 m olarak bilinmektedir. Oluşum şekli itibari ile doğal bir set gölü olan Terkos, önceleri Karadeniz'de bir koy halindeyken sonraları alçak bir kumsalla denizden ayrılmış ve bir lagüne dönüşmüştür. Denizle ilişkisi tamamen kesilmiş olduğu için önceleri az tuzlu su özelliği gösteren göl suyu zamanla tamamen tatlı su özelliği kazanmış ve içerisinde çok sayıda tatlı su canlısını barındırır hale gelmiştir. Çevresindeki kaynak suları ile beslenen göl 39 km² su alanına sahip olmakla birlikte, yılda 162 milyon m³ su potansiyeli ile de İstanbul yakınlarında bulunan tatlı su rezervlerinin % 22'sine sahiptir. Bu özelliği nedeni ile de şehre temin edilen suyun önemli bir kısmını karşılamaktadır (Wikipedia, 2015a, İamistanbultv, 2015).

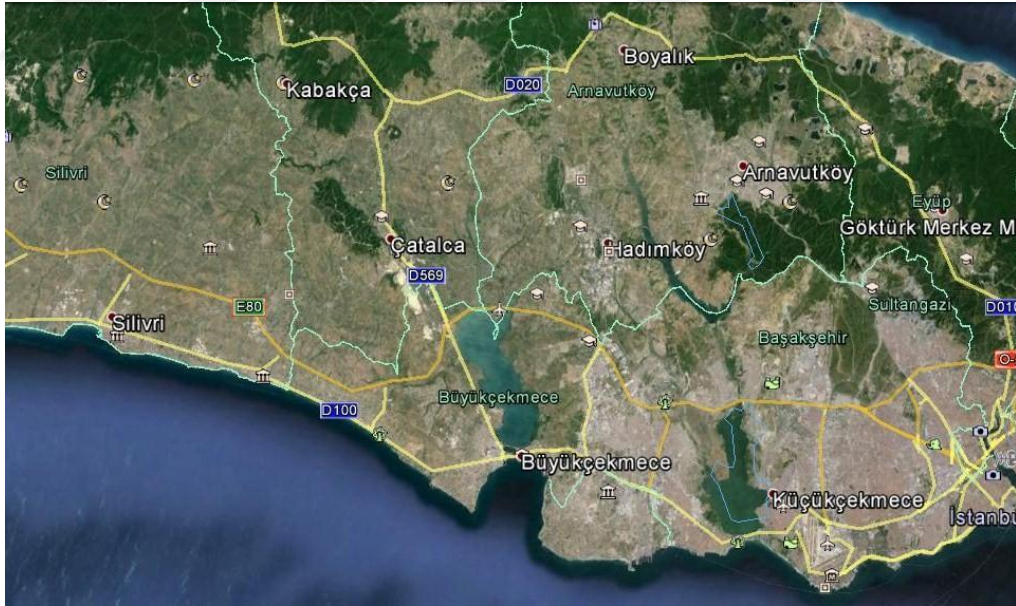
Küçükçekmece Gölü, Küçükçekmece, Avcılar ve Esenyurt ilçeleri arasında kalmakta, şehrin yaklaşık 15 km kadar batısında yer almaktadır. 10 km uzunluğunda, 6 km genişliğindeki göl doğal bir kıyı seti gölü olup 16 km² yüzölçümüne sahiptir. İstanbul'un içme suyu ihtiyacını karşılayan üç temel gölden bir diğeri olan gölün en derin noktası 22 m dir. Gölün doğu kenarında Küçükçekmece, Soğuksu, Menekşe, Halkalı gibi şehrin banliyö semtleri ile göl ağzının doğusunda ise Florya yer almaktadır. Oluşum sürecinde taşınan kum çakıllar gölün önünü tıkayarak dil oluşturmuş ve oluşan bu dil ile göl denizden ayrılmıştır; ancak denizin kabardığı zamanlarda Marmara Denizi'nin suyu göle akmaktadır. Ayrıca gölün fazla suyu da gölün doğu ayağındaki dere tarafından Marmara Denizi'ne boşaltılır. Bu nedenle gölün suyu tamamen tatlı su özelliği göstermek yerine az çok tuzlu su, kısmen acı su özelliği göstermektedir. Kuzeyden gelen Nakkaş Deresi, Sazlıdere ve Eşkinöz sularının karıştığı göl bu derelerin aşağı kısımlarının deniz tarafından kaplanarak oluşmuş bir halicin önünün tıkanması ile günümüzdeki lagün halini almıştır (Wikipedia, 2015b, İamistanbultv, 2015).

İstanbul'un en önemli üçüncü içme suyu kaynağı olan Büyükçekmece Gölü, Marmara Denizi'ne dar bir boğaz ile bağlıdır (İlhan, 2009; Külköylüoğlu ve diğ., 1995). Yağışın az olduğu dönemlerde gölün yüzölçümü 10-11 km² seviyesine kadar azalmış, yağışın fazla olduğu son dönemlerde ise 28, 47 km² seviyesine kadar artmıştır. Yaklaşık 620km²lik drenaj alanına sahip olan gölün hacmi 161 600 000 m³/yıl olup içerdiği fosfor düzeyine göre mezotrof göl özelliği göstermektedir (İlhan, 2009).

2.2. BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ

2.2.1. Gölün Konumu

Coğrafik konum olarak 41.040 enlemi ile 28.568 boylamı arasında 41°02'23"K; 28°34'05"D koordinatlarında yer alan Büyükçekmece Gölü, İstanbul'un önemli içme suyu kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Marmara Bölgesi'nde Çatalca'nın güney kesiminde kıyı boyunca uzanan gölün yüz ölçümü 28,47 km², hacmi 161 600 000 km³/yıl'dır (Wikipedia, 2015c; Altun, 2011). 7km uzunluğunda, 2km genişliğindeki gölün en derin noktası 8,6 metredir (Wikipedia, 2015c).



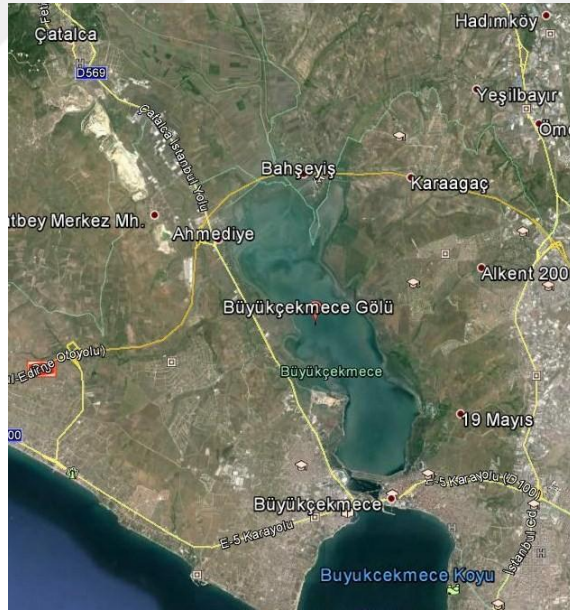
Şekil 2.1: İstanbul Avrupa yakasında Büyükçekmece Gölü'nün konumu (Google Earth).

Göl, 1983 yılında DSİ tarafından inşasına başlanan ve 1988 yılında tamamlanan 11,4 m yüksekliğinde bir duvar (Saç, 2010) ile Marmara Denizi ile bağlantısı tamamen kesilerek bir baraj gölü haline getirilmiştir. Çevresinde Büyükçekmece, Mimarsinan, Kırac, Beylikdüzü, Gürpınar ve Hadımköy belediyeleri gibi yerleşim bölgeleri ile Kırac-

Çakmaklı ve Hadımköy organize sanayi bölgeleri bulunan gölün yakınlarında ayrıca gölü şehrin kirliliğine maruz bırakan E5 ve TEM otoyolları ile bağlantı yolları ve Hazerfen Havaalanı da yer almaktadır (Karaca, 2005).

2.2.2. Gölün Çevresindeki Sanayi Bölgeleri ve Kuruluşları

Gölün konumu itibariyle çevresinde bulunan trafik ağının (TEM otoyolu ve E-5 karayolu ile bağlantı yolları ve çevredeki yerleşim bölgelerindeki ulaşım yollarının yanı sıra bir çok sanayi bölgesi bulunmaktadır. Bu sanayi bölgeleri başlıca Hadımköy Organize Sanayi Bölgesi, Kıraç Sanayi Bölgesi ve Çakmaklı Sanayi Bölgesi olarak bilinmektedir. Bölgede ayrıca iki adet çimento fabrikası, oto sanayi sitesi bulunmaktadır. Bakırcılar sanayi, Mermerciler sanayi ve Birlik sanayi de bulunan gölün yakın çevresinde ayrıca ilgili kuruluşların kooperatifleri (İstanbul Birlik Küçük Sanayi Sitesi ve Yapı Kooperatifi, İstanbul Bakır ve Pirinç Sanayicileri Toplu İş yerleri Yapı Kooperatifi ve İstanbul Beylikdüzü Mermer Sanayicileri Küçük Sanayi Kooperatifi) de bulunmaktadır (Ayan, 2013).



Şekil 2.2: Büyükçekmece Gölü ve yakın çevresi (Google Earth).

Gölün Limnolojik Yapısı

Bir tür doğal set gölü olan Büyükçekmece Gölü Marmara Denizi'nin kuzey kıyısında yer alan bir lagündür. Çatalca'dan güneye doğru inen Karasu Deresi'nin ve Delice Çayı'nın aşağı kısımlarının zamanla yükselen deniz seviyesi altında kalması sonucu göl

önce koy halinde oluşmaya başlamıştır. Sonrasında çakıl, kum ve kil gibi maddelerin birikimiyle önü tıkanmaya başlamış ve günümüzdeki lagün halini almıştır.

Alüvyon kalınlığı 40 m olan gölün Marmara Denizi ile bağlantısı 11,4 m yüksekliğinde bir duvar inşa edilerek tamamen kesilmiştir. Bu duvar inşa edilene kadar gölün suları deniz ile bağlantısı kesilmeden önce tuzlu su özelliği gösterirken, lagün halini almasıyla acı su özelliği kazanmıştır. Baraj duvarının inşasının 1988 yılında tamamlanması ve deniz ile olan kısmi bağlantının da tamamen kesilmesi sonucu göl suyu tamamen tatlı su özelliğine sahip olmuştur.

Karasu Deresi ve Delice Çayı başta olmak üzere gölü besleyen pek çok dere mevcuttur. Bu derelerden Tepenkaltı, Keşliçiftliği, Tahtaköprü, Kiladine, Çakıl, Damlı, Karasu, Hamza, Örcünlü, Beylikçayırı ve Ahlat dereleri gölün yakın çevresinde bulunmaktadır. Bilinen üç adet akarsu girişi bulunan gölün en büyük akarsu girişi kuzey kesimde yer alan Karasu Deresi'dir. Batı ve doğu kesimlerden göle girişi olan diğer iki dere ise sırasıyla Keşliçiftliği ve Çekmece dereleridir.

Gölün önemli akarsu girişlerinden biri olan Karasu Deresi'nin diğer pek çok önemli kolları mevcuttur ve bu kollar da yine gölü beslemektedirler. Bunlar; Ayva, Kızılcaali, Şeytan, Akalan, Kızıldere, Tavşan, İnter, Ayus, Köy, Karamurat; değirmen, Karasu-Setaşaltı, Eski dereleridir (Altun, 2011).

2.2.4. Gölün Faunistik Yapısı

İstanbul'un iki önemli lagününden biri olan Büyükçekmece Gölü'nde daha önceden yapılan çalışmalarda bölgeye ait makro omurgasız, ostrakod, balık ve kuş türleri saptanmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışmalarda veritabanlarına göre bölgede bulunan amfibi, sürüngen ve memeli türlerine de değinilmiştir.

Şahin, 2006 yılında bölgede yaptığı çalışmada Oligochaeta sınıfına ait *Limnodrilus udekemianus*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Nais communis*, *Potamothebis hammoniensis*, *Psammoryctides albicola*, *Stylaria lacustris*, *Tubifex tubifex*; Gastropoda sınıfına ait *Galba truncatula*, *Lymnea peregra*, *Physa acuta*, *Planorbis planorbis*, *Valvata naticina*, *Viviparus viviparus*, Bivalvia sınıfına ait *Anodonta cygnea*, *Dreissena polymorpha*, *Unio pictorum*; Ostracoda sınıfına ait *Candona candida*, *Cypridopsis vidua*, *Physocypria kraepelini*, *Prionocypris zenkeri*, *Tyrrhenocythere amnicola*; Decapoda sınıfına ait

Astacus leptodactylus, Diptera' ya ait *Chironomus plumosus*, *Chironomus tentans*, *Chironomus anthracinus*, *Chironomus reductus*, *Chironomus viridicollis*, *Cladotanytarsus mancus*, *Cryptochironomus defectus*, *Cyprocladopelma laccophila*, *Cryptotendipes holsatus*, *Dicrotendipes nervosus*, *Polypedilum convictum*, *Polypedilum aberrans*, *Tanypus punctipennis* türlerini bildirmiştir.

Külköylüoğlu ve arkadaşları 1995 yılında yaptıkları çalışmada bölgenin ostrakod faunasına ait *Ilyocypris biplicata*, *Ilyocypris bradyi*, *Ilyocypris gibba*, *Physocypris kliei*, *Eucypris virens*, *Eucypris zenkeri*, *Eucypris lutaria*, *Eucypris hamadanensis*, *Cyprinotus salinus*, *Heterocypris incongruens*, *Potamocypris villosa*, *Potamocypris variegata*, *Potamocypris wolffi*, *Potamocypris longisetosa*, *Cypridopsis vidua*, *Cyprideis torosa*, *Limnocythere inopinata*, *Loxoconcha impressa*, *Loxoconcha stellifera*, *Loxoconcha tamarindus*, *Aurila prasina*, *Heterocythereis albomaculata*, *Urocythereis brittannica*, *Callistocythere rostrifera*, *Semicytherura sulcata* türlerini belirtmişlerdir.

Gölün balık faunası ile ilgili çalışmalardan Ninni 1923 yılında yaptığı çalışmada Büyükçekmece Gölü'nde *Esox lucius*, Kosswig ve Battalgil 1942 yılındaki çalışmasında *Gasterosteus aculeatus*, Acara ve Gözenalp (1959) yaptıkları çalışmalarında gölde kefal, levrek, lüfer, pisi, kaya balığı, yılan balığı, kızılkanat ve kadife balığı türlerinin bulunduğunu belirtmişlerdir. Meriç 1980 yılındaki çalışmasında *Clupeonella* türlerinin yaşadığını bildirilmiştir.

Meriç, 1980 yılındaki çalışmasında *Clupeonella* türlerinin yaşadığını bildirilmiştir; ardından 1986 yılındaki çalışmasında da eskiden göldeki varlığı bilinen 30 balık türünü belirtmiş olup bu türlerin *Acipenser gueldenstaedti colchicus*, *Anguilla anguilla*, *Alosa caspia nordmanni*, *Clupeonella cultrivensis cultrivensis*, *Sardina pilchardus*, *Engraulis encrasicolus*, *Chalcalburnus chalcoides*, *Rutilus rutilus*, *Tinca tinca*, *Vimba vimba tanella*, *Esox lucinus*, *Belona belone euxini*, *Aphanius fasciatus*, *Atherina boyeri*, *Gasterosteus aculeatus*, *Syngnathus abaster*, *Syngnathus acus*, *Syngnathus typhle*, *Pomatomus saltator*, *Liza aurata*, *Liza saliens*, *Mugil cephalus*, *Uranoscopus scaber*, *Symphodus cinereus*, *Gobius niger*, *Knipowitschia caucasica*, *Neogobius melonostobus*, *Proterorhinus marmoratus*, *Zosterisessor ophiocephalus*, *Platichthys flesus luscus* olduğunu bildirmiştir. Ancak Özuluğ 1999 yılında yaptığı sistematik çalışmada gölde 23 balık türünün olduğunu belirtmiş; Meriç (1986)'in bildirdiği

türlerden farklı olarak *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus gibelio*, *Rhodeus sericeus*, *Scardinius erthrophthalmus*, *Leuciscus cephalus*, *Leuciscus borysthenticus*, *Gobio gobio*, *Barbus plebejus escherichi*, *Cobitis taenia*, *Silurus glanis*, *Gambusia affinis*, *Perca fluviatilis* türlerini belirtmiştir. Günümüzde gölde 4'ü yabancı olmak üzere 15 balık türü kaldığı belirtilmektedir.

Bacak (2012) bölgenin kuş türlerini saptamaya yönelik yaptığı çalışmada bölgedeki amfibi türleri olarak *Hyla arborea*, *Pelobates syriacus*, *Plephylax ridibundus*; sürünge türleri olarak *Mauremys rivulata*, *Emys orbicularis*, *Testudo graeca*, *Lacerta viridis*, *Lacerta trilineata*, *Podarcis taurica*, *Ablebharus kitaibelii*, *Dolichopis caspius*, *Natrix natrix*, *Natrix tessellata* türlerini belirtmiştir. Çalışmanın ana konusu olan kuşlardan ise *Tachybaptus ruficollis*, *Podiceps cristatus*, *Podiceps nigricollis*, *Phalacrocorax carbo*, *Microcarbo pygmeus*, *pelecanus onocrotalus*, *Botaurus stellaris*, *Ixobrychus minutus*, *Nycticorax nycticorax*, *Ardeola ralloides*, *Egretta garzetta*, *Ardea alba*, *Ardea cinerea*, *Ardea purpurea*, *Ciconia nigra*, *Ciconia ciconia*, *Pelagadis falcinellus*, *Platalea leucorodia*, *Cygnus olor*, *Cygnus cygnus*, *Anser albifrons*, *Tadorna tadorna*, *Anas penelope*, *Anas crecca*, *Anas platyrhynchos*, *Anas acuta*, *Anas querquedula*, *Anas clypeata*, *Netta rufina*, *Aythya ferina*, *Aythya fuligula*, *Aythya marila*, *Bucephala clangula*, *Mergellus albellus*, *Mergus serrator*, *Mergus merganser*, *Circaetus gallicus*, *Circus aeruginosus*, *Circus cyaneus*, *Accipiter gentilis*, *Accipiter nisus*, *Buteo buteo*, *Buteo rufinus*, *Buteo lagopus*, *Aquila pomarina*, *Aquila heliaca*, *Aquila pennata*, *Pandion haliaetus*, *Falco tinnunculus*, *Falco vespertinus*, *Falco columbarius*, *Falco cherrug*, *Allectoris chukar*, *Rallus aquaticus*, *Gallinula chloropus*, *Fulica atra*, *Grus grus*, *Haematopus ostralegus*, *Himantopus himantopus*, *Recurvirostra avosetta*, *Glareola pratincola*, *Charadrius dubius*, *Charadrius hiaticula*, *Pluvialis apricaria*, *Pluvialis squatarola*, *Vanellus vanellus*, *Calidris alba*, *Calidris minuta*, *Calidris alpina*, *Philomachus pugnax*, *Gallinago gallinago*, *Limosa limosa*, *Numenius arquata*, *Tringa erythropus*, *Tringa totanus*, *Tringa nebularia*, *Tringa ochropus*, *Tringa glareola*, *Actitis hypoleucos*, *Ichthyaelus ichthyaelus*, *Ichthyaelus melanocephalus*, *Hydrocoloeus minutus*, *Chroicocephalus ridibundus*, *Chroicocephalus genei*, *Larus canus*, *Larus fuscus*, *Larus michahellis*, *Larus cachinnans*, *Gelochelidon nilotica*, *Thalasseus sandvicensis*, *Sterna hirundo*, *Sternula albifrons*, *Chlidonias hybridus*, *chlidonias niger*, *Chlidonias leucopterus*, *Columbia livia*, *Streptopelia decaocto*, *Streptopelia*

senegalensis, *Athene noctua*, *Asio otus*, *Apus apus*, *Apus pallidus*, *Tachymarptis melba*, *Alcedo atthis*, *Merops apiaster*, *Dendrocopos syriacus*, *Calandrella brachydactylla*, *Galerida cristata*, *Alauda arvensis*, *Riparia riparia*, *Hirundo rustica*, *Delichon urbicum*, *Anthus campestris*, *Anthus pratensis*, *Anthus cervinus*, *Anthus spindetta*, *Motacilla flava*, *Motacilla cinerea*, *Motacilla alba*, *Troglodytes troglodytes*, *Prunella modularis*, *Erithacus rubecula*, *Luscinia megrhynchos*, *Phoenicurus ochruros*, *Saxicola rubetra*, *Saxicola rubicola*, *Oenanthe oenanthe*, *Turdus merula*, *Turdus pilaris*, *Turdus philomelos*, *Turdus iliacus*, *Turdus viscivorus*, *Cettia cetti*, *Acrocephalus scirpaceus*, *Acrocephalus arundinaceus*, *Hippolais pallida*, *Sylvia communis*, *Phylloscopus sibilatrix*, *Phylloscopus collybita*, *Phylloscopus trochilus*, *Muscipa striata*, *Poecile palustris*, *Cyanistes caeruleus*, *Parus major*, *Remiz pendulinus*, *Oriolus oriolus*, *Lanius collurio*, *Lanius minor*, *Garrulus glandarius*, *Pica pica*, *Coloeus monedula*, *Corvus frugilegus*, *Corvus cornix*, *Corvus corax*, *Sturnus vulgaris*, *Sturnus roseus*, *Passer domesticus*, *Passer hispanidensis*, *Passer montanus*, *Fringilla coelebs*, *Fringilla montifringilla*, *Serinus serinus*, *Carduelis chloris*, *Carduelis carduelis*, *Carduelis spinus*, *Coccothraustes coccothraustes*, *Emberiza cirrus*, *Emberiza schoeniclus*, *Emberiza melanocephala*, *Miliaria calandra* türleri bildirilmiştir.

Gölün çevresinde görülen memeli türleri *Canis aureus*, *Vulpes vulpes*, *Felis silvestris*, *Mustela nivalis*, *Spermophilus citellus*, *Lepus europaeus*, *Talpa europaea* olarak saptanmıştır (Bacak, 2012).

Gölün omurgasız faunasına ait çalışmalar incelendiğinde ise makro omurgasız ve ostrakod faunası dışında daha küçük ve ilkel omurgasız formlar (Zooplankton ve Tinninid) ile ilgi çalışmaların olduğu da görülmektedir.

Okgerman ve arkadaşları 2007 yılında yaptıkları çalışmada göldeki zooplankton dağılımını incelemişler ve 56 Rotatoria, 8 Cladocera ve 6 Copepoda türü tespit ettiklerini belirtmişlerdir. Çalışmalarında gölde yoğun olarak *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Synchaeta oblonga*, *Polyarthra dolicoptera* ve *Asplanchna priodonta* ile *Lepadella patella*, *Euclanis dilatata*, *Pompholyx sulcata* ve *Keratella quadrata* türleri bildirilmiştir.

2.3. TATLISU MİDYESİ *UNIO PICTORUM* (LINNEAUS, 1758)

2.3.1. Sistematikteki Yeri

Midyeler ve istiridyeler yumuşakçalar filumunun (şubesinin) çift kabuklular (bivalvia) klasisinde (sınıfında) yer almaktadır (Tablo 2.1). Bivalvler, hepsi deniz formu olan Prtobranchia (=Paleotaxodonto=Cryptodonto), Pteriomorphia, Paleoheterodonta, Heterodonta, bütün septibranch türleri içeren Anomalodesmata olmak üzere toplam 5 alt sınıfa ayrılır (Pechenik, 2013). Tatlı su midyesi olarak bilinen *Unio pictorum* daha önceleri bu altsınıflardan Heterodonta altında olarak yerleştirilmekteydi. Ancak günümüzde Paleoheterodonta olarak bilinen 8 familya altında yaklaşık 1000 türü bulunan atasal ve farklı dişli olarak adlandırılan subklasis atında yer almaktadır (Atatür ve diğ, 2013; Pechenik, 2013). Bu altsınıf Trigoniida ve Unionoida olarak adlandırılan iki ordoya (takıma) ayrılır. Triigoniida orta boyuttaki denizel bivalv yumuşakçalarını, Unionoida ise tatlı su bivalv yumuşakçalarını içermektedir (Wikipedia, 2015d).

Tablo 2.1: Tatlı su midyesinin sistematik düzendeki yeri.

Regnum:	Animalia
Filum:	Mollusca
Klasis:	Bivalvia
Subklasis:	Palaeoheterodonta
Ordo:	Unionoida
Familya:	Unionidae
Genus:	<i>Unio</i>
Species:	<i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758)

Bir tatlı su midyesi türü olan *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) tatlı su bivalv türlerini içeren Unionoida ordosu altındaki 5 süper familyadan (Archanoontoidea, Etherioidea, Hyrioidea, Trigonioidoidea ve Unionoidea) Unionoidea içerisinde yer almaktadır (Wikipedia, 2015d). Unionidae familyası içerisinde *Lampsilis*, *Ligumia*, *Medionidus*, *Villosa*, *Unio*, *Anodonta*, ve *Pyganodon* olmak üzere toplam 7 genus (cins)

içermektedir (Pechenik, 2013). *Unio* genusu altında bilinen 27 tür bulunmakta, bunların 12'si alt tür olarak bilinmektedir. *Unio elongata*, güncel adıyla *Margaritifera elongata* (Lamarck, 1819), Unionidae içerisinde yer almayan bu genusa ait tek tür olmaktadır. *Unio* genusu altındaki 30 türün genusu değişmiştir (Tablo 2.2) (Kantor ve diğ; 2009). *Unio limosus limosus* Nilson 1822, *Unio limosus behningi* Starobogatov et Pirogov, 1970 (1971), *Unio limosus graniger* Ziegler in Schmidt, 1840 ve *Unio rostratus rostratus* Lamarck, 1819 türlerini Graf ve arkadaşlarının 2007'de yaptıkları çalışmada *Unio pictorum* türünün sinonimleri olarak belirtmişlerdir.

Tablo 2.2: Genusu değişen *Unio* türleri ve güncel adları (Kantor ve diğ., 2009).

Genusu değişen <i>Unio</i> türleri	Güncel isimleri
<i>Unio dahuricus</i> Middendorf, 1850	<i>Daurinaia dahurica</i> (Middendorf, 1850)
<i>Unio elongata</i> Lamarck, 1819	<i>Margaritifera elongata</i> (Lamarck, 1819)
<i>Unio crassus</i> Philippsson in Retzius, 1788	<i>Crassiana crassa crassa</i> (Philippsson in Retzius, 1788)
<i>Unio sieversi</i> Drouët, 1881	<i>Crassiana crassa sieversi</i> (Drouët, 1881)
<i>Unio cyprinorum</i> Bourguignat in Locard, 1882	<i>Crassiana cyprinorum</i> (Bourguignat in Locard, 1882)
<i>Unio fuscus</i> Ziegler-Rossmäessler, 1835	<i>Crassiana fuscus</i> Ziegler in Rossmäessler, 1835)
<i>Unio kungurensis irenjensis</i> Kobelt, 1912	<i>Crassiana irenjensis</i> (Kobelt, 1912)
<i>Unio ater</i> var. <i>irgizlaicus</i> Lindholm, 1914	<i>Crassiana irgizlaica</i> (Lindholm, 1914)
<i>Unio musivus</i> Spengler, 1793	<i>Crassiana musiva musiva</i> (Spengler, 1793)
<i>Unio gontieri</i> Bourguignat, 1857	<i>Crassiana musiva gontieri</i> (Bourguignat)
<i>Unio nana</i> Lamarck, 1819	<i>Crassiana nana nana</i> (Lamarck, 1819)
<i>Unio carneus</i> Küster, 1854	<i>Crassiana nana carnea</i> (Küster, 1854)
<i>Unio sobriewskii</i> Rosen, 1925	<i>Crassiana sobriewskii</i> (Rosen, 1925)

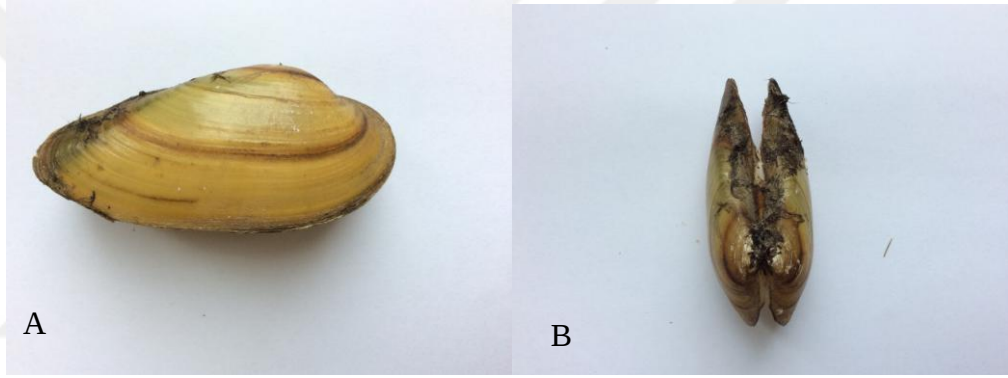
Tablo 2.2(devam):

Genusu değişen <i>Unio</i> türleri	Güncel isimleri
<i>Unio araxenus</i> Drou�t, 1881	<i>Eolymnium araxenum</i> (Drou�t, 1881)
<i>Unio byzantinus</i> Drou�t, 1879	<i>Eolymnium byzantinum</i> (Drou�t, 1879)
<i>Unio colchicus</i> Drou�t, 1881	<i>Eolymnium colchicum</i> (Drou�t, 1881)
<i>Unio raddei</i> var. <i>Koustaisana</i> Kobelt, 1886	<i>Eolymnium koustaisianum</i> (Kobelt, 1886)
<i>Unio raddei</i> Drou�t, 1881	<i>Eolymnium raddei</i> (Drou�t, 1881)
<i>Unio armeniacus</i> Kobelt, 1912	<i>Potamida armeniaca</i> (Kobelt, 1912)
<i>Unio rothi</i> var. <i>komarowi</i> O. Boettger, 1880	<i>Potamida komarowi</i> (O. Boettger, 1880)
<i>Unio conus</i> Spengler, 1793	<i>Tumidiana conus conus</i> (Spengler, 1793)
<i>Unio tumidus</i> var. <i>boryhtenensis</i> Kobelt, 1880	<i>Tumidiana conus borysthenensis</i> (Kobelt, 1880)
<i>Unio muelleri</i> Rosm�ssler, 1838	<i>Tumidiana muelleri</i> (Rosm�ssler, 1838)
<i>Unio tumidus</i> Philippson-Retzius, 1788	<i>Tumidiana tumida tumida</i> (Philippson in Retzius, 1788)
<i>Unio tumidus</i> var. <i>falcatulus</i> Drou�t, 1881	<i>Tumidiana tumida falcatulus</i> (Drou�t, 1881)
<i>Unio mongolicus</i> Middendorff, 1851	<i>Middendorffinaia mongolica</i> (Middendorff, 1851)
<i>Unio abbreviatus</i> Westerlund, 1897	<i>Nodularia abbreviata</i> (Westerlund, 1897)
<i>Unio pictorum</i> var. <i>amurensis</i> Mousson, 1887	<i>Nodularia amurensis</i> (Mousson, 1887)
<i>Unio middendorffi</i> Westerlund, 1890	<i>Nodularia middendorffi</i> (Westerlund, 1890)
<i>Unio schrencki</i> Westerlund, 1897	<i>Nodularia schrencki</i> (Westerlund, 1897)

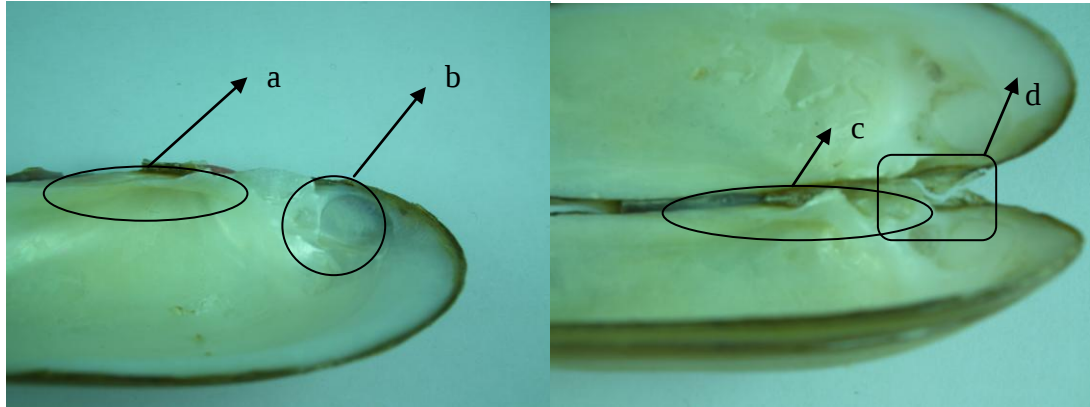
2.3.2. Morfolojik  zellikleri ve Anatomisi

Bivalvlerin en önemli özellikleri arasında sınıf isminin de çıkış noktası olan bir çift lateral kapakçıklarının ve kazıcı kaslı bir ayaklarının olmasıdır. Bu kapakçıklar arasında dorsal konumlu bir menteşe oluşmuştur ve kapakçıklar da bu menteşe yardımıyla

kapanmaktadırlar. Kapakçıklar çok değişik şekil, boyut ve renklerde olabilmektedir. Bir tatlı su midyesi olan *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758)' da dil şeklinde, uzunlamasına eliptik bir yapıya sahip, konveks kabuk yeşilimsi sarı renkte görünmektedir. Birkaç cm kalınlığında olan kabuğun iç yüzeyi sedefliyen, dış yüzeyinde yeşilimsi sarı zemin üzerine koyu büyüme çizgileri bulunmaktadır. Kabuk iç yüzeyi genelde kirli-beyaz görünümlü olmakla birlikte nadiren de pembe olabilmektedir (Atatür ve diğ, 2013; Erdilal ve ark., 2007, Mısırlıoğlu, 2011). Kapakçıklar birbirlerine dorsalde ligamentlerle ve birbirine geçmiş dişlerle bağlanmaktadır (Atatür ve diğ, 2013). Sağ kabuk üzerindeki menteşede bir kardinal diş ile lateral diş bulunurken sol taraftaki menteşe üzerinde hem kardinal hem de lateral dişler birer çift halinde bulunmaktadır (Erdilal ve ark., 2007).



Şekil 2.3: A) *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758)(Kabuk-Lateral), **B)** *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758)(Kabuk-Dorsal).



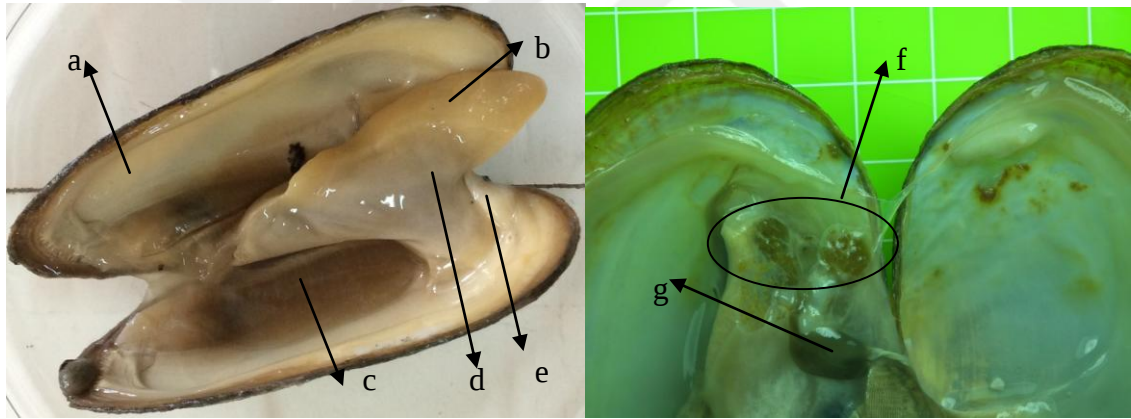
Şekil 2.4: a) Tatlı su midyesine ait sağ kabukta lateral diş, **b)** addüktör kas izi, **c)** Tatlı su midyesi kabuğunda dişler, **d)** menteşe.

Boyu 10 cm kadar olabilen kabuğun kalınlığı 2,5 cm kadar ve kabuk yüksekliği de 5 cm kadar olabilmektedir (Şekil 2.3). Kapakçıklar arasında manto tarafından salgılanan

menteşelerin kesilerek ayrılması ile her iki kabuğun iç yüzeyinde konstriktör kaslar görülmektedir. Kasların hemen iç kısmında her iki kapakçık yönünde solungaçlar göze çarpmaktadır. İç organlar manto içerisinde bir çift lob tarafından sarmalanmış olarak bulunmaktadır (Lifeunio, 2015; Atatür ve diğ, 2013) .

Midyelerde, hareketi sağlayan kaslı ayak, beyazımsı sarı, nadiren çok az bir kısmı da turuncu renkte olmaktadır (Şekil 2.5). Kapakçıklar arasından balta ya da kama şeklinde uzanabilen ayak, kazıyıcı özelliği sahip olup aynı zamanda, kumlu zemin üzerinde hareketini sağlamaktadır. Ayrıca bireyin zemine tutunmasını zağlayan byssus iplikçikleri de yine ayak tarafından salgılanmaktadır (Atatür ve diğ, 2013).

Kaslı ayak çıkarıldığında alt kısımda sindirim sistemi boyunca uzanan gonadlar görülmektedir. Gonadların altında boylu boyunca uzanan hepatopankreas, kabuk iç yüzeyinde bulunan menteşe ve adüktör kaslara komşu bir konumda yer almaktadır.

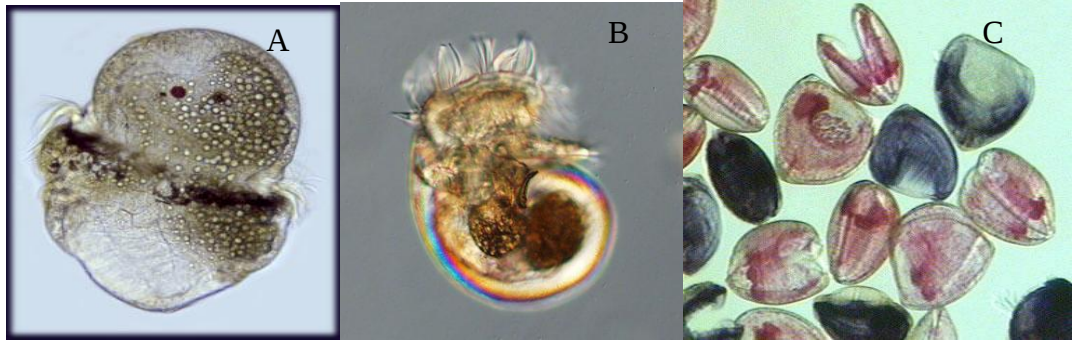


Şekil 2.5: *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758)anatomik yapısı genel görünüm; **a)** Kapakçık kasları, **b)** kaslı ayak, **c)** solungaç, **d)** lobla sarılı iç organlar, **e)** addüktör kaslar, **f)** hepatopankreas, **g)** mide.

2.3.3. Üreme Özellikleri

Dioik bir canlı grubu olan bivalv sınıfında tipik olarak üç tip larva bulunmaktadır. Bunların ikisi deniz türlerinde görülen trocophora ve veliger larvaları, diğeri ise tatlı su türlerinde görülen glochidium larva tipleridir (Atatür ve diğ, 2013).

Gelişmiş bir grup olan Unionidler (tatlı su bivalvleri), larval gelişimleri sırasında tatlı sulardaki değişken ortamlarda gösterdikleri yüksek adaptasyon yetenekleri ile deniz türlerinin larvalarından kolaylıkla ayırt edilebilmektedirler.

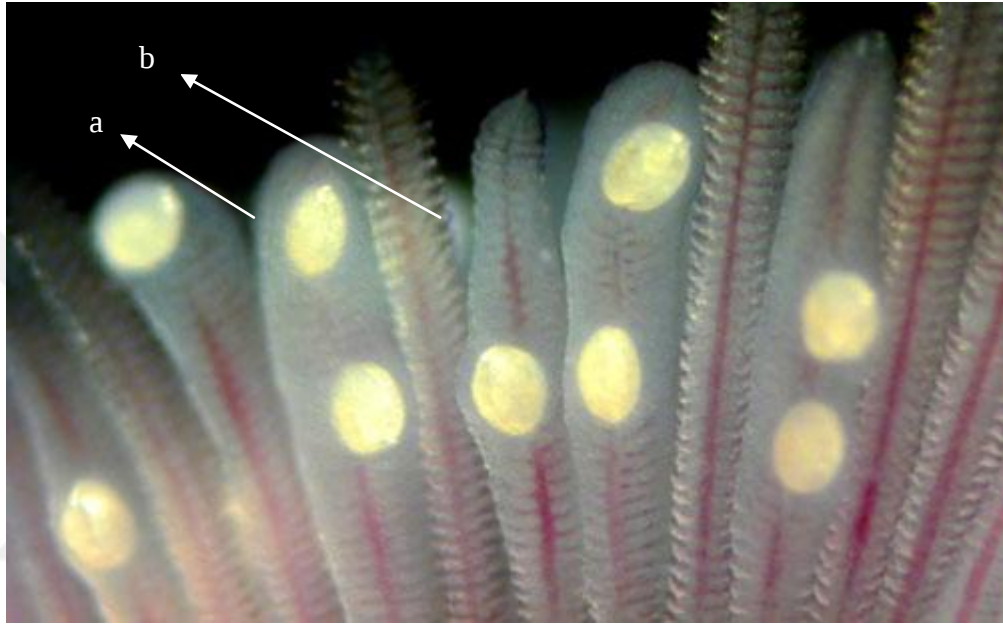


Şekil 2.6: Deniz ve tatlı su midye türlerinde görülen larva tipleri **A)** trocophora tip larva (<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/indexmag.html?http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artmar99/poly2.html>), **B)** veliger tip larva (http://www.zoology.unimelb.edu.au/keolab/gallery_localbiota.html, **C)** glochidium tip larva (<http://siera104.com/bio/mollusca.html>).

Genellikle ilkbahar başlangıcı ile başlayıp yaz sonuna kadar uzayan üreme dönemlerinde dişi bireylerin ovaryumlarındaki yumurta hücreleri kabukların iç yüzeyinde bulunan solungaçlarda birikmeye başlar. Erkek bireyler ise bu dönemde spermlerini tatlı su ortamına bırakırlar. Dişi birey erkek bireyin ortama bırakmış olduğu spermleri solunum vasıtasıyla solungaçlarına alırlar ve döllenme burada gerçekleşir. Döllenmeyi takiben glochidium larvalarının gelişimi de yine solungaçlarda devam eder. Gelişimini belli bir evreye kadar tamamlayan glochidium larvası ortama bırakılır. Glochidium larvasının gelişimini tam anlamıyla tamamlayabilmesi için tatlı su ortamında yaşayan bir balık türünün varlığına gereksinim duymaktadır. Larva gelişimini tamamlayana kadar bu balık türünün solungaçlarını konak olarak kullanır (Nordsieck, 2015; Donauauen, 2015). Konak olarak kullanılan bu balık türü tatlı su midyesi *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) için *Rhodeus sericeus amarus* türü olmaktadır. Halk arasında bilinen adı acı balık olan bu tür ile tatlı su midyesi *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) arasında üreme bakımından mutualist bir simbiyotik ilişki bulunmaktadır (Geldiay ve Balık, 2007).

Her iki tür de üremeleri için birbirine gereksinim duymaktadır. Bu ilişkide tatlı su midyesine ait glochidium larvası acı balığın solungaçlarına yerleşir ve gelişimini tamamlayana kadar larva burayı konak olarak kullanır. Gelişimini tamamlayan larva balığın solungaçlarından ayrılarak tatlı su ortamına geçer (Nordsieck, 2015). Benzer bir şekilde yumurtlama dönemlerinde dişi acı balık bireyi yumurtlarını ovipozitör ile tatlı su

midyesinin manto boşluğu içerisine bırakır, ortamdaki spermeler de yine manto boşluğuna girer ve döllenme burada gerçekleşir. Belirli bir süre gelişimini tamamlayan acı balık midyenin manto boşluğundan ayrılarak tatlı su ortamına karışır. Bu şekilde bir mutualist yaşam her iki türünde geniş yayılım alanına sahip olmasına olanak vermesi açısından önem taşımaktadır. Çünkü her iki türün de üremesi ve neslini devam ettirebilmesi için birbirinin varlığına gereksinim duymaktadır (Geldiay ve Balık, 2007).



Şekil 2.7: Solungaçlarda gelişimlerinin tamamlanmasını bekleyen glochidium tip larvaları (<http://molluskconservation.org/MUSSELS/Reproduction.html>), a) glochidium, b) solungaç.

2.3.4. Ekolojik Özellikleri

Bulunduğu tatlı su ortamı için biyolojik bir indikatör olan tatlı su midyesi *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758), çoğunlukla nehir ve göllerde, rezervuarlarda ve kanallarda kumlu veya çamurlu zemine gömülü olarak veya taşlı zeminde taşların arasında saklı biçimde yaşarlar. İçinde bulundukları ortam suyundaki çeşitli canlılar (planktonlar) ve bakterilerle beslenen tatlı su midyeleri akıntının bulunduğu ve en fazla 28°C sıcaklıktaki ortamlarda yaşayabilirler. Yaşam süreleri yaklaşık 8-10 yıl olan midyelerin yaşam kalitesi bulundukları ortamda akıntının varlığına, ortamdaki besin döngüsüne ve suyun sıcaklığına bağlı olmaktadır.

6 m derinliğe kadar olan bölgelerde yaşayabilen midyelerin, tolerans düzeyleri incelendiğinde suyun bazı fizikokimyasal özellikleri (pH, sıcaklık, suyun akıntı hızı ve kireç içeriği) bakımından diğer bir tatlı su midyesi *Margaritifera margaritifera* türünden daha yüksek toleranslara sahip olduğu anlaşılmıştır.

2.3.5. *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) Türünü Tehdit Eden Faktörler.

Tatlı su midyesi *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) dolaylı veya doğrudan bir çok antropojenik etki nedeniyle tehlike altındadır. Bu söz konusu antropojenik etkilerden biri, günümüzde giderek artan sanayileşmenin de katkısıyla atıkların sulara karışmasıyla ya da sudaki nitrat oranının artışına bağlı olarak oksijen düzeyinin azalması sonucu tatlı su ortamlarında meydana gelen ötrifikasyon; diğeri ise asit yağmurlarının etkisiyle sucul ortamın asiditesinin artmasıdır.

Antropojenik etkilerin yanı sıra bu türün biyolojik düşmanları da bulunmaktadır. Bunlardan biri olan Misk sıçanı besin zincirindeki konumundan dolayı tür için tehlike arz etmektedir. Şöyle ki; Misk sıçanları, kış gibi besin bulmanın zor olduğu dönemlerde akarsu, nehir, göl gibi tatlı su ortamlarında bulunan tatlı su midyeleri ile beslenirler.

Tatlı su midyeleri için bir diğer biyolojik düşman Zebra midyeleridir. Zebra midyelerinin baskın yayılım gösterme eğilimi ve türün Misk sıçanlarının besinin oluşturması türün zamanla tehlike altındaki türlerin bulunduğu kırmızı listeye girmesine neden olmaktadır (Nordsieck, 2015; Donauauen, 2015).

2.3.6. Coğrafik Dağılımları

Çoğunlukla Avrupa'da yayılım gösteren *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758)'un; Gürcistan, Rusya ve Türkiye'yi de içine alan batı Transkafkasya boyunca dağılımı da bilinmektedir. Kuzey ve kuzeydoğu Avrupa haricinde Avrupa göl ve nehirlerinden, Ural Nehrinden, Tuna havzasından ve Ukrayna'dan da bildirilmiştir (Kantor ve diğ, 2009). Avrupa'da yaygın dağılım göstermesine rağmen İskoçya, İspanya ve Portekiz'de rastlanmamıştır (Van damme, 2011).

2.4. ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE AĞIR METALLER

2.4.1. Çevre Kirliliği

Çevre, canlı ve cansız bütün varlıkları içinde barındıran ve direkt ya da indirekt etkisi altında bırakan, fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenlerin tümüdür. Canlının yaşamını sağlayan, etkisi altında bırakan süreç, enerji ve maddesel varlıklar bütünlüğüdür (Egemen, 2006; Kayhan, 2013). Hava, su ve toprak çevrenin fiziksel öğelerini oluştururken insan, hayvan, bitki ve diğer mikroorganizmalar ise biyolojik öğelerini oluşturmaktadır (Bayçu, 2004).

Nitelik açısından üç kısımda (doğal, yapay ve sosyo-ekonomik) incelenen çevrede canlı ve cansız varlıklar arasında ekolojik bir denge bulunmaktadır (Egemen, 2006). Bu ekolojik denge hava, su, toprak gibi doğanın temel fiziksel öğeleri üzerinde herhangi bir olumsuz etkinin oluşmasıyla bozulabilmektedir (Bayçu, 2004).

Çoğu canlı bulunduğu ortamın değişen koşullarına uyum sağlamaya çabalarken insanoğlu bulunduğu ortamın değişen koşullarını değiştirmeye çalışmaktadır. Doğal olmayan bu müdahaleler sonucu ortaya bir çok sorun çıkmış ve bu sorunlar da insanoğlunun kendi ekolojik sorunlarını (nüfus artışı, mekan, beslenme, artan enerji gereksinimi, sanayileşme, hava, çevre kirliliği, su, toprak) oluşturmuştur.

Dolaylı veya doğrudan çevreyi etkisi altına alan başlıca çevre sorunlarını; hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, gürültü kirliliği, nükleer kirlilik, kimyasal kirlilik, asit yağmurları, çölleşme, zehirli atıklar, ağır metal kirliliği oluşturmaktadır.

Bu sorunlar incelendiğinde çevre kirliliği çevrenin özelliklerine ve unsurlarına göre olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Çevrenin fiziksel özelliklerinin tamamının/bir kısmının canlı sağlığını olumsuz yönde etkileyecek şekilde bozulması ve değişmesi fiziksel kirlenme; fiziksel unsurlarının kimyasal özelliklerinin değişmesi ve bozulması kimyasal kirlenme; fiziksel unsurlarının mikrobiyolojik içeriğinin bozulması ise biyolojik kirlenme olarak adlandırılmaktadır. Dolayısıyla, benzer bir şekilde kirleticiler de üç ana başlıkta toplanabilmektedirler: fiziksel kirleticiler, kimyasal kirleticiler ve biyolojik kirleticiler.

Fiziksel kirleticiler: iyonlaştırılmış ısınım ve termik pollusyon.

Kimyasal kirleticiler: hidrokarbonlar ve yanma türevleri, plastik maddeler, pestisitler, deterjanlar, kükürt türevleri, nitrat, fosfat, ağır metaller, florür, aerosoller.

Biyolojik kirleticiler: ölü organik maddeler ve patojen mikroorganizmalar (Egemen, 2006).

Çevre unsurlarına göre çevre kirliliği çeşitleri ise şöyle sıralanabilir: hava kirliliği, toprak kirliliği, su kirliliği ve gıda kirliliği. Atmosferik havanın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin canlı yaşamı açısından olumsuz yönde değişikliğe uğraması hava kirliliği olarak adlandırılmaktadır.

Atmosferde bulunan gazlar üç ana başlık altında toplanmaktadır: devamlı-değişmeyen gazlar; devamlı-değişen gazlar; kirleticiler. Bu üç grup içinden kirleticiler iki ana gruba ayrılmaktadır: primer ve sekonder kirleticiler.

Primer kirleticiler: SO₂, H₂S, NO, NO₂, CO₂, partiküller (Ağır metaller).

Sekonder kirleticiler: SO₃, H₂SO₄, aldehitler, ketonlar.

Doğada toprağı oluşturan dört temel grup bulunmaktadır. Bu gruplar, inorganik maddeler (%45), organik maddeler (%5), su (%25) ve hava (%25) olarak sıralanabilirler. Toprakta belirli oranlarda bulunan bu fiziksel, kimyasal ve biyolojik unsurların dengesinin çeşitli kirleticiler tarafından bozulması toprak kirlenmesi, yeryüzünün $\frac{3}{4}$ 'ünü oluşturan sucul ortamların canlı yaşamını olumsuz şekilde etkileyecek yönde bozulması su kirliliği, insanlar ve hayvanlar tarafından tüketilen gıdaların canlı yaşamını tehdit edici boyutta fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak kirlenmesi durumuna gıda kirliliği adı verilmektedir (Bayçu, 2004).

Çevre kirliliğinin çeşitli unsurları ile ilgili bir çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaları inceleyecek olursak; Karaca ve arkadaşlarının (2006) Büyükçekmece gölü havzasında havadaki atmosferik PM_{2.5} ve PM_{2.5-10} partikül maddelerde değişik düzeylerdeki krom derişimlerini saptamaya çalıştıklarını; benzer bir şekilde Karaca (2005) hazırladığı doktora tezinde ise bölgeye taşınan aerosollerdeki metal düzeylerini saptamış olduğunu görürüz. Ayrıca; Başak ve Alagha (2004) ise göl üzerindeki yağmur suyu üzerinde çalışmış ve suyun kimyasal bileşenlerini incelemiştir. Tayanç (2000)

İstanbul'un hava kirliliği düzeyi üzerine yaptığı çalışmasında sülfür dioksit seviyelerinin lokal ve zamansal değişimlerini belirlemeye çalışmıştır.

2.4.1.1. Su Kirliliği

Yaşamın temel öğelerinden biri olan su yeryüzünün yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ünü kaplamakta olup bu oranın %97 kadarı deniz ve okyanusları, % 3 kadarı ise tatlı su ekosistemlerini oluşturmaktadır (Akın&Akın, 2007; Gökmen ve diğ, 2007).

Sucul ekosistemler su ürünleri, ulaşım ve taşımacılık, su sporları, turizm gibi insanoğlu için bir çok gelir getiren özelliklerin yanı sıra içme ve kullanma suyu temini olarak da kullanılma olanakları taşıması açısından büyük önem taşımaktadır (Kayhan, 2013).

Yeryüzünün yaklaşık %75 gibi bir oranla su ile kaplı olması su bolluğu görünümü veriyor ve su problemi yokmuş gibi gözükse de yeryüzündeki sucul ekosistemlerdeki içilebilir su miktarı ancak %0,74 kadardır. Ancak bu kaynakların sorumsuzca kullanılması ve kirletilmesi sonucu bu oran giderek daha da azalmaktadır (Akın&Akın, 2007).

Söz konusu kaynakların özelliklerinin ve kullanım amaçlarının olumsuz yönde etkilenecek düzeyde bozulması çoğunlukla tarımsal ve endüstriyel atıklar sonucu ortaya çıkmaktadır. Pestisit ya da gübre kullanımı gibi kimyasal kirliliğin yanı sıra suyun rengini, bulanıklılığını ve sıcaklığını etkileyen fiziksel kirlilik, suyun tadı ve kokusunu olumsuz yönde etkileyen fizyolojik kirlilik, suda patojen bakteri, mantar ve alg türlerinin belirli yoğunluklarda bulunması şeklindeki biyolojik kirlilik çeşitleri günümüzde giderek artan sanayileşmenin ve kentleşmenin sonucu oluşan endüstriyel ve evsel atıklarca ortaya çıkmaktadır. Su kaynaklarında görülen kimyasal kirliliğin nedeni organik kirleticiler arasında pestisit, çeşitli çözücüler, kimyasallar ve plastikler bulunurken inorganik kirleticilerin başında ağır metaller yer almaktadır.

Deniz ve tatlı su ekosistemleri, sahip oldukları çeşitli fizikokimyasal özellikleri ile barındırdıkları canlı türlerinin yaşamlarını da etkilemelerinden dolayı ayrı bir öneme sahiptir (Kayhan, 2013). Örneğin deniz ekosisteminde ağır metallerden Cd 0,01 ppm' den, Pb ve Zn 0,1 ppm' den düşük, Cu ise -10,02 ppm olduğunda denizel balık formları için uygun limit değer aralıklarında olmaktadır. Tatlı su ekosisteminde ise Cd ve Pb (yumuşak sularda) 0,001 ppm' den, Cu 0,005 ppm' den ve Zn 0,03 ppm' den daha

düşük olduğunda tatlı su balık formları için limit değerlere uygun aralıkta olmaktadır. Yapısal elementlerden Cu ve Zn daha sert sulara sırasıyla 0,01 ve 0,05 ppm' den daha az olmalıdır (Egemen ve Sunlu, 2003).

Suyun kirlilik düzeyinin belirlenebilmesi için suyun kalitesinin belirlenmesi gerekmekte, bunun için de suyun hangi sınıf derecesinde olduğu bilinmelidir. Suyun kullanım amacına yönelik çeşitli kalite özellikleri bulunmaktadır. Bu çeşitli özelliklere göre su, kalite sınıflarına ayrılmaktadır.

Su kirliliği kontrol yönetmeliğince kıta içi su kaynakları dört grup altında toplanmaktadır: I. sınıf yüksek kaliteli su olarak adlandırılmakta ve sadece dezenfeksiyon içme suyu temini kullanımı için yeterli olmakta, alabalık ve hayvan üretiminde, çiftlik ihtiyaçları gibi amaçları karşılamak için kullanılmaktadır. II. sınıf az kirlenmiş olup içme suyu temininde kullanımı için ileri bir arıtma gerekli olmakta, alabalık haricindeki balık türleri üretiminde ve sulama amacı ile kullanılmaktadır. Kirlenmiş su olarak nitelendirilen III. sınıf su ise gıda ve tekstil gibi endüstri kolları haricindeki sanayilerin su temininde kullanılmaktadır. IV. sınıf su ise çok kirlenmiş olarak nitelenmekte ve en düşük kalitedeki yüzeysel sular için ifade edilmektedir.

Suyun bu dört kalite sınıfında ayrımında fiziksel, inorganik-kimyasal, organik ve bakteriyolojik parametreler kullanılmakta ve bu parametrelerin ışığında en kaliteli sudan en düşük kalitedeki suya kadar renk kodlarıyla belirtilmektedirler (mavi-yeşil-sarı-kırmızı) (Türkiye çevre atlası, 2012).

Suyun temelde endüstriyel ve endüstriyel olmayan olacak şekilde iki ana grupta toplanan kullanım alanları bulunmaktadır. Suyun endüstriyel kullanım alanları ısıtma, soğutma, enerji üretimi, demir-çelik, kağıt, petrol ve gıda sanayileri olmaktadır. Endüstriyel olmayan kullanım alanları ise, içme ve kullanma suyu olarak veya balık yetiştiriciliğinde, sulama, hayvancılık gibi alanlar olmaktadır (Kayhan, 2004).

Kullanma alanlarının genişliği de göz önüne alındığında su kirliliği nedenleri üzerine bir çok çalışmaya rastlanmıştır. Başta ağır metallerin sebep olduğu kirliliğin yanı sıra diğer bazı faktörlerin de incelendiği çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin; Altun (2011) Büyükçekmece Gölü'nü mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik açısından incelemiş ve kirlilik düzeylerini saptamaya çalışmıştır. İlhan (2009) göle ve havzasına etki eden

kirlilik kaynaklarını belirlemeye yönelik çalışırken, Güyer ve İlhan (2011) göl havzasının kirlilik profilini belirleme üzerine araştırma yapmışlardır.

2.4.2. Ağır Metaller

Periyodik tabloda IIA ve VIIA grupları arasında yer alan ağır metaller atom ağırlığı 40 g' dan, özgül ağırlıkları da 5 g/cm^3 ten fazla olan elementlerdir. Geçiş metalleri, metalloidler, lantanitler ve aktinitleri içeren ağır metaller Domingo tarafından; çevrede bol miktarda bulunan ve en fazla toksisiteye neden olan elementler, esansiyel iz elementler, biyolojik önemi olan diğer metaller ve farmakoloji ile ilgili metaller olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Biyolojik anlamda ise üç grupta incelenmekte (esas elementler, yan elementler ve iz elementler) olup bu gruplardan geçiş elementleri organizmada düşük konsantrasyonlarda gerekli (esansiyel) olmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarda ise toksik etki göstermektedir (Kayhan, 2013; Şehnaz Şener SDUGEO, Boğa, 2007). İz elementler ise organizmada herhangi bir gereksinimleri bulunmamasına rağmen çok düşük konsantrasyonlarda dahi maruz kalınması durumunda organizma için toksik etki sebebi olan elementler olarak bilinmektedirler.

Ağır metal kirliliği kimyasal bir kirlilik olup çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmekte ve ağır metallerin çeşitli çevre koşullarına dayanıklı olmaları onların kolaylıkla besin zincirine girmesine, dolayısıyla canlılarda katlanarak artan yoğunluklarda birikmelerine ve toksik etkilerini göstermelerine neden olmaktadır.

Erozyon, rüzgâr, volkanik aktiviteler, orman yangınları ve bitki örtüsü gibi etmenlerle suya karışan metaller atmosfer vasıtasıyla sucul ekosistemlere karışıp etkili olmaktadır.

Sucul ekosistem için en büyük ağır metal kirliliği etkeni madencilik endüstrisidir. Ayrıca kimyasal tarım ilaçları, pil ve plastik endüstrisi gibi çeşitli sanayi kolları (kağıt, petrokimya, gübre, demir-çelik endüstrileri, enerji ve klor-alkali üretimleri) yine ağır metal kirliliği kaynakları arasında yer almaktadır.

Sucul ortamda derişimi artan ağır metaller sedimentte veya ortamın flora ve fauna elemanları tarafından organizma içine alınarak birikir. Hem bu birikme özelliğinden hem de sucul ortamdaki diğer toksik etkilerinden dolayı ağır metal kirliliği önemli bir çevre sorunudur. Organizmalardaki bu birikim sonucu hücre zarının yapısı, hücre

fizyolojisi ve üreme özellikleri olumsuz yönde etkilenirken; ortamdaki canlı ölüm oranında artışlar gözlenmektedir (Kayhan, 2013).

Ağır metallerle ilgili çalışmaların çoğu su kirliliği ile bağlantılı olarak gerçekleştirilmekte ve çalışmaların çoğu deniz ekosisteminde yapılmaktadır. Az sayıdaki çalışmada (Türkiye’de) çalışma sahasını, tatlı su ekosistemi oluşturmaktadır. Deniz ekosisteminde yürütülen çalışmaların çoğunda hedef canlı, bir midye türü olan *Mytilus galloprovincialis* olmaktadır. Akdeniz midyesi olarak bilinen bu midye türü deniz ekosistemi için hem kirlilik belirteci olarak kullanılmakta, hem de toplanması kolay bir materyal olmaktadır. Altuğ ve Güler (2004) İstanbul ve Çanakkale Boğazı ile Karadeniz kıyısında, Topçuoğlu ve arkadaşları (2004) Marmara Denizi’nin kuzey kıyılarında, Kayhan ve arkadaşları (2007) İstanbul Boğazı’ndaki ağır metal kirlilik düzeylerini Akdeniz midyesi türünü inceleyerek belirlemeye çalışmışlardır.

Ağır metal çalışmalarında metal düzeylerinin ölçülmesinde farklı yöntemler kullanılabilmektedir; yöntemi, çalışma ortamının durumu, alınacak örneğin özellikleri ve araştırılacak metaller belirlemektedir. Çoğunlukla tercihlerde öne çıkan iki metot bulunmaktadır: AAS ve ICP-MS.

ICP-MS yani İndüktif Coupling Plazma kütle spektrometresi iki ünitenin (plazma ve spektrometre) birleşiminden oluşmaktadır. Periyodik tablodaki bir çok elementin gözlenebilme sınırı ppb (milyarda bir) altındadır. Bu teknikle bir çok elementin tayini, hatta farklı derişiklikteki elementlerin tayini mümkün olmaktadır. Bu nedenle de kantitatif analizlerde çoğunlukla bu teknik tercih edilmektedir. AAS yani Atomik Absorbsiyon Spektrometre ile ölçümde ise ölçümün yapıldığı ortamlarda daha derişik düzeylerde bulunan elementlerin ölçümü yapılabilmektedir. Öyle ki ICP-MS tekniği ile ölçülebilen çoğu değer AAS tekniği ile ölçülememektedir.

ICP-MS tekniği ile ölçüm sırasında numune içerisindeki elementler önce ICP’ de iyonlaştırılırlar; ardından kütle spektrometresinde kütle/yük oranlarına göre ayrılarak ölçülürler. Ancak ölçüm öncesi elementlerin ölçüleceği numunelerin özelliklerine göre çeşitli işlemlerden geçmesi (katı numunelerin analiz öncesi çözme işlemine uğraması gibi), analiz için hazırlanması gerekmektedir.

2.4.2.1. Kadmiyum

Periyodik tabloda IIB grubunun ikinci elementi olan kadmiyum 48 atom numarası ve 112,411 g atom ağırlığına sahiptir. Doğada çoğunlukla saf halde bulunan kadmiyum gümüş beyazlığında olmaktadır (Wikipedia, 2015e).

Doğal olarak ekosistemde nadir bulunan kadmiyum eser elementler gibi canlılar için gerekli elementler arasında yer almaz. Toprakta, tatlı sularda ve havada eser miktarlarda bulunan kadmiyum kimyasal yapısı bakımından çinko ile benzerlik göstermekte olup doğada belirli bir oranda çinko ile birlikte bulunmaktadır (Güner, 2005). Herhangi bir biyolojik işlevi olmayan kadmiyum, kanserojen ve mutajen etkileri bilinen, düşük dozlarda bile yüksek toksik etkiye sahip bir ağır metaldir. Çinko ile yapısal benzerlik gösterdiği gibi, bakırla da benzerlik göstermekte olup, biyolojik sistemlerde bu iki metal gibi davranır (Kayhan, 2013). Çeşitli tuz formları (bromid, florid, iyodit, karbonat, nitrat, oksit, siyanit, salisilat, asetat ve tungsat) bulunan kadmiyum bazlarla ve su ile reaksiyon vermez; ancak sülfürik asit ile reaksiyona girdiğinde Cd^{+2} (aq), halojenlerle reaksiyona girdiğinde katı formdaki CdF_2 , $CdBr_2$, CdI_2 , hava ile reaksiyona girdiğinde ise sonuç olarak CdO (k) ortaya çıkmaktadır (Okumuş, 2007; Güner, 2005).

Kadmiyum, yaygın bir kullanım alanına sahip olmakla birlikte kağıt ve galvaniz endüstrisinde, boya yapımında, plastik üretiminde, pil ve akü yapımında, maden alaşımlarında, madeni levha kaplamacılığında, mürekkep yapımında kullanılmaktadır (Tuncay, 2007; Yüzereroğlu, 2011). Doğada az bulunan bir metal olmasına rağmen kadmiyum sucul ekosistemler için ciddi tehlike arz etmektedir. Gerek yeraltı suları gerek tatlı su canlıları ortamdaki kadmiyumu iyonik kolloidal, kompleks veya partikül halinde alarak biriktirebilirler. Kadmiyum bu nedenle yüksek toksisiteye sahiptir. Tatlı sularda genellikle 0,01 ppm düzeyinden daha düşük bulunan kadmiyum çevredeki tarımsal faaliyet sanayi bölgelerinin faal durumlarına bağlı olarak 10 ppm ve üstü derişimlere ulaşabilmektedir (Tuncay, 2007; Yüzereroğlu, 2011).

Organik maddelerde birikim düzeyinin ölçümünde AAS ve ICP-MS yöntemi kullanılan kadmiyumun içme suyu için WHO, EPA, EC, EU ve TSE tarafından sırasıyla 0,003 mg/l, 0,005 mg/l, 0,005 mg/l, 0,005 mg/l, ve 0,005 mg/l düzeylerini kabul edilebilir üst düzey miktarı olarak belirlenmiştir (Permoakdeniz, 2015, Lenntech, 2015a, Güner, 2005).

Normal şartlarda yer altı suları, yüzey suları ve tatlı sularda 1 µg/l düzeyinden daha düşük seviyelerde bulunan kadmiyum, denizde 0,1 µg/l veya daha az düzeyde, nehir sularında 1-13,5 µg/l düzeyleri arasında bulunmaktadır (Lenntech, 2015b, Güner, 2005).

Su ürünlerinden balık ve yumuşakçalarda tolere edilebilir kadmiyum üst değeri 0,1 mg/l olurken kabuklularda bu değer 1 mg/l olarak belirlenmiştir (Egemen, 2006). Oldukça toksik bir madde olan kadmiyum sucul ekosistem canlıları tarafından sudan alınarak biyoakümülyasyon sonucu sudaki düzeyinden 10 ile 10000 kat daha fazla bir oranda biriktirebilmektedirler.

Su ile reaksiyona girmeyen kadmiyum bazı tuz formundaki bileşikleri suda çözünmektedir; bu özelliği de kadmiyumu sucul ortam canlıları için oldukça tehlikeli kılmaktadır. Ekosistemdeki biyoakümülyasyon nedeniyle yüksek organizasyonlu canlılar için de önemli ölçüde risk oluşturmaktadır (Güner, 2005; Yüzereroğlu, 2011).

Çeşitli endüstrilerde ve bir çok sanayide kullanılmasının yanı sıra fosil yakıtların kullanılması, gübre kullanımı, kentsel atık suların ve sanayi atıklarının suya karışması gibi bir çok şekilde kadmiyum doğaya karışmaktadır (Güner, 2005). Kadmiyumun hedef organları böbrekler ve karaciğerdir. İnsan vücudunda 13-47 yıl kadar bir süre kalabilen kadmiyuma uzun süre maruz kalma durumlarında böbrek, prostat ve akciğer kanserleri, ile hipertansiyon görülmektedir. Akut zehirlenmeleri ciddi problemlere sebep olmaktadır. Kırmızı kan hücrelerinde ve testiküler hücrelerde hasar oluşturabilirler. Kronik olarak kadmiyum zehirlenmesinin bilinen sonucu itai-itai denilen kemiklerde kırılmaya ve acıya sebep olan bir hastalığın görülmesidir (Duran 2011; Kayhan, 2013; Okumuş, 2007). Çoğunlukla böbrek, solungaç ve karaciğer ya da benzeri yapılarda birikimi görülmektedir. Yüksek omurgalılarda adrenal bez, üreme sistemi ve hemoglobinin düzeyi olumsuz yönde etkilenmektedir (Tuncay, 2007; Güner, 2005).

Kadmiyum çok düşük düzeylerde bile, sucul organizmalar özellikle crustacea üyeleri için toksik özelliğe sahiptir. Ca dengesinin bozulmasına, çeşitli organlarda histolojik ve morfolojik değişikliklere, hücre zarı yapısında olumsuz değişikliklere, çeşitli enzimatik reaksiyonların değişmesine ve aksamasına neden olmaktadır (Yüzereroğlu, 2011; Güner, 2005). En düşük ölüm dozlarında bile balıklarda çeşitli davranış bozuklukları,

prematüre doğum, gelişimde duraksama ve anomalilere, yüksek mortalite düzeyine neden olur.

2.4.2.2. Bakır

Atom numarası 29, atom ağırlığı ise 63,546 olan bakır elementi periyodik tabloda geçiş metalleri olarak bilinen dört grup arasından IB grubu içerisinde yer almaktadır (Güner, 2005; Okumuş, 2007). Oda sıcaklığında katı halde bulunan bakır elementi, organizma tarafından alınması gereken eser elementler arasında bulunmaktadır (Güner, 2005). Bakır elementinin hava ile reaksiyona girmesi sonucu ortaya Cu_2O , halojenler (F_2 , Cl_2 , Br_2) ile reaksiyona girmesi sonucu CuF_2 , CuCl_2 , CuBr_2 ve sülfürik asit ile reaksiyona girdiğinde Cu^{+2} (sıvı) olarak ortaya çıkmaktadır (Okumuş, 2007).

Diğer eser elementler gibi bakır da bulunduğu ekosistemde (kara, deniz ve tatlı su) ortam için belirlenen limit değerlerin üzerinde olduğunda toksik etki göstermektedir; ancak eksikliğinde organizmada önemli rahatsızlıklar meydana gelmektedir. Örneğin insanda eksikliğinde hemoglobin sentez bozukluğuna bağlı olarak hipokromik mikrositer anemi görülür; yani yeterli miktarda demir bulunsa bile kansızlık ortaya çıkmaktadır (Güner, 2005). Ayrıca bakır, organizmada bir çok enzimin yapısına katıldığından organizma için hayati önem taşıyan bir eser elementtir. Organizma tarafından mutlaka alınması gereken Cu, erişkin bireylerde proteinlere bağlı olarak ortalama 100 ile 150 mg arasında bulunmaktadır (Kayhan, 2013).

İnsanda, Cu metabolizmasında görülen en önemli aksaklık, bu elementin karaciğerde birikerek sebep olduğu Wilson Hastalığı'dır. Cu, ilk hedef organ olan karaciğerin yanı sıra beyinde, böbrekte ve gözde korneada birikmektedir. Bu birikimlere bağlı olarak siroz ve takiben bazı nörolojik bozukluklara da rastlanmaktadır (Kayhan, 2013).

Sucul ekosistem için toksik elementlerin başında gelen bakır; müzik enstrümanlarının temininde, renkli cam yapımında, mikrodalga fırınlarda, elektrik endüstrisinde, yüksek frekans hattı yapımında, madencilikte, boya sanayinde, tarımda, kültür balıkçılığında, su bitkilerinin kontrolünde kullanılmaktadır.

Doğada oldukça yaygın bulunan bir element olan bakır, havada, içme suyunda ve çeşitli gıdalarda (meyve, sebze) bulunmaktadır. Bir şekilde gerek sudan, gerek havadan organizma için gerekli bakır temin edilebilir. Ancak bu şekilde sağlanan ya da başka bir

deyişle maruz kalınan bakırın dozu ve maruz kalınan süreye bağlı olarak organizma da çeşitli toksik etkiler kendini göstermeye başlar (Karakoyun, 2015).

Endüstriyel anlamda kirliliğe maruz kalmamış bölgelerdeki deniz suyunda bakır konsantrasyonunun 0,15ppb, tatlı sudaki konsantrasyonunun 1-20 ppb olduğu; yer altı tatlı su sedimentlerinde 16-5000 mg/kg, deniz dibi sedimentlerinde ise 2-740 mg/kg bakır bulunduğu bilinmektedir (Güldür, 2011). Bakırın balık, yumuşakça ve kabuklularda kabul edilebilir değeri 20 ppm olarak bildirilmiştir (Egemen, 2006).

Yüzey sularında 1 ppm altındaki konsantrasyonları su bitkileri için toksik özellikteki gösterebilirken (Okumuş, 2007) sert sulardaki 2,5 ppm konsantrasyondaki bakır, su bitkilerine zarar vermemektedir. Alabalıkların tolere edebildiği limit değerin 0,14 ppm olmasına rağmen (Bayçu, 2004), bazı balık türleri için sucul ekosistemdeki 1 ppm bakır konsantrasyonu toksik etki göstermektedir (Okumuş, 2007).

2.4.2.3. Kurşun

82 atom numaralı ve 207,19 g olan kurşun, periyodik tabloda IVA grubunda bulunan beşinci elementtir. Doğada mavimsi beyaz, bazen de gri levhalar halinde bulunan kurşun 0, 2+ ve 4+ yükseltgenme derecelerinde bulunmakla beraber çoğunlukla yaygın olarak 2+ derecesinde bulunur.

İyonik bağlarla kurşun II, kovalent bağlarla kurşun IV bileşikler oluşturarak kurşunun en sık rastlanan mineral formları PbS, PbSO₄, PbCO₃ olarak bilinmektedir. Su ile reaksiyon vermeyen, bazlarla yavaş tepkime veren kurşun sülfürik asit içerisinde çözünmemekte; ancak nitrik asit ve hidroklorik asit içerisinde yavaşça çözünmektedir. Ayrıca, hava ile reaksiyonu sonucu PbO(k), halojenler ile reaksiyonu sonucu PbF₂ ve PbCl₂ ortaya çıkmaktadır (Okumuş, 2007).

Kadmiyum gibi kurşun da eser elementler arasında yer almamakta, ancak insanlar tarafından yoğun şekilde kullanılan bir metaldir. Biyolojik açıdan canlı için herhangi bir gereksinim oluşturmayan kurşun yaygın bir endüstriyel kullanım ağına sahiptir. Pil, boya, metalürji, elektronik eşya ve plastik sanayi, seramik, porselen ve kristal eşya yapımı, petrol endüstrisi, su iletim sistemleri, matbaa lifleri, akümülatör plaklarının kaplanması, radyasyon koruyucusu, kablo yalıtkanı ve benzin katkı maddesi, lehim, folyo ve sayısız alaşımlar, insektisit üretimi gibi bir çok kullanım alanı bulunmaktadır.

Ayrıca, meyve ve sebzelerde, et ve tahıllarda, deniz ürünlerinde, bazı alkolsüz içecekler ile şarapta önemli düzeylerde bulunan kurşun, az miktarda da sigara dumanında bulunmaktadır (Kayhan, 2013; Okumuş, 2007; Büyükgüncü, 2011; Güldür, 2011; Tuncay, 2007).

Su içerisinde çözünen kurşun bileşikleri sucul ekosistem canlılarını önemli ölçüde etkilemektedir. Suda çözünen kurşun ilk etapta su bitkilerini, besin zinciri yoluyla mikroorganizmaları, suda yaşayan diğer canlıları ve en sonunda da insanları etkilemektedir. Sucul ortama erozyon ve yağmur suyuyla karışan kurşun tatlı sularda denizden daha fazla birikme eğilimine sahiptir (Tuncay, 2007).

Hassas balık türleri suda ki 0,1-0,2 ppm düzeyindeki kurşun toksik etki gösterirken (Bayçu, 2004) diğer balık türleri için kabul edilebilir kurşun limit değeri 1ppm olarak bilinmektedir. Yumuşakça ve kabuklular için kurşun toksisite sınır değerleri ise sırasıyla 1 ppm ve 2 ppm olarak belirlenmiştir (Egemen, 2006).

İçme suyunda kabul edilebilir üst limit kurşun değeri TSE, EC, WHO ve EU tarafından 0,01 ppm olarak belirlenirken, EPA tarafından belirlenen değer 0,05ppm olarak bilinmektedir (Permoakdeniz, 2015, Lenntech, 2015a).

Yaklaşık 20 yıl olan yarılanma ömrüne sahip kurşun insan vücuduna solunum ve sindirim yoluyla girmektedir. Yarılanma ömrü bu kadar fazla olan kurşunun vücuttan atılımı olmamakla birlikte vücuda girdiği andan itibaren yavaşça çözünmekte ve zehir etkisi göstermektedir (Güldür, 2011; Büyükgüncü, 2011). Toz formları mide öz suyunda ve kanda çözünebilirken metalik formu doku sıvılarında çözünebilmektedir. Kana geçen kurşun, zehir etkisi sonucu böbrek, üreme organları, karaciğer, beyin ve sinir sisteminde hasara yol açmaktadır. Aynı zamanda; pankreas, dalak, akciğer, kıkırdak ve kaslara da yayılarak bireyin büyümesinde, gelişiminde, davranışlarında öğrenmesinde ve metabolizmasında da olumsuz yönde etki etmektedir (Kayhan, 2013; Tuncay, 2007; Okumuş, 2007). Kan yolu ile önce yumuşak dokularda birikmeye başlayan kurşun 1-1,5 ay içinde kemik ve diş gibi sert dokularda birikmeye başlar. Ayrıca hemoglobin bileşiminde düşmeye, dolayısıyla kansızlığa, kısırlığa, kansere, mide hasarına ve hatta ölüme neden olabilmektedir (Büyükgüncü, 2011).

2.4.2.4. Çinko

Bir geçiş elementi olan çinko 30 atom numarası ve 65, 409 g atom ağırlığı ile periyodik tabloda IIB grubunda ilk sırada yer almaktadır. Doğada mineraller halinde bulunan çinko mavimsi açık gri renkte bir metal olup genleşebilme ve uzayabilme özelliğine sahiptir. Bilinen 15 izotopunun 5 tanesi kararlı halde olan çinko yaygın bir element olup doğada çinko spat (ZnS), çinko blend (ZnCO_3) ve çinko silikat ($\text{Zn}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) mineralleri olarak bulunurlar (Okumuş, 2007; Güldür, 2011; Wikipedia, 2015f). Genellikle kurşun mineralleri birlikte bulunan çinko diğer metallerle sülfür halinde birlikte bulunur (Güldür, 2011; <http://7222598.blogcu.com/seker-hastaligi-cinko-hakkinda-genel-bilgiler/944701>).

Su içerisinde çözünmeyen çinko hava ile reaksiyona girdiğinde 2ZnO(k) ; halojenler ile reaksiyona girdiğinde $\text{ZnBr}_2(\text{k})$ ve $\text{ZnI}_2(\text{k})$ oluşmaktadır. Sülfürik asit ile reaksiyonu sonucu $\text{Zn}^{+2}(\text{s})$ ve $\text{SO}_4^{2-}(\text{s})$ açığa çıkmakta, alkali çözelti içinde çözündüğünde $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ bileşiği oluşmaktadır (Okumuş, 2007).

Bakır gibi eser elementlerden biri olan çinko canlıların büyümesi ve gelişmesi için gerekli olup su ve besinlerde eser miktarda bulunmalıdır. Yaklaşık 200 enzimin yapısına katılan çinko biyolojik sistemlerde yalnız +2 değerlikte bulunur (Kayhan, 2013). Ayrıca, DNA ve benzeri biyolojik molekülleri, membran ve ribozom benzeri yapıları dengeleme görevi; hücre bölünmesi, büyüme, metabolizma ve bağışıklık gibi olaylarda işlevleri bulunmaktadır (Duran, 2011). Hayvanlarda protein sentezi, nükleik asit metabolizması, hormon aktivasyonu, sentezi ve taşınması, organ sistemlerinin gelişmesi ve üreme için bulunması zorunlu bir element olan çinko enzimler tarafından katalitik görevlerini yapabilmek, bir çok protein tarafından ise yapılarını koruyabilmek için ihtiyaç duyulmaktadır (Atasayar, 2011).

Birçok endüstri dalında yaygın olarak kullanılan çinko elektrot ve alaşım yapımında, demir levhaların korozyondan korunmasında, otomotiv, akü, cam, kağıt, çimento, metal, demir, bronz, boya, petrol, plastik, sentetik madde, galvaniz, çelik, tekstil, kauçuk, deodorant, dezenfektan, kozmetik, lastik ve kimya sanayilerinde kullanılmaktadır. Ayrıca, tutkal imalatında ve eczacılıkta kullanılan çinko deri kremleri ve losyonları, antiseptik ve insülin preparatları ile tıp alanında, azotlu gübre ve fungusit gibi tarım

ilaçlarının yapımında kullanım alanı bulmaktadır (Kayhan, 2013; Okumuş, 2007; Güldür, 2011).

Yüzey sularında, denizel ortamlarda ve tatlı sularda çinko konsantrasyonunun artması günümüzde artan sanayileşme ve kentleşme gibi insan aktivitelerinin artmasına paralellik göstermektedir (Güldür, 2011; Kayhan, 2013). Tatlı su ve deniz ekosistemleri yakınlarındaki metal kaplama sanayi ve madencilik faaliyetleri atık sularının deşarjları ile suya karışan çinko su kaynakları için önemli bir kirletici olma özelliği kazanmaktadır (Kayhan, 2013; Güldür, 2011; Okumuş, 2007). Boya sanayi, elektro- kaplama ve sentetik fiber üretimi de yine su kaynaklarındaki çinko konsantrasyonunun artmasında önemli bir etken oluşturmaktadır (Güldür, 2011).

TSE ve EPA tarafından çinko için tatlı sularda kabul edilebilir üst limit değer 5 ppm iken WHO tarafından belirlenen bu değer 3 ppm olup canlı organizmalardan balık, yumuşakça ve kabuklular için çinko için toksisite sınır değeri 50 ppm olarak belirtilmiştir (Permoakdeniz, 2015, Lenntech, 2015a, Egemen, 2006). Sudaki çinkonun balık için toksik sınırı 0,3 ppm olarak ifade edilirken (Bayçu, 2004) su organizmaları için ortamda bulunması gereken çinko düzeyleri tatlı su ekosistemleri için 47 ppb ve denizel ekosistemler için 58 ppb olarak bilinmektedir (Duran, 2011).

Gerek tatlı suda gerek denizel ortamlarda balıklar çinkoyu ortamlarındaki su ve besinlerden almaktadırlar (Atasayar, 2011). Çinkonun balıklar tarafından alınması tatlı sularda solungaçlar ile olurken denizel ortamlarda daha çok sinirim sistemi vasıtasıyla gerçekleşmektedir (Yeşilbudak, 2009). Çinkonun balıktaki hedef organı solungaç epitelidir. Çinkonun buradaki birikiminin fazlalaşmasıyla hipoksiya, ozmoregülasyon bozuklukları, solungaç ve iç organlarda gaz değişim problemleri, büyüme inhibisyonu, yüzme hareketleri, kan kimyası ve davranışlarda değişiklik gibi durumlar ortaya çıkmaktadır (Atasayar, 2011, Duran, 2011). Ayrıca yüksek dozda akut etkileri arasında solungaçlarda yapısal deformasyonlar ve hipokalsemi de bulunmaktadır (Yeşilbudak, 2009).

Karbonhidrat ve protein metabolizmasında etkili olan çinkonun eksikliğinde büyüme, gelişme, üreme gibi yaşamsal faaliyetlerde önemli aksaklıklar olabileceği gibi

organizmada fazla bulunması durumunda çeşitli toksik etkilerinin ortaya çıktığı görülmüştür (Duran, 2011; Tunçsoy, 2011).

Canlıların gereksinim duyduğu eser elementlerden çinko insanlar tarafından her gün belirli miktarlarda (15 mg/gün) temin edilmelidir. Ancak bu dozun üzerinde maruz kalındığında toksik etkiler görülmektedir (Kayhan, 2013).

Solunum ve sindirim yoluyla insan vücuduna alınan çinkonun hedef organları böbrekler ve karaciğer olmaktadır (Tuncay, 2007). Az miktarda çinkoya maruz kalındığında tat ve koku almada azalma, iştahsızlık, ciltte yaralar ortaya çıkmaktadır. Aşırı miktarda çinkoya maruz kalındığında ise bağışıklık sistemi aktivitesinde azalma, yaraların geç iyileşmesi, yüksek kolesterol, deride hassasiyet, damar sertliği, solunum rahatsızlıkları gibi arazlar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, kristalize insülin aktivitesi ve pankreas olumsuz etkilenirken, fazla çinko gözün koroid tabakasında birikmektedir (Okumuş, 2007, Tuncay, 2007, Kayhan, 2013).

2.5. TÜRKİYE’DE AĞIR METALLERLE İLGİLİ ÇALIŞMALARIN LİTERATÜR BİLGİSİ

Türkiye’de yapılan ağır metal çalışmaları genellikle Akdeniz midyesi olarak bilinen *Mytilus galloprovincialis* ile deniz çalışması olarak yürütülmüştür.

Bat ve arkadaşları 1999 yılında Sinop kıyılarında yaptıkları çalışmada Akdeniz midyesi türünde bakır, çinko, kurşun ve kadmiyum konsantrasyonlarını AAS yöntemi ile belirlemeye çalışmışlardır.

2004 yılında Altuğ ve Güler, İstanbul ve Çanakkale Boğazı ile Karadeniz Kıyısında bazı organizmalar ve deniz suyu örneklerinde ağır metal düzeylerini belirleme ile ilgili yaptıkları çalışmalarında, çalışma materyalleri arasında *Mytilus galloprovincialis* türü de bulunmaktadır. Toğçuoğlu ve arkadaşları (2004) ise aynı yıl yaptıkları çalışmada Marmara Denizi’nin Kuzey kıyısındaki sediment ve canlılardaki ağır metal düzeylerini incelemişlerdir. Kayhan ve arkadaşları (2006) çalışmalarında İstanbul Balık Halinde bulunan Akdeniz midyelerindeki arsenik düzeylerini tespit etmişlerdir. 2007 yılında ise Kayhan ve arkadaşları bu sefer aynı türün İstanbul Boğazı’ndaki bireylerinden aldıkları örneklerde kadmiyum ve kurşun düzeylerini belirlemeye çalışmışlardır.

2008 yılında Ünlü ve arkadaşları Gemlik Körfezi'nde, 2012 yılında Balkıs ve Aksu Batı Karadeniz Şelfi'nde ağır metal kirliliğini araştırdıkları çalışmalarında midye örneği olarak Akdeniz midyesi türünü kullanmışlardır. Balkıs ve arkadaşları 2013 yılında bu türü kullanarak Güney Karadeniz Şelfi'nde kirliliğin izlenmesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Kılıç ve Belivermiş (2013) Boğaz ve Haliç'te türde ve türün bulunduğu sedimentte bulunan ağır metallerin (iz elementler) lokal ve mevsimsel dağılımlarını incelemişler ve kadmiyum, krom, bakır, kurşun ve çinko konsantrasyonlarını belirlemeye çalışmışlardır.

Türkiye denizlerinde ağır metallerle ilgili yapılan çalışmaları incelediğimizde araştırmaların çoğunlukla Marmara Denizi'nde gerçekleştirildiğini görüyoruz. Marmara Denizi'nin Kuzey iç katmanlarından elde edilen dip yüzey sedimenti ve bölgedeki baskın ıstakoz türlerindeki toplam ağır metal birikimleri 2007 yılında Kurun ve arkadaşları tarafından incelenmiş; Okuş ve arkadaşları (2007) ise aynı yıl nehirler vasıtasıyla Güney Marmara Denizi katmanlarına ulaşan kurşun, kadmiyum ve cıva gibi ağır metallerin düzeylerini araştırmıştır. 2012 yılında ise Balkıs ve arkadaşları Boğaz'ın Avrupa ve Anadolu kıyılarındaki yüzey sedimentinde toksik metallerden kurşun, kadmiyum ve cıva seviyelerini tespit etmişlerdir. Balkıs ve Çağatay (2001) Erdek Körfezi yüzey sedimentinde metal dağılımlarını etkileyen faktörleri, Algan ve arkadaşları (2004) ise Marmara Denizi'nde katmanların sedimentinde metal içerik kaynaklarını araştırmışlardır.

Marmara Denizi dışında ise, Çoban ve arkadaşları (2009) Zonguldak tarafında deniz suyu ve sedimentinde, Balkıs ve arkadaşları (2010) Gökova Körfezi'nde ise su ve sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarını saptamışlardır.

Türkiye'de tatlısu ekosisteminde yürütülen çok az sayıda ağır metal çalışması bulunmaktadır. Çavuşoğlu ve arkadaşları (2007) çalışmalarında midye örneği olarak *Mytilus sp.* türünü kullanarak Kızılırmak Nehri ağır metal düzeylerini EDS ile belirlemeye çalışmışlardır.

Tatlı su midyelerinin bulunduğu *Unio* genusuna ait çalışmalara da oldukça az sayıda rastlanılmıştır. Yarsan ve arkadaşları (2000) Van Gölü'ndeki *Unio stevenianus* örneklerinde, Türkmen ve arkadaşları (2005) Gölbaşı Gölü'nde *Unio terminalis* ve

Potamida littoralis' in kas dokularında ve solungaçlarında, Türkmen ve Ciminli (2007) *Unio terminalis* ve *Potamida littoralis*' de, Yılmaz (2011) yüksek lisans tezinde Dipsiz-Çine Çayı'nda yaşayan *Unio crassus* türünde ağır metal düzeylerini incelemiş, ve saptamışlardır.

Tatlı su ıstakozu *Astacus leptodactylus* ile ağır metal çalışmaları, Kurun ve arkadaşları (2010) tarafından Terkos Gölü'nde, Tuncay (2007) tarafından Kovada Gölü'nde, Güner (2005) tarafından Üsküp Baraj Gölü'nde toplanan örnekler üzerinde yapılmıştır.

2.6. TÜRKİYE'DE *UNIO PICTORUM* (LINNAEUS, 1758) İLE İLGİLİ ÇALIŞMALARIN LİTERATÜR BİLGİSİ

Ülkemizde, *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) ile ilgili çok fazla çalışmaya rastlanılmamıştır.

Yapılan güncel literatür taramalarında Kara (2004) Kahramanmaraş'ta Gavur Gölü'nde türün biyolojik özelliklerini, Yalçın (2006) Bafra balık göllerinden Uzun Göl ve Sinop Karasu Çayı'nda çevresel faktörlerin, türün büyüme kondisyonu ve biyokimyasal parametreleri üzerine etkilerini araştırmıştır.

Erdilal ve arkadaşları (2007) Büyükçekmece Gölü'nde türün et verimi ve kimyasal bileşenlerini, diğer bir tatlı su midyesi türününki ile karşılaştırmış. Altuğ ve Koşal (2007) ise çalışmalarında türdeki indikatör ve patojen bakteri seviyelerini saptamaya çalışmıştır. Şahin (2013) aşağı Sakarya Nehri'ndeki çalışmasında ise türü, diğer birkaç mollusk türü ile birlikte etkileyen bazı fizikokimyasalları araştırmıştır.

Akyurt ve Erdoğan 1993 yılında yaptıkları çalışmada *Unio sp.* türünün bazı biyolojik ve ekolojik özellikleri ile et verimlerini incelemişlerdir.

2.7. BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALARIN LİTERATÜR BİLGİSİ

Büyükçekmece Gölü ile ilgili mevcut çalışmalar incelendiğinde çoğunlukla gölün faunası ile ilgili olup çok az bir kısım çalışma florası ve diğer konular hakkındadır. Gölün faunası ile ilgili zooplankton, mikro ve makro omurgasız, ostrakod, balık, amfibi, sürüngen, kuş ve memeli türleri, florası ile ilgili ise fitoplankton türleri hakkında çalışmalara rastlanmaktadır.

Fauna ile ilgili çalışmaların çoğunun balık türleri üzerine olduğu görülmektedir. Meriç 1986 ve 1992 yıllarında yaptığı çalışmalarda, Özuluğ ise 1999 yılında yaptığı çalışmada gölün balık faunası üzerine araştırmalar yapmıştır. Ninni 1923, Kosswig ve Battalgil 1942 ve Acara ve Gözenalp 1959 yıllarında yaptıkları çalışmalarda bölgedeki bazı balık türlerinin varlığından bahsetmişlerdir.

Saç 2010 yılında yazdığı yüksek lisans tezinde baraj gölündeki İsrail sazanının büyüme ve üreme özellikleri üzerine inceleme yapmış; 2012 yılında ise göldeki *Clupeonella cultriventris* türünün biyolojik özelliklerini çalışmıştır.

Bacak 2012 yılında yazdığı yüksek lisans tezinde gölün kuş türlerini saptamaya çalışmış; yanı sıra bölgenin amfibi, sürüngen ve memeli türlerine de değinmiştir.

Külköylüoğlu ve arkadaşları 1995 yılında yaptıkları çalışmada gölün ostrakod faunasını araştırmışlardır. Şahin 2006 yılında yaptığı çalışmada gölün bentik makro omurgasız faunası, Okgerman ve arkadaşları ise 2007 yılında yaptıkları çalışmada gölün zooplankton türleri üzerine bir araştırma yapmışlardır.

Gölün fitoplankton türleri üzerine ise Temel 2002 yılındaki çalışmasında ve Güleçal ve Temel 2014 yılındaki çalışmalarında değinmiştir.

Gölde artış gösteren fitoplankterlerin gelişimini kontrol eden faktörleri inceleyen bir çalışma da Aktan ve arkadaşları tarafından 2007 yılında yapılmıştır.

İlhan 2009 yılında gölün ve havzasının etkilendiği kirlilik kaynaklarını tespit edip izlemeye yönelik bir çalışma yaparken Altun ise 2011 yılında gölün mikrobiyolojik ve kimyasal kirliliğinin düzeylerini belirleme üzerine bir çalışma yapmıştır.

Güyer ve İlhan 2011 yılında yaptıkları çalışmada Büyükçekmece Gölü'nün havzasındaki kirlilik profilini değerlendirmişlerdir. Karaca ise 2005 yılında yazdığı doktora tezinde bölgeye taşınan aerosollerdeki metal konsantrasyonlarını bir modelleme ile incelemiştir.

Başak ve Alagha (2004) ise çalışmalarında göl üzerindeki yağmur suyunun kimyasal bileşenlerini, Uyak ve Toroz (2007) ise İstanbul'un önemli su kaynaklarında biri olan

Büyükçekmece Gölü'ndeki t rle me ve ürün oluşumu ile dezenfeksiyon üzerine bromid iyonunun etkisini ara tırmı lardır.



3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. MALZEME

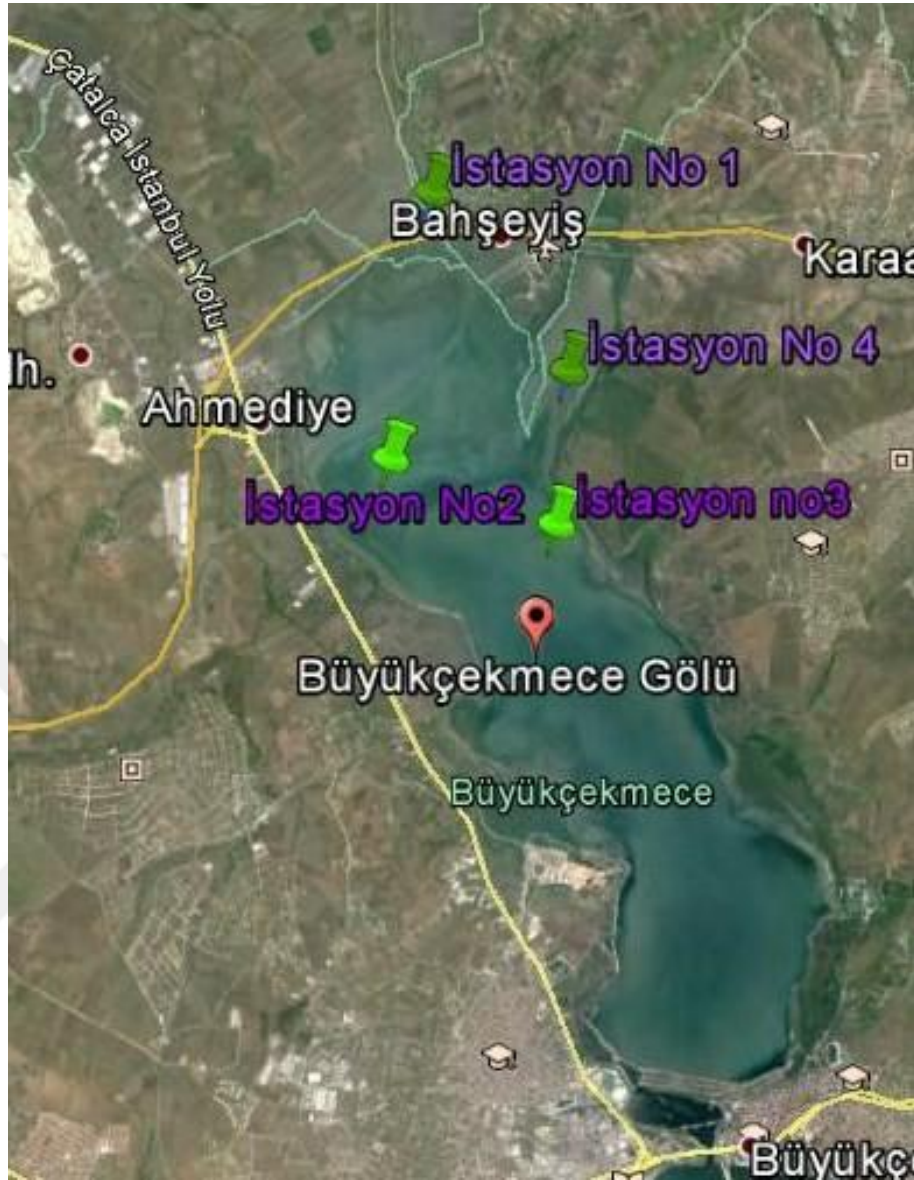
3.1.1. Çalışma Bölgesi

Bir yıl boyunca süren arazi çalışmamızda örneklemeler 02.03.2013-02.03.2014 tarihleri arasında yapılmıştır. Gölün kuzey kesiminde, örnekleme yapılan 4 farklı istasyon (Şekil 3.1) için belirlenen derinlikler şöyledir: İstasyon 1 ($41^{\circ}06' 33.32''\text{K}$; $28^{\circ}32'13.50''\text{D}$) için 0.5m, İstasyon 2 ($41^{\circ}04' 58.69''\text{K}$; $28^{\circ}31'53.65''\text{D}$) için 3m, İstasyon 3 ($41^{\circ}04' 37.81''\text{K}$; $28^{\circ}33'23.86''\text{D}$) için 2.5m, ve son olarak İstasyon 4 ($41^{\circ}05' 23.29''\text{K}$; $28^{\circ}33'20.62''\text{D}$) için 2m olarak ölçülmüştür (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Çalışma bölgesindeki istasyonların WGS84 koordinat sistemine göre koordinat verileri ve istasyonlarda örnekleme yapılan derinlikler.

İstasyon	Koordinat (WGS84 sistemine göre)	Derinlik (m)
1	$41^{\circ}06' 33.32''\text{K}$; $28^{\circ}32'13.50''\text{D}$	0,5
2	$41^{\circ}04' 58.69''\text{K}$; $28^{\circ}31'53.65''\text{D}$	3
3	$41^{\circ}04' 37.81''\text{K}$; $28^{\circ}33'23.86''\text{D}$	2,5
4	$41^{\circ}05' 23.29''\text{K}$; $28^{\circ}33'20.62''\text{D}$	2

Gölün bu kesiminin çalışma için seçilmesinin sebebi, gölün bu kısmının sanayi bölgelerine, tarım arazilerine, TEM otoyolu ve Hazerfen Havaalanına, dolayısıyla ağır metal kirleticilerine yakın olmasıdır. Tablo 3'te istasyonlara ait koordinat ve derinlikler verilmiştir. Belirtilen koordinat verileri WGS84 datumuna bağlı koordinat sistemine göre verilmiştir.



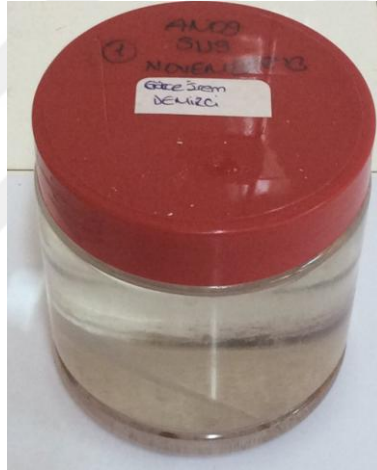
Şekil 3.1: Arazi çalışmasında örnekleme yapılan istasyonlar.

3.1.2. Arazi Ekipmanı

Arazi çalışmaları esnasında midye örneklerinin toplanması için dreç ve göğüs çizmesi, sediment örneklerinin toplanması için grap, su örneklerinin toplanması için Nansen şişesi kullanılmıştır. İstasyonlardan alınan su örneklerinin pH, DO, TDS, sıcaklık, iletkenlik ve tuzluluk gibi parametrelerini ölçmek için DO-700 su ölçüm cihazı (Şekil 3.2) kullanılmıştır. Her istasyondan alınan su (Şekil 3.3) ve sediment (Şekil 3.4) örneklerini laboratuvara götürebilmek için uygun ebatta plastik numune kapları, midye örneklerini taşımak için kafesli taşıma kovaları kullanılmıştır.



Şekil 3.2: Su ölçüm cihazı.



Şekil 3.3: Su numune kabı.



Şekil 3.4: Sediment numune kabı.

3.1.3. Araştırma Laboratuvarları

Gölden toplanan tatlı su midyesi örnekleri ve sediment örneklerinin ICP-MS analizi için gerekli ön işlemleri İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Zooloji Anabilim Dalı Sistemik Zooloji 1ve 2 Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir. Su ve ön işlemler sonrası katı numunelerinin ağır metal analizleri İstanbul Üniversitesi İleri Analizler Laboratuvarı'nda (İAL sonradan MERLAB) yapılmıştır. Ayrıca göldeki birikimleri araştırılan ağır metallerin LD₅₀ (subletal) dozlarının belirlenmesi için yapılan incelemeler de yine İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Zooloji Anabilim Dalı Sistemik Zooloji 1ve 2 Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir. İnceleme ile ilgili ağır metal ölçümleri yine İstanbul Üniversitesi İleri Analizler Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

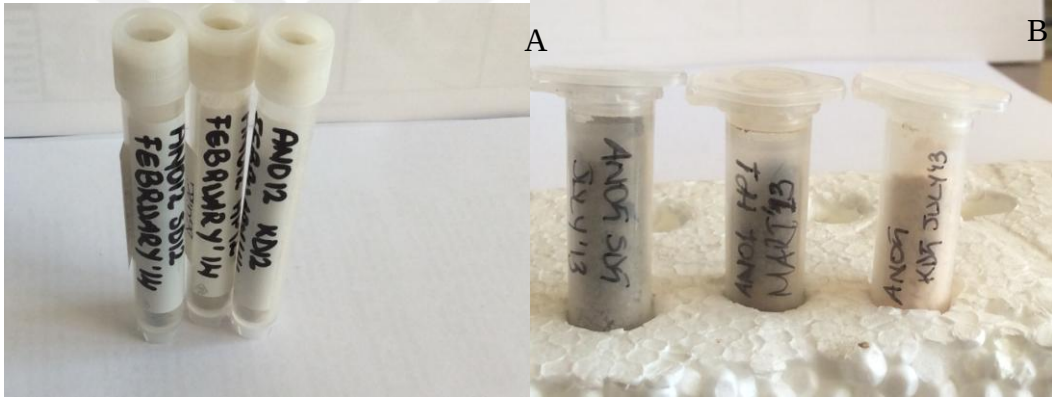
3.1.4. Laboratuvar Ekipmanları

Araziden getirilen midye örneklerinin boy ölçümleri için kumpas, diseksiyonu için bisturi ve diseksiyon makası, diseksiyon sırasında alınan örnekleri (kas dokusu ve hepatopankreas) etüve yerleştirmek için orta boy petri kapları kullanılmıştır. Katı örnekleri (sediment, kas dokusu ve hepatopankreas) kurutmak için etüv, kuruyan örnekleri toz haline getirmek için porselen havan ve tokmak, toz halindeki numuneleri tartmak için dijital hassas terazi, tartılan numuneleri İleri Analizler Laboratuvarı'na götürebilmek için Cryo tüp ve Ependorf tüpleri kullanılmıştır. Çalışma materyali olan midyelerin, gölde incelenen ağır metallerin subletal dozlarını belirleyerek dayanıklılıklarını araştırmak için hazırlanan düzenekte 4 adet 15'er litrelik plastik

kovalar ve önceden hazırlanmış olan CdCl_2 , CuCl_2 , PbCl_2 , ZnCl_2 stok çözeltileri kullanılmıştır.



Şekil 3.5: Porselen havanda dövülen katı numune (sediment).



Şekil 3.6: Analiz için hazırlanan kuru katı numuneler **A)** Cryo tüplerinde, **B)** Eppendorf tüplerinde.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Arazi Çalışması

Büyükçekmece Gölü'nün gerek yerleşim merkezleri gerek sanayi bölgeleri ve tarım arazileri bakımından zengin olan kuzey kesimindeki 4 farklı noktadaki istasyondan midye, su ve sediment örnekleri toplanmıştır. Ayrıca, gölün bu kesiminin TEM ve E-5 otoyolları ile Hazerfen Havaalanına yakın olması, gölün bu kesiminin ağır metal kirleticilerine yoğun olarak maruz kaldığını düşündürmektedir. Bu nedenle örnekleme istasyonlarını bu bölgede belirledik.

Göldeki istasyonlardan midye örnekleri sığ derinliklerden göğüs çizmesi, daha derin bölgelerden tarak ile toplanmıştır. İstasyonlardan toplanan midye örnekleri laboratuvara kafesli taşıma kovalarında taşınmıştır. Sediment örnekleri grap, su örnekleri ise Nansen şişesi kullanılarak alınmıştır. Her bir istasyondan alınan su örnekleri uygun ebattaki plastik numune kaplarına alınmış ve her istasyon için DO-700 su ölçüm cihazı ile su örneklerinin pH, DO, TDS, sıcaklık, iletkenlik ve tuzluluk değerleri ölçülmüş ve bu veriler arazi defterine kaydedilmiştir. Her bir istasyondan alınan sediment örnekleri ise laboratuvara götürülmek üzere uygun ebattaki plastik numune kaplarına yerleştirilmiştir. Su numunesindeki temel parametre ölçümleri arazide problar sandaldan göl dibine indirilerek alınmıştır, nansen ile alınan su numunelerinde ise yüzeyde ikinci kere ölçüm yapıp, tutarsızlıklar durumunda, ölçümler hem prob sarkıtılarak hemde yüzeyde ölçümler tekrarlanmıştır. Ancak çözünmüş oksijen ölçümlerinde tutarsızlıklarda, dipte yapılan prop ölçümleri 2 ölçümden sonra esas alınmıştır. Göl suyuna ait ölçülen temel parametreler örnekleme yapılan 4 istasyondan alınmıştır. Bu ölçümlerin değerlendirilmesi ile, her bir parametre için önce istasyon düzeyinde, ardından gölün kuzeyinin aynı parametre için durumunu incelemek için 4 istasyonun aylık ortalaması alınarak ilgili parametrenin yıllık değişimleri maksimum, minimum ve ortalama $\pm$ SEM hesaplanarak belirtilmiştir.

Çalışmanın ağır metal incelemelerinde ise istasyonlardan Nansen ile alınan su ve grap ile alınan sediment örnekleri laboratuvarında analiz edilmek üzere her istasyondan eşit miktarda örnekler alınarak birleştirilmiş ve çalışılan bölge için tek bir istasyon bazında değerlendirilme yapılmıştır. Aynı durum toplanan midye örnekleri için de uygulanmıştır. İstasyonlardan benzer büyüklük ve ağırlıktaki 5'er birey alınarak her birinden alınan kas dokusu ve hepatopankreas örnekleri karıştırılarak hazırlanmış ve analize gönderilmiştir.

3.2.2. Arazi Çalışmasına Ait Numunelerin Hazırlanması

Araziden kafesli plastik kova içersinde getirilen midye örnekleri diseksiyon için hazırlanmıştır. Kumpasla boyları ölçülen bireylerin, bisturi ve diseksiyon makası kullanılarak kas dokusu ve hepatopankreas dokuları çıkarılmış ve her bir yapı ayrı petri kabında olacak şekilde orta boy petri kaplarına alınmıştır. Petri kaplarına örneklerle

ilgili kodlar yazılarak örneklerin kurutulması için etüvde 70°C’ de 3 gün boyunca bekletilmiştir.

Çalışmamızdaki amaç gölün ağır metal kirliliğine yoğun olarak maruz kaldığı düşünülen kesiminde istasyonlar arasındaki kirlilik düzeyi farkını belirlemek değil, gölün bu kesiminin genelinin hangi düzeyde kirliliğe maruz kaldığını saptamak olduğu için istasyonlardan alınan örneklerden homojenite sağlamak amacıyla su örnekleri, sediment örnekleri, kas dokusu ve hepatopankreas örnekleri ayrı ayrı bir araya getirilerek ağır metal analizi için ön işleme alınmıştır.

Araziden gelen su örneklerinin her birinde 125 ml alınarak toplamda 500 ml su numunesi elde edilmiş ve bu numune İstanbul Üniversitesi İleri Analizler Laboratuvarı’na (sonradan MERLAB) götürülmüştür ve ağır metal ölçümleri yapılmıştır. Çalışma sahasından laboratuvara getirilen ve işlenen sediment örnekleri, kas dokusu ve hepatopankreas önce kurutma kağıtlarına alınarak doğal ortamda kurumaya bırakılmış; ardından etüv içine alınarak 3 gün boyunca 70°C’ de kurutulmuştur.

3 gün sonunda kuruyan sediment, kas dokusu ve hepatopankreas örneklerinin her biri ayrı porselen havanlarda dövülerek toz haline getirilmişlerdir. Toz haline gelen örneklerin her biri en az 1 g olacak şekilde hassas terazide tartılmış, Ependorf tüpleri ile Cryo tüplerine konularak ağır metal analizi için İstanbul Üniversitesi İleri Analizler Laboratuvarı’na götürülmüşlerdir. İleri Analizler Laboratuvarı’nda analizi yapılan ağır metaller kadmiyum (Cd), bakır (Cu), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) olup her bir örnekte bu dört elementin miktarları ölçülüp belirlenmiştir.

3.2.3. Cd, Cu, Pb ve Zn İçin LD₅₀ (Subletal) Doz Belirleme Deneyleri

Arazi çalışmasında incelenen ağır metallerin (Cd, Cu, Pb ve Zn) çalışılan tür (*Unio pictorum*) için LD₅₀ dozlarını belirleme amacıyla yapılan deneylerde kullanılmak üzere her bir ağır metal için 500 ml stok çözelti hazırlanmıştır. Bu stok çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan sular deneye başlamadan en az 1 hafta kadar dinlendirilmiştir.

Her ağır metalden (Cd, Cu, Pb ve Zn) 500 ml stok çözelti için 100 mg ölçülerek tartılmış ve 500 ml hacimli çözelti şişelerine konulmuştur. Her bir ağır metalin

bulunduğu şişeye 500 ml dinlendirilmiş su ilave edilmiş ve maddeler çözülene kadar çalkalanmıştır.

Uygulanacak 4 doz (0,5 ppm, 1 ppm, 2 ppm ve 4 ppm) için 15 litrelik plastik kovaların her birine 10 litrelik çözeltiler hazırlanmıştır. 10 litrelik çözeltiler elde edilirken önce ayrı bir şişe içine 2 litre dinlendirilmiş su konulmuş, ardından hazırlanan stok çözeltilerden; 0,5 ppm için 25 ml, 1 ppm için 50 ml, 2 ppm için 100 ml, 4 ppm için 200 ml ve sadece çinko için ek olarak 8 ppm için 400 ml alınarak 2 litrelik dinlendirilmiş su dolu şişelere konularak çözelti çalkalanmıştır. Sonrasında ilgili çözeltiler plastik kovalara aktarılmıştır ve ardından her dozun bulunduğu kova 10 litreye tamamlanmıştır; yani 0,5 ppm için 7975 ml, 1 ppm için 7950 ml, 2 ppm için 7900 ml, 4 ppm için 7800 ml ve sadece çinko için ek olarak 8 ppm için 7600 ml eklemiştir.

Her dozun bulunduğu çözelti içerisine stok akvaryumdan rastgele seçilen benzer büyüklükler ve ağırlıklarda 10 midye yerleştirilmiştir. Deney, 4 deney grubu ve 2 kontrol grubu da dahil olmak üzere 6 grup için 180 gün sürmüştür; ancak deney grubunun tamamının öldüğü durumlarda deney sonlandırılmıştır.

Her ağır metal grubunda LD₅₀ dozu belirlenen grup bireyler disekte edilerek bireylerin kas dokuları alınmış ve etüve yerleştirilmek için orta boy petri kaplarına konulmuştur. Petri kaplarına alınan örnekler etüvde 70°C' de 3 gün boyunca kurumaya bırakılmıştır. 3 gün sonunda kuruyan örnekler etüvden alınarak uygun ebattaki porselen havanda dövülerek toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen örnekler en az 1 g olacak şekilde tartılarak İstanbul Üniversitesi İleri Analizler Laboratuvarı'na götürülmek üzere Cryo tüp ve Ependorf tüplerine alınmış ve laboratuvara götürülmüş ve ilgili ağır metal ölçümleri yapılmıştır.

3.2.4. ICP-MS Yöntemi

Çalışmamızdaki su numuneleri, %2 HNO₃ içeriği ile muamele edilmiş ve direkt olarak analize alınmıştır. Sediment numuneleri, 0.5 g olacak şekilde tartılmış ve 4 ml HNO₃+ 4ml HCl+2 ml HF kullanılarak 180°C' de mikrodalgada 30 dakika muamele edilmiştir. Deiyonize su ile 50 ml olacak şekilde tamamlanarak analize alınmıştır. Kas dokusu ve hepatopankreas örnekleri ise, 0.25 g olacak şekilde tartılmış ve 7 ml HNO₃ + 1ml H₂O₂

kullanılarak 180°C’ de mikrodalgada 30 dakika muamele edilmiştir. Sonrasında 50 ml olacak şekilde tamamlanmış ve analize alınmıştır.

3.2.5. İstatistiksel Analizler

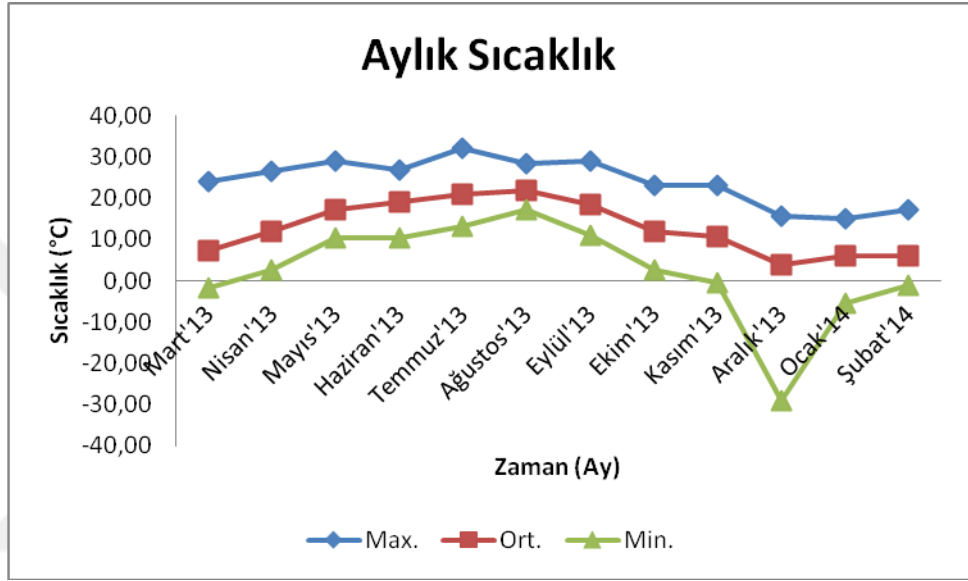
Araştırmamızda ağır metallerin göl suyunda ve sedimentinde, tatlı su midyesi *Unio pictorum* (Linneaus, 1758)’un kas dokusu ve hepatopankreasındaki birikimlerinin mevsimsel ve yıllık olarak istatistiksel açıdan değerlendirilmesinde Çift yönlü Varyans Analizi (İki yönlü ANOVA) ve Bonferroni Posttests uygulanmış, istatistik programı olarak, GraphPad Prism Windows versiyon 5.0 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) istatistik programı kullanılmıştır.



4. BULGULAR

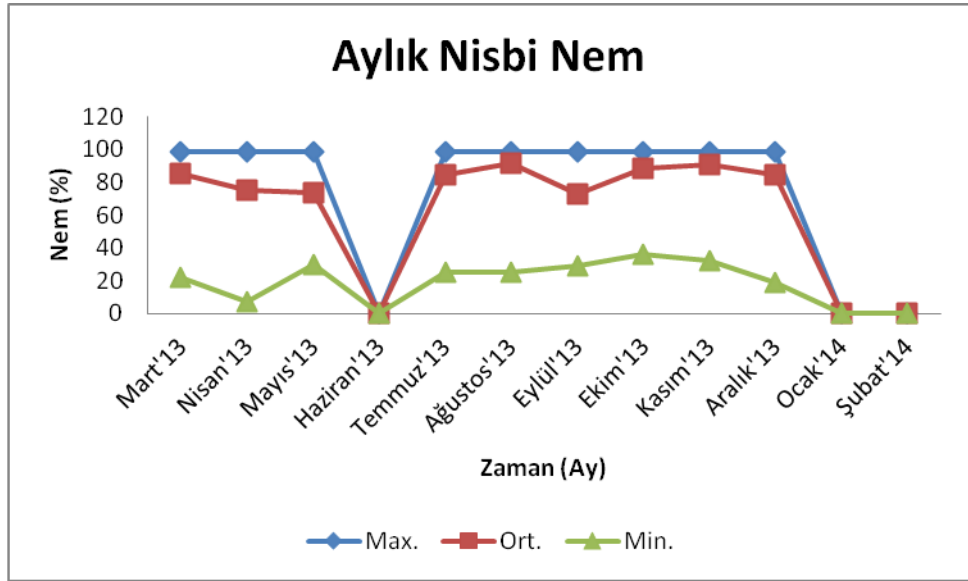
4.1. ARAZİ ÇALIŞMASI

4.1.1. Çalışma Bölgesi İklimsel Verileri



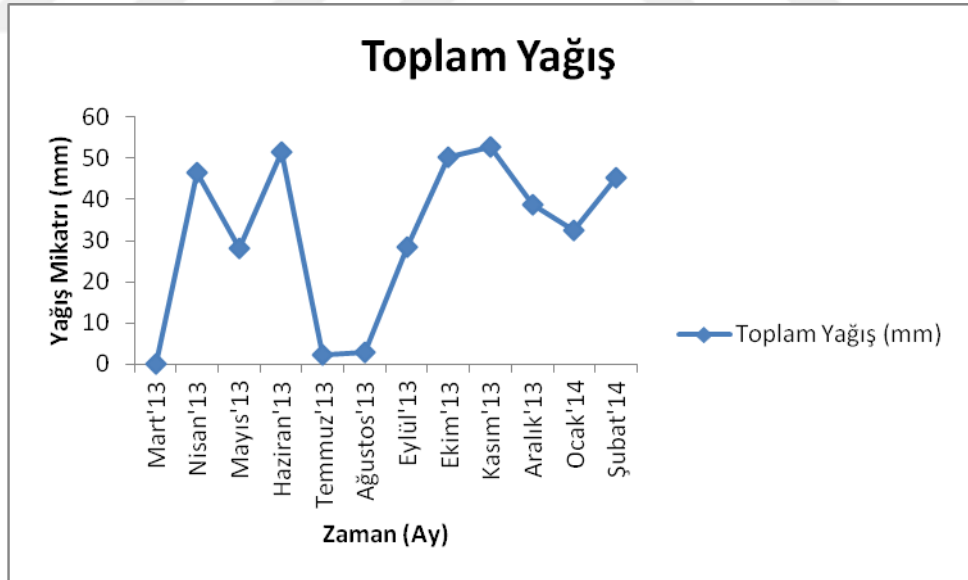
Şekil 4.1: Çalışma bölgesine ait aylık sıcaklık değerleri.

Araştırma süresince çalışma bölgesinde Devlet Meteoroloji Müdürlüğü verilerine göre ölçülen maksimum sıcaklık değerinin en üst değerine Temmuz ayında ($32,20^{\circ}\text{C}$), en alt değerine Ocak ayında ($15,10^{\circ}\text{C}$) rastlanmıştır. Bölgede bir yıl boyunca görülen minimum sıcaklık için en üst ve en alt değerlere Ağustos ($17,30^{\circ}\text{C}$) ve Aralık ($-29,20^{\circ}\text{C}$) aylarında ölçülmüştür (Şekil 4.1). Bölgede ölçülen en yüksek nisbi nem oranı %99 iken en düşük nisbi nem oranının %7 olduğu görülmüştür (Şekil 4.2).

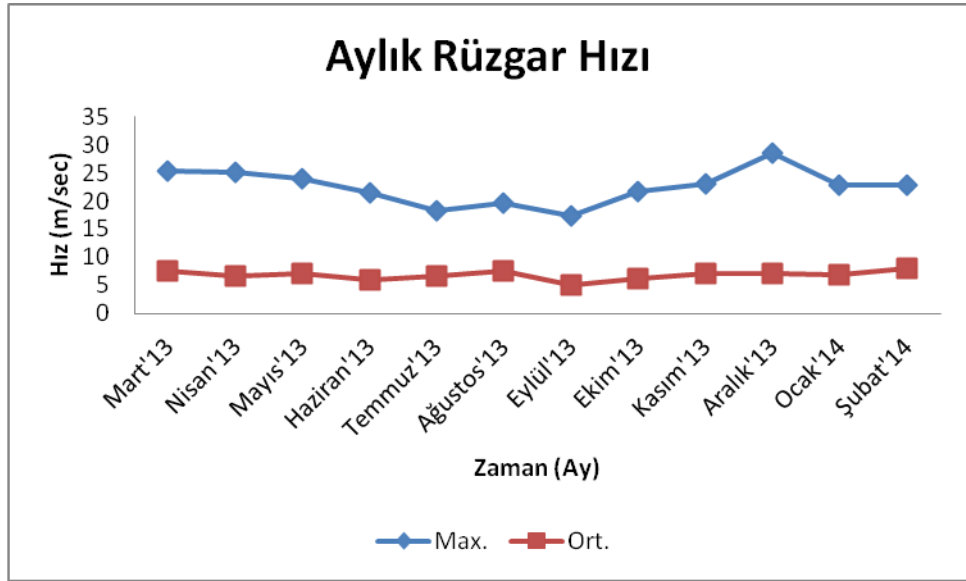


Şekil 4.2: Çalışma bölgesine ait aylık nisbi nem değerleri.

Büyükçekmece Gölü mevkiine mart 2013- Şubat 2014 tarihleri arasında düşen toplam yağış miktarına en fazla Kasım ayında, en az ise Mart-Temmuz ve Ağustos aylarında rastlanmıştır (Şekil 4.3)



Şekil 4.3: Çalışma bölgesine ait aylık toplam yağış miktarı.



Şekil 4.4: Çalışma bölgesinde ölçülen aylık rüzgar hızları.

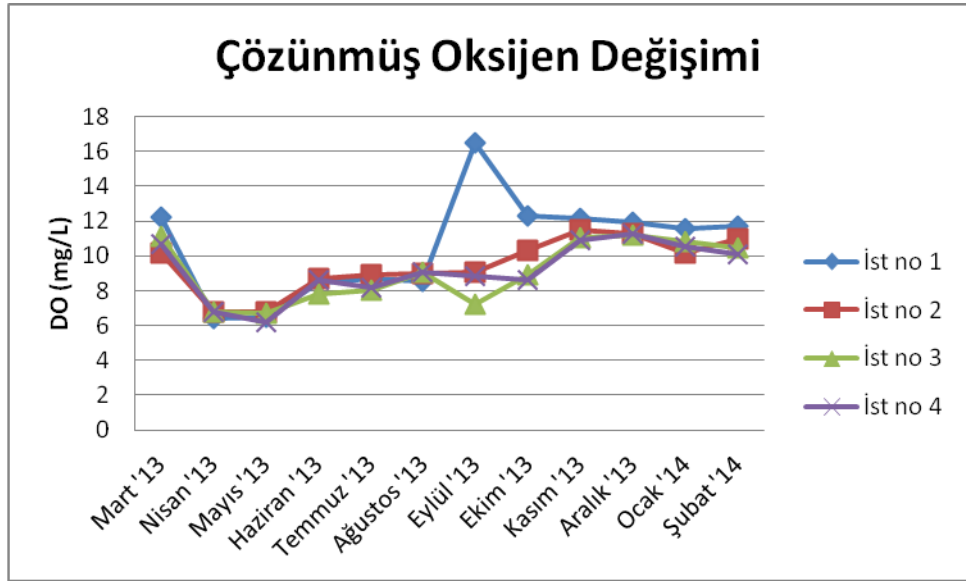
Yılın en hızlı ve sert rüzgarının Aralık ayında kuzeyden geldiği görülürken en hafif estiği dönem Eylül ayına denk gelmektedir (Şekil 4.4).

4.1.2. Göl Suyu Özellikleri

Göl suyundan alınan örneklerde ölçülen en yüksek çözülmüş oksijen miktarına çoğunlukla Kasım-Aralık aylarında rastlanmış olup bunlar istasyon sıralamasına göre 16,47 mg/l (Eylül) > 11,51 mg/l (Kasım) > 11,19 (Aralık) < 11,3 mg/l (Aralık) olarak saptanmıştır (Şekil 4.5). Yıl boyunca istasyonlardan alınan su numunelerinde ölçülen minimum değer 6,55 mg/l ve maksimum değerin ise 11,42 mg/l olduğu Tablo 4.1 incelendiğinde görülmektedir.

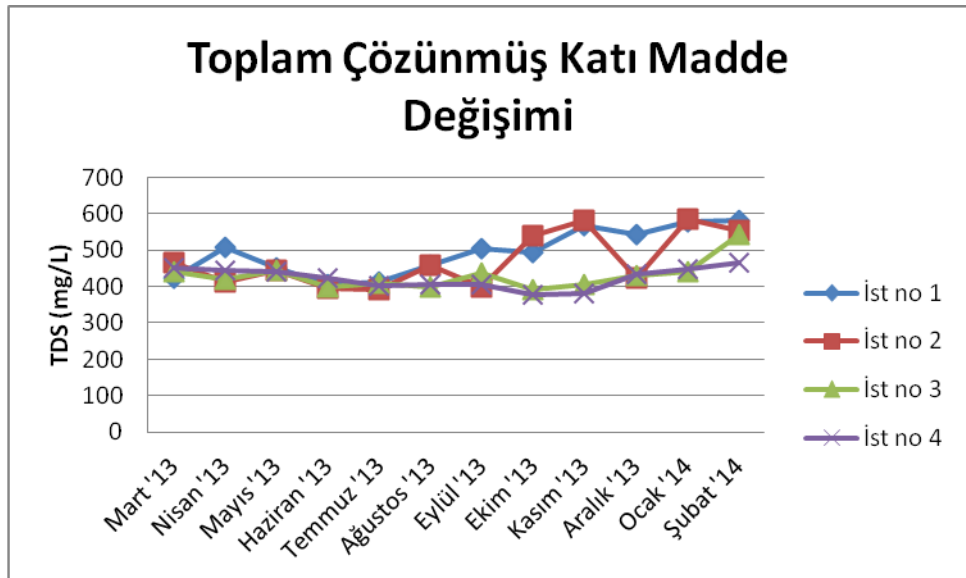
Tablo 4.1: Örneklem yapılan 4 istasyonun birlikte yıllık ortalama DO, İletkenlik ve TDS değerleri.

	DO(mg/l)	İletkenlik(µS)	TDS(mg/l)
Min.	6,55	555	404,5
Maks.	11,42	785,8	536,3
Ort.±SEM	9,576±0,5028	656,3±20,58	454,7±11,39

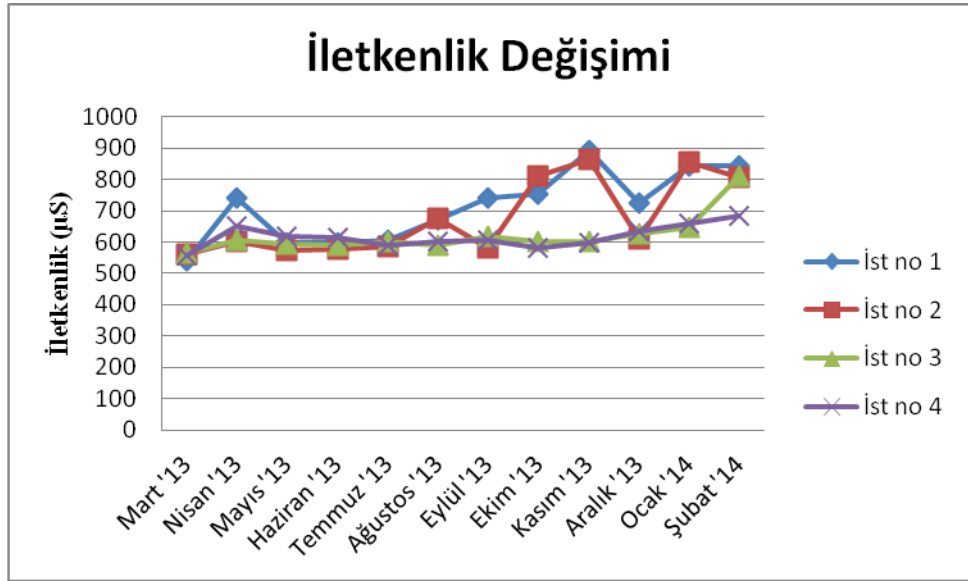


Şekil 4.5: Örnekleme yapılan istasyonlara ait aylık DO (Çözünmüş Oksijen) değişimleri.

Göl suyuna ait numunelerde ölçülen TDS ya da açık adıyla suda çözünmüş toplam madde miktarına baktığımızda en yüksek çözünmüş madde miktarına Ocak ve Şubat aylarında (587 mg/l ve 582 mg/l), en düşük çözünmüş madde miktarına ise Ekim (378 mg/l), Temmuz (393 mg/l) ve Haziran aylarında (406 mg/l) rastlanmıştır. Yıl boyu ölçülen en yüksek toplam çözünmüş madde miktarı 536,3 mg/l iken en düşük değer 404,5 mg/l olmuştur (Tablo 4.1).



Şekil 4.6: Örnekleme yapılan istasyonlarda ölçülen aylık TDS (Toplam Çözünmüş Katı Madde) değişimi.



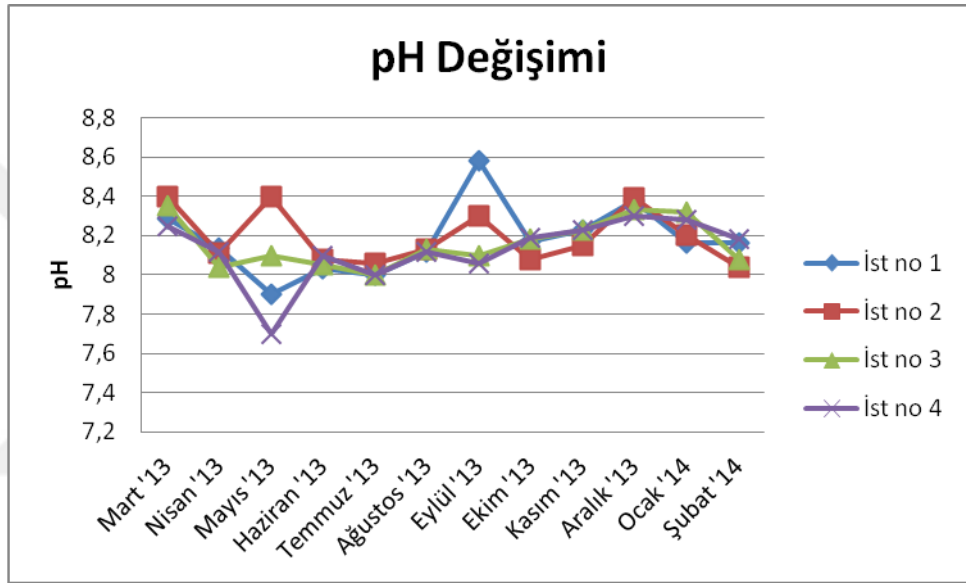
Şekil 4.7: Örnekleme yapılan istasyonlarda ölçülen aylık iletkenlik değişimleri.

Şekil 4.7 dikkatlice incelendiğinde istasyon düzeyinde en yüksek iletkenlik değerinin Kasım (892µS) ve Şubat (809 µS) aylarında ölçüldüğü en düşük iletkenlik değerinin ise bütün istasyonlar için Mart ayında ölçüldüğü görülmüştür. Tablo 4.1 dikkatlice incelendiğinde bütün bir yıl boyunca ölçülen en düşük iletkenlik değerinin 555 µS ve en yüksek iletkenlik değerinin 785,8 µS olduğu saptanmıştır.

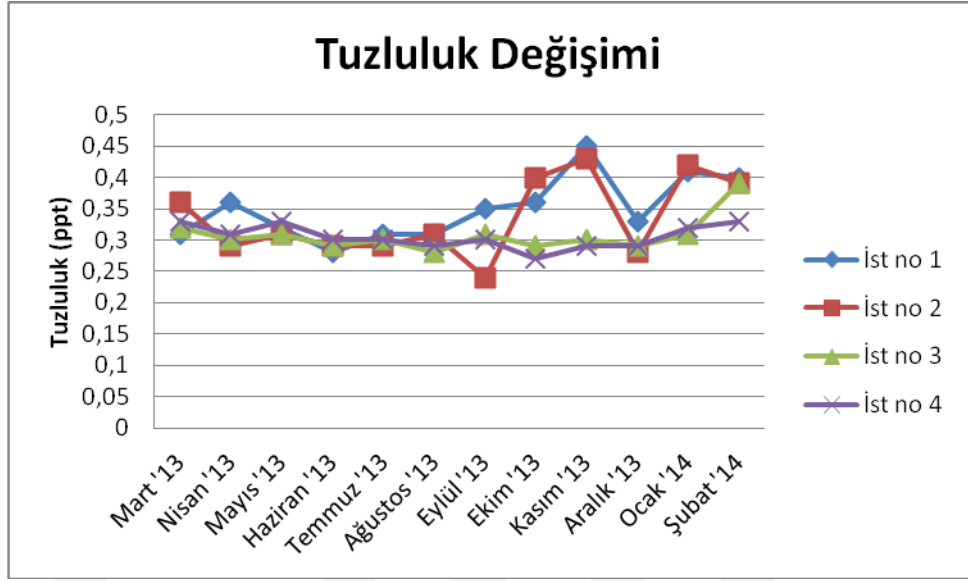
Tablo 4.2: Örnekleme yapılan 4 istasyonun birlikte yıllık ortalama Sıcaklık, Tuzluluk ve pH değerleri.

	T°C	Tuzluluk(ppt)	pH
Min.	11,28	0,29	8,015
Maks.	29,63	0,3775	8,35
Ort.±SEM	20,32±1,917	0,324±0,0088	8,165±0,03209

Göl suyunda ölçülen pH değerleri istasyon bazında incelendiğinde göldeki en düşük pH değerinin Mayıs ayında (7.9 ve 7.7) olarak istasyon 1 ve 4 te, en yüksek pH değerinin ise Eylül ayında (8,58) olarak istasyon 1’de ölçülmüş olduğu görülmektedir (Şekil 4.8). Gölün genelinde baktığımızda bir yıl içerisinde ölçülen minimum pH değerinin 8,015, maksimum pH değerinin ise 8,35 olduğu, bir yıl içerisindeki ortalama pH değerinin ise $8,165 \pm 0,03209$ olarak ölçüldüğü Tablo 4.2 incelendiğinde görülmektedir.



Şekil 4.8: Örneklem yapılan istasyonlarda ölçülen aylık pH değişimleri.

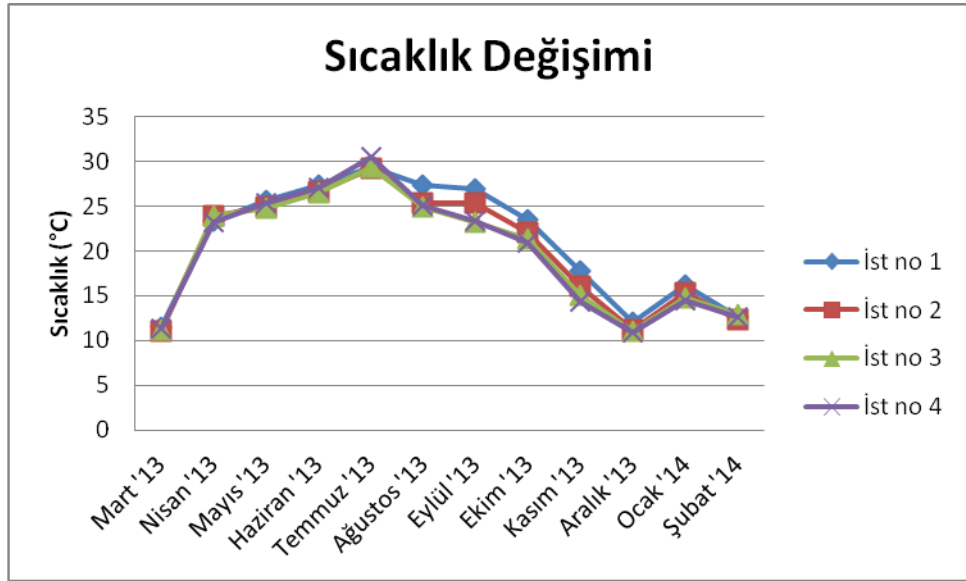


Şekil 4.9: Örnekleme yapılan istasyonlarda ölçülen aylık tuzluluk değişimleri.

Göl suyunda örnekleme yapılan istasyonlar tek tek ele alındığında istasyonlarda ölçülen en düşük tuzluluk değerinin (0,24ppt) istasyon 2’de Eylül ayında ölçülmüş olduğu görülmekte, aynı istasyondaki en yüksek tuzluluk değeri ise Kasım ayında 0,43ppt olarak ölçülmüştür (Şekil 4.9). Göldeki en yüksek tuzluluk oranı ise yine Kasım ayında 0,45ppt olarak istasyon 1’de ölçülmüştür. Gölün geneline bakıldığında en düşük tuzluluk oranının 0,29ppt; en yüksek oranın 0,3775ppt olduğu Tablo 5 incelendiğinde rahatlıkla görülmektedir. Gölün ortalama tuzluluk değeri ise $0,324\text{ppt} \pm 0,0088$ olarak not edilmiştir (Tablo 4.2).

Göl suyu, istasyon bazında sıcaklık bakımından incelendiğinde tahmin edilebileceği gibi en yüksek yaz döneminde , Temmuz ayında ölçülmüş olup istasyonlar içerisindeki en yüksek değer ise istasyon 4’ten $30,5^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Bir yıl boyunca göl suyunda ölçülen en düşük sıcaklık $10,9^{\circ}\text{C}$ olup Aralık ayında istasyon 4’te ölçülmüştür. İstasyon 1 ve 2 için en düşük sıcaklık Mart ayında ölçülürken istasyon 3’te de istasyon 4 gibi en düşük sıcaklık değeri Aralık ayında ölçülmüştür (Şekil 4.10).

Bir yıl boyunca göl suyu genelinde görülen en düşük sıcaklık $11,28^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülürken, en yüksek sıcaklık $29,63^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüş, göl suyu ortalama sıcaklığı ise $20,32^{\circ}\text{C} \pm 1,917$ olarak not düşülmüştür (Tablo4.2).



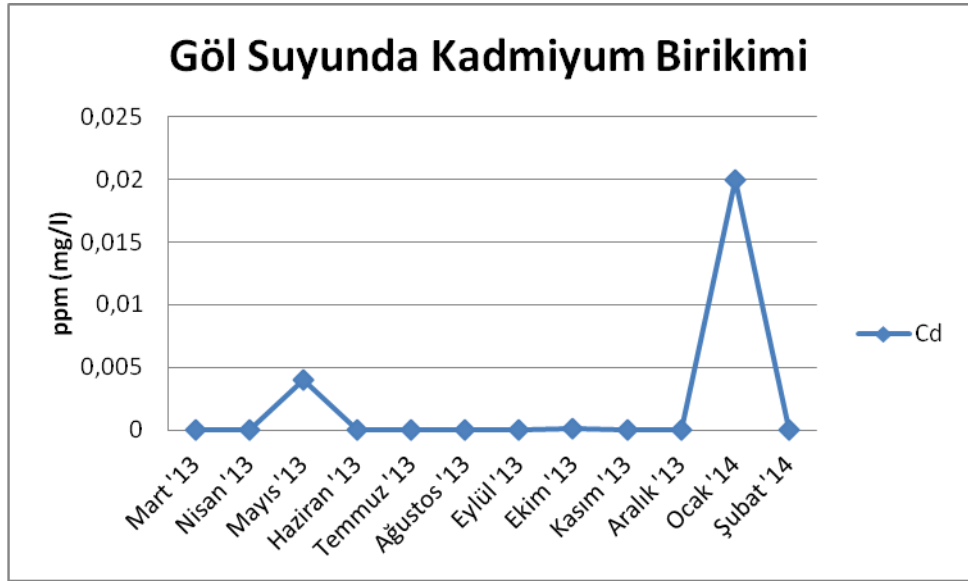
Şekil 4.10: Örnekleme yapılan istasyonlarda ölçülen aylık sıcaklık değişimleri.

4.1.3. Göl Suyunda Ağır Metal Konsantrasyonları

Tablo 4.3: Çalışma bölgesinde su örneklerinde yıl boyunca ölçülen ağır metal değerlerinin uç noktaları.

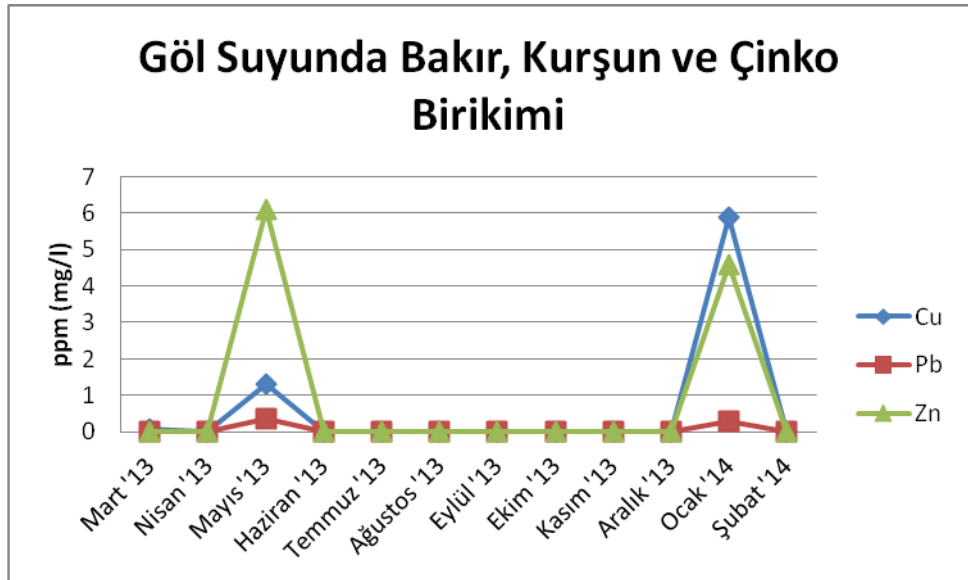
	W-Cd (ppb)	W-Cu (ppb)	W-Pb (ppb)	W-Zn (ppb)
Min.	0,006	2,065	0,011	0,039
Maks.	20	5891	358	6109

Yıl boyunca göl suyundan alınan örneklerde yapılan analizler sonucu en düşük ağır metal konsantrasyonu Nisan ayında ölçülen kadmiyum (6×10^{-6} ppm), en yüksek ağır metal konsantrasyonu ise Haziran ayında ölçülen (6,109 ppm) çinko olduğu görülmüştür (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12). Bir yıl boyunca ölçülen en yüksek kadmiyum düzeyi ise 0,02 ppm (Tablo 4.3) ile Ocak ayında karşımıza çıkmaktadır (Şekil 4.11). Yıl içindeki en düşük çinko değeri ise Aralık ayında 39×10^{-6} ppm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.12).



Şekil 4.11: Çalışma bölgesi su örneklerinde kadmiyum birikiminin aylık dağılımı.

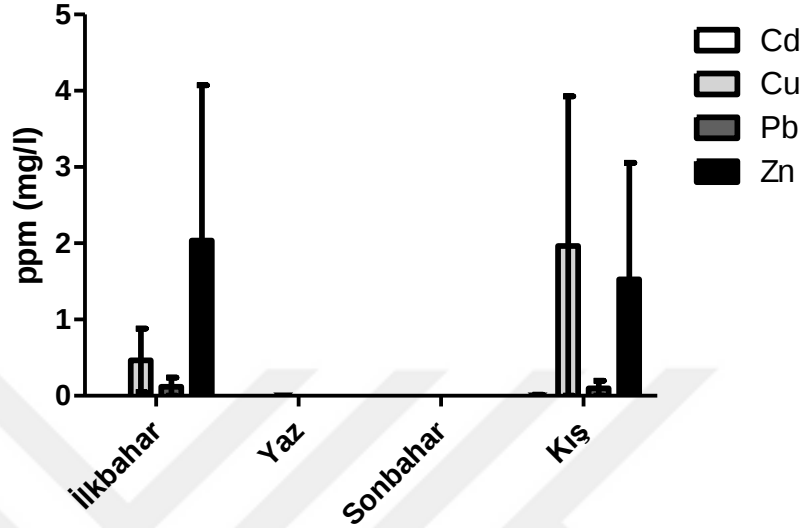
Ayrıca en yüksek bakır değeri 5,891 ppm olarak Ocak ayında ölçülürken bu değer kurşun için 0,358 ppm olarak Mayıs ayında ölçülmüştür. En düşük bakır değeri ise Kasım ayında 59×10^{-6} ppm, en düşük kurşun değeri de Nisan ayında 11×10^{-6} ppm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: Çalışma bölgesi su örneklerinde bakır, kurşun ve çinko birikiminin aylık dağılımı.

Ağır metallerin birbirine göre birikim düzeyleri aynı mevsim içinde istatistiksel açıdan bir anlamlılık göstermezken ($p > 0,05$) ilkbaharda çinko birikimi, kışın ise bakır ve çinko

birikimi yaz ve sonbahar dönemlerinde elementlerin göl suyundaki birikimlerine göre anlamlı görünmektedir ($p<0.05$) (Şekil 4.13).



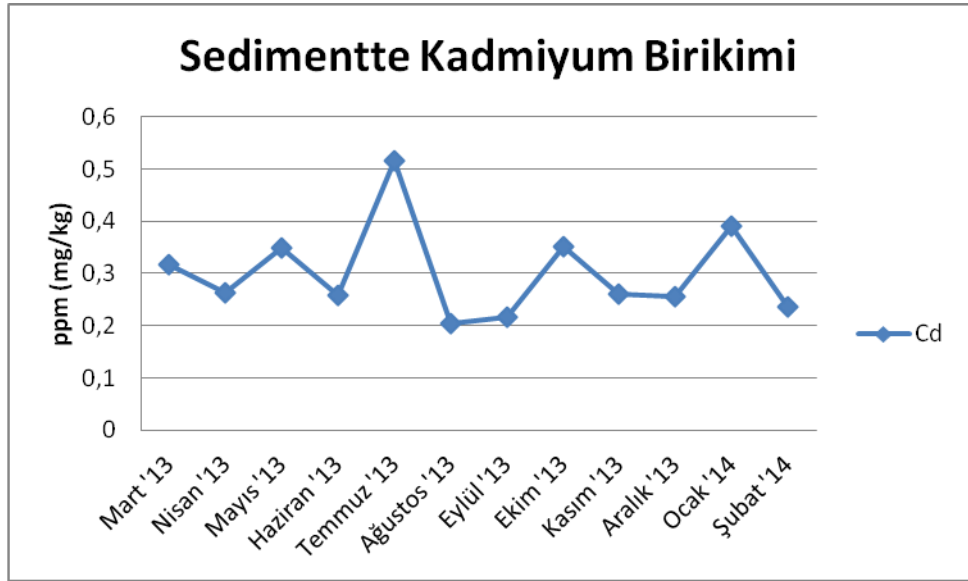
Şekil 4.13: Çalışma bölgesi su örneklerinde ağır metal birikiminin mevsimsel dağılımı.

4.1.4. Göl Sedimentinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Tablo 4.4: Çalışma bölgesi sediment örneklerinde yıl boyunca ölçülen ağır metal değerlerinin uç noktaları.

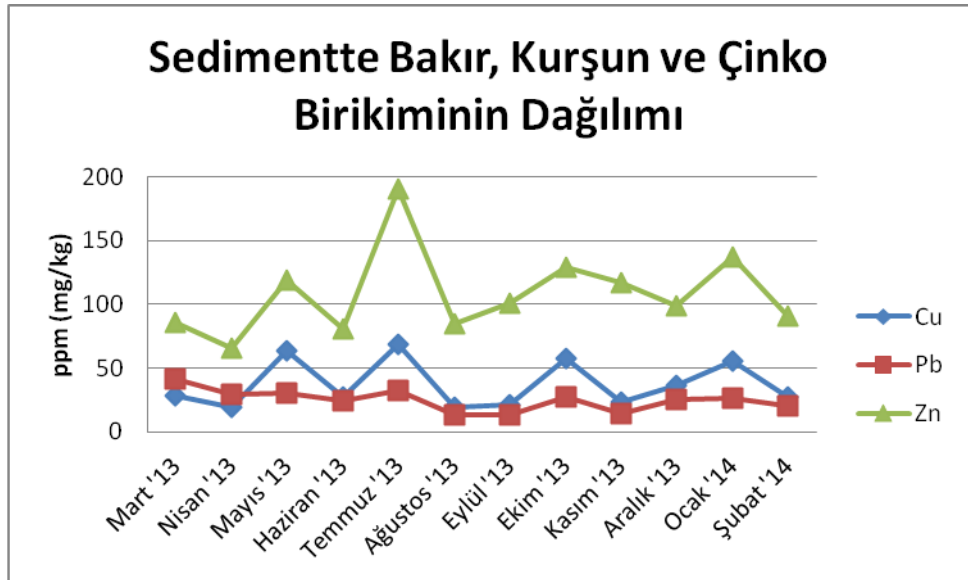
	SD-Cd (ppm)	SD-Cu (ppm)	SD-Pb (ppm)	SD-Zn (ppm)
Min.	0,203	18,76	12,86	65,84
Maks.	0,516	68,4	41,36	190,3

Göl sedimentinde 12 aylık süreç içinde ölçülen en yüksek ağır metal düzeyi Temmuz ayında 190,3 ppm olarak çinko, en düşük ağır metal düzeyi Ağustos ayında 0,203 ppm olarak kadmiyum kaydedilmiştir (Tablo 4.4). Yıl içindeki en düşük çinko düzeyi Nisan ayında 65,84 ppm (Şekil 4.15), en yüksek kadmiyum düzeyi ise Temmuz ayında 0,516 ppm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.14).

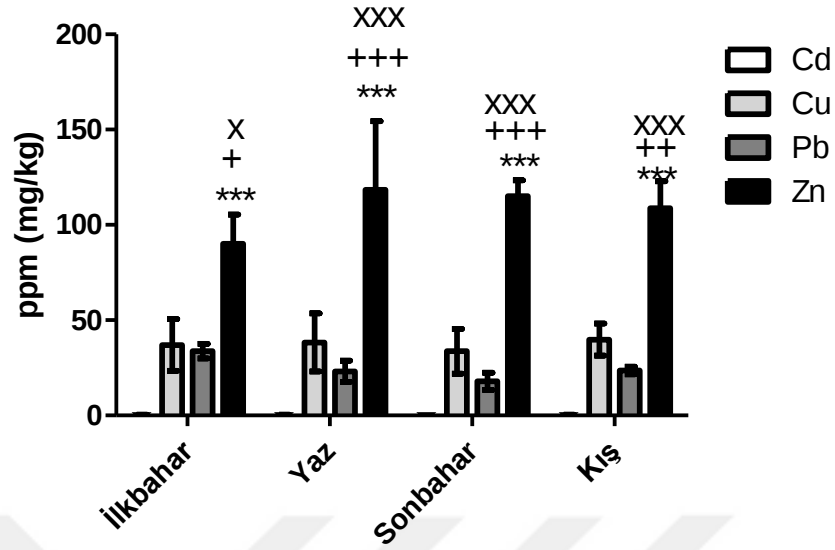


Şekil 4.14: Çalışma bölgesi sediment örneklerinde kadmiyum birikiminin aylık dağılımı.

Bir yıllık süreçte en yüksek bakır düzeyi Temmuz ayında 68,4 ppm ve en yüksek kurşun düzeyi ise Mart ayında 41,36 ppm olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin aksine en düşük bakır düzeyi 18,76 ppm olarak Nisan ayında ve en düşük kurşun düzeyi ise Ağustos ayında 12,86 ppm olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15: Çalışma bölgesi sediment örneklerinde bakır, kurşun ve çinko birikiminin aylık dağılımı.



Şekil 4.16: Çalışma bölgesi sediment örneklerinde ağır metal birikiminin mevsimsel dağılımı.

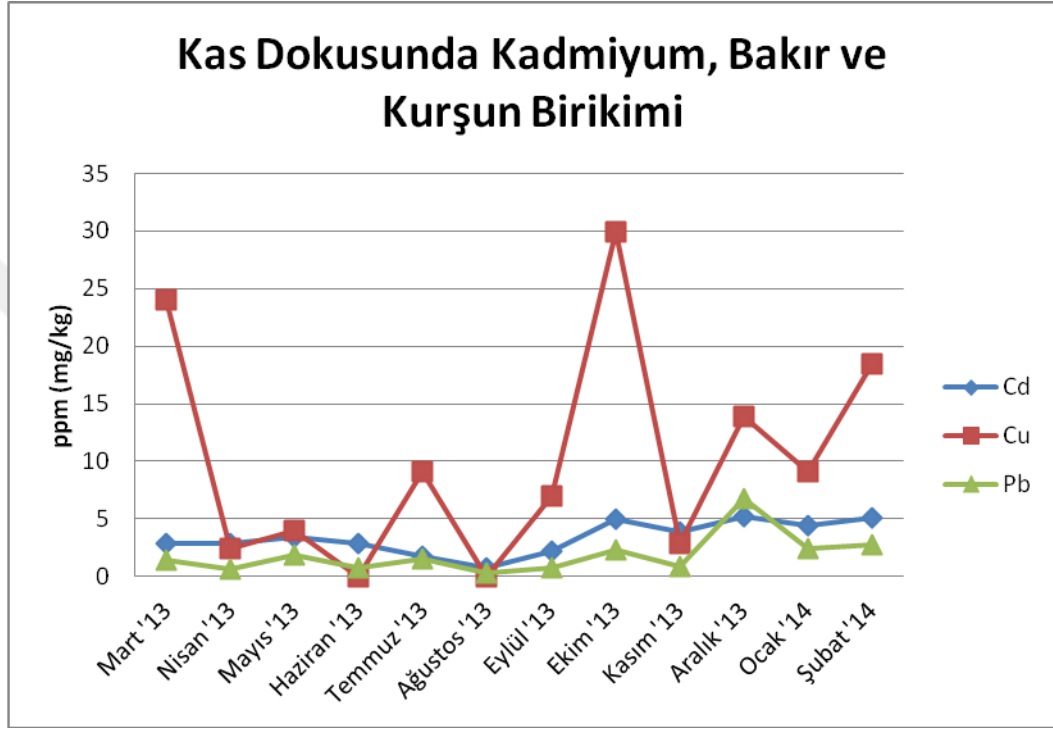
İstatistiksel açıdan ağır metallerin birikim düzeylerini inceleyecek olursak çinko birikiminin bütün mevsimlerde, aynı mevsim içindeki kadmiyum birikimine göre $p < 0.001$ düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise bakır ve kurşun birikimine göre $p < 0.001$ düzeyinde anlamlı bulunurken, ilkbaharda aynı elementlerin birikimine göre $p < 0.05$ düzeyinde anlamlılık göstermektedir. Çinkonun göl sedimentindeki birikimi kurşun elementine göre yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde $p < 0.001$ düzeyinde anlamlı bulunmaktadır; ancak bakır birikimine göre bu anlamlılık düzeyi kış mevsiminde $p < 0.01$ olmaktadır (Şekil 4.16).

4.1.5. Kas Dokusunda Ağır Metal Konsantrasyonları

Tablo 4.5: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin kas dokusunda yıl boyunca ölçülen ağır metal değerlerinin uç noktaları.

	KD-Cd (ppm)	KD-Cu (ppm)	KD-Pb (ppm)	KD-Zn (ppm)
Min.	0,744	0,00059	0,3	65,85
Maks.	5,22	29,89	6,765	236,6

Yıl boyunca yapılan ölçümlerde (Tablo 4.5) ağır metallerde en düşük konsantrasyon Haziran ve Ağustos aylarında (59×10^{-5} ppm) bakırda, en yüksek konsantrasyon ise Ocak ayında (236,6 ppm) çinkoda görülmektedir (Şekil 4.17 ve 4.18). Bakırın en yüksek konsantrasyonu 29,89 ppm olarak Ekim ayında (Şekil 4.17), çinkonun en düşük konsantrasyonu ise 65,85 ppm olarak Haziran ayında (Şekil 4.18) ölçülmüştür.



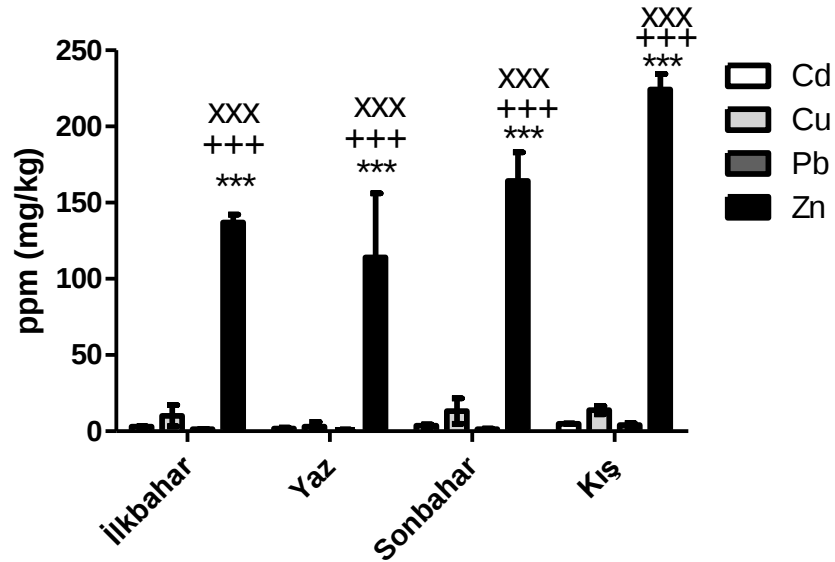
Şekil 4.17: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin kas dokusunda kadmiyum, bakır ve kurşun birikiminin aylık dağılımı.

Kadmiyum ve kurşun elementlerinin en düşük konsantrasyonları ise sırasıyla Ağustos ayında 0,744 ppm ve 0,3 ppm olarak ölçülmüştür. İki elementin en yüksek konsantrasyonları yine aynı ayda (Aralık) sırasıyla 5,22 ppm ve 6,765 ppm olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.18: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin kas dokusunda çinko birikiminin aylık dağılımı.

İstatistiksel açıdan bakıldığında çinkonun kas dokusunda birikimi bütün mevsimlerde, aynı mevsim içinde diğer elementlerin birikimine göre $p < 0.001$ düzeyinde anlamlılık göstermektedir (Şekil 4.19).



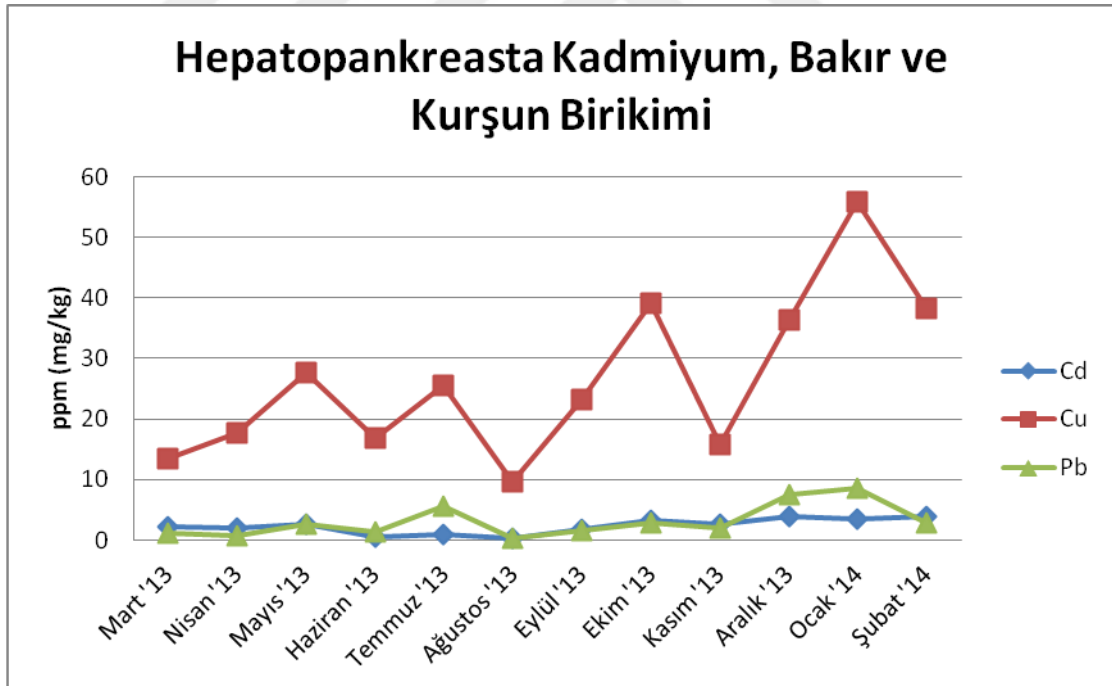
Şekil 4.19: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin kas dokusunda ağır metal birikimlerinin mevsimsel dağılımı.

4.1.6. Hepatopankreasta Ağır Metal Konsantrasyonları

Tablo 4.6: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin hepatopankreas dokusunda yıl boyunca ölçülen ağır metal değerlerinin uç noktaları.

	HP-Cd (ppm)	HP-Cu (ppm)	HP-Pb (ppm)	HP-Zn (ppm)
Min.	0,423	9,663	0,36	113,7
Maks.	3,999	55,95	8,599	309,7

Yıl boyunca yapılan ölçümlerde en düşük konsantrasyon Ağustos ayında (Şekil 4.20) 0,36 ppm olarak kurşunda, en yüksek konsantrasyon ise Temmuz ayında (Şekil 4.21) 309,7 ppm olarak çinkoda kaydedilmiştir (Tablo 4.6). Kurşun için en yüksek konsantrasyon Ocak ayında (Şekil 4.20) 8,599 ppm, çinko için en düşük konsantrasyon Haziran ayında (Şekil 4.21) 113,7 ppm olarak ölçülmüştür.



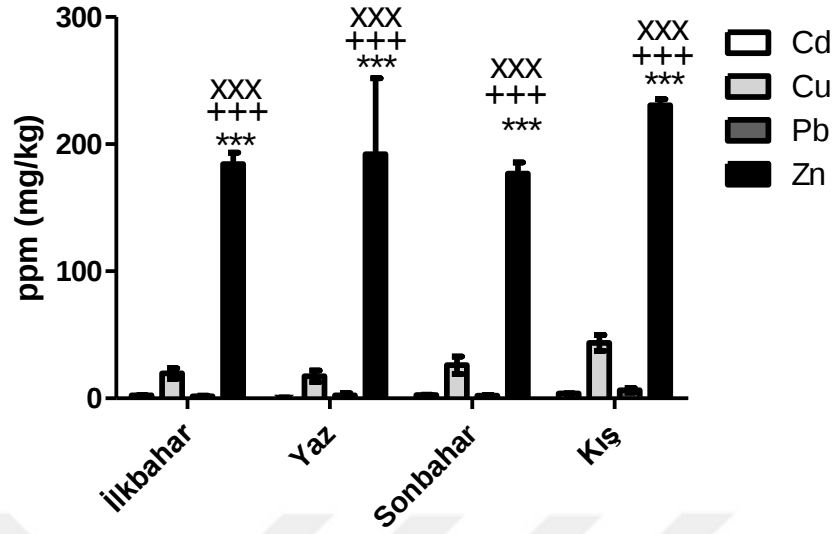
Şekil 4.20: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin hepatopankreas dokusunda kadmiyum, bakır ve kurşun birikiminin aylık dağılımı.

Tatlı su midyelerinin hepatopankreas dokularında biriken en düşük kadmiyum ve bakır konsantrasyonları Ağustos ayında (Şekil 4.20) sırasıyla 0,423 ppm ve 9,663 ppm olarak ölçülmüştür (Tablo 4.6). Bu elementler için en yüksek konsantrasyonlar ise sırasıyla Aralık ayında 3,999 ppm ve Ocak ayında 55,95 ppm olarak not edilmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.21: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin hepatopankreas dokusunda çinko birikiminin aylık dağılımı.

Kadmiyum, bakır, kurşun ve çinko elementlerinin hepatopankreas dokusundaki birikimleri istatistiki olarak ele alındığında bütün mevsimlerde çinkonun tatlı su midyesinin hepatopankreas dokusundaki birikiminin aynı mevsim içinde ölçülen diğer 3 elemente (kadmiyum, bakır ve kurşun) göre $p < 0.001$ düzeyinde anlamlı olduğu görülmüştür (Şekil 4.22).

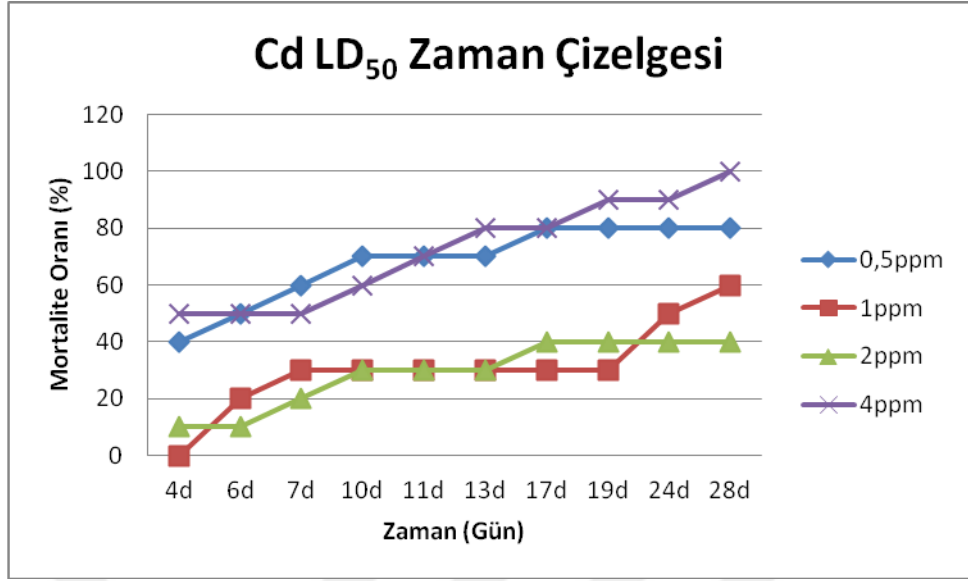


Şekil 4.22: Çalışma bölgesinden toplanan tatlı su midyesinin hepatopankreas dokusunda ağır metal birikimlerinin mevsimsel dağılımı.

4.2. KADMİYUM, BAKIR, KURŞUN VE ÇİNKO İÇİN BELİRLENEN SUBLETAL DOZ MİKTAR VE SÜRELERİ

4.2.1. Cd

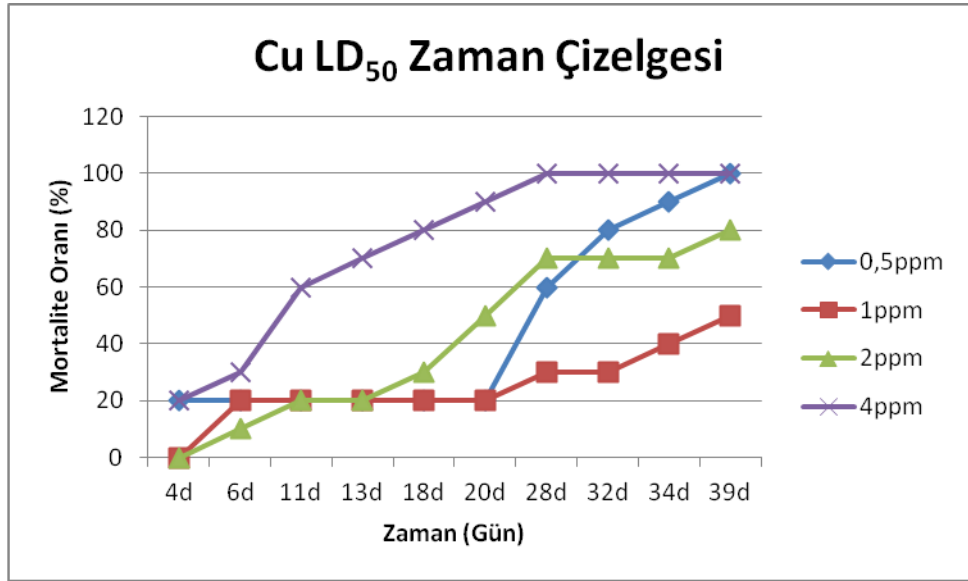
28 günlük deney sürecinde ilk LD₅₀ 96 saat sonunda (4 gün) 4ppm çözelti içerisindeki bireylerde gözlenmiştir (Şekil4.23). Bu bireylerin kas dokularından alınan örneklerde 55,3 ppm Cd saptanmıştır.



Şekil 4.23: Kadmiyum için uygulanan subletal doz belirleme deney süresince gözlenen mortalite oranları.

4.2.2. Cu

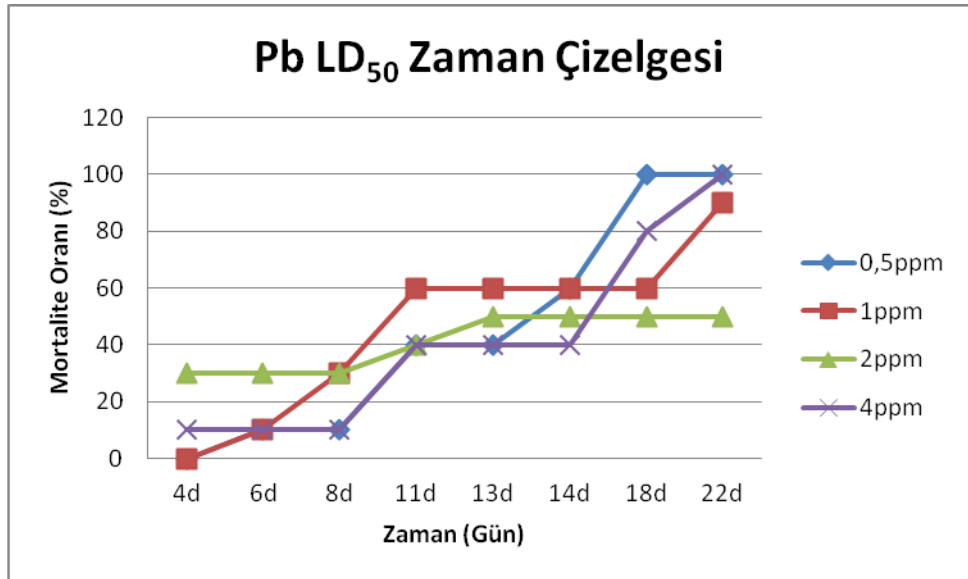
39 gün boyunca süren deneyde ilk LD₅₀ deney sonunda (39 günde) 1 ppm çözeltideki bireyler arasında gözlenmiştir (Şekil 4.24). Bu bireylerin kas dokularından alınan örneklerdeki Cu miktarı 129,8 ppm olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.24: Bakır için uygulanan subletal doz belirleme deney süresince gözlenen mortalite oranları.

4.2.3. Pb

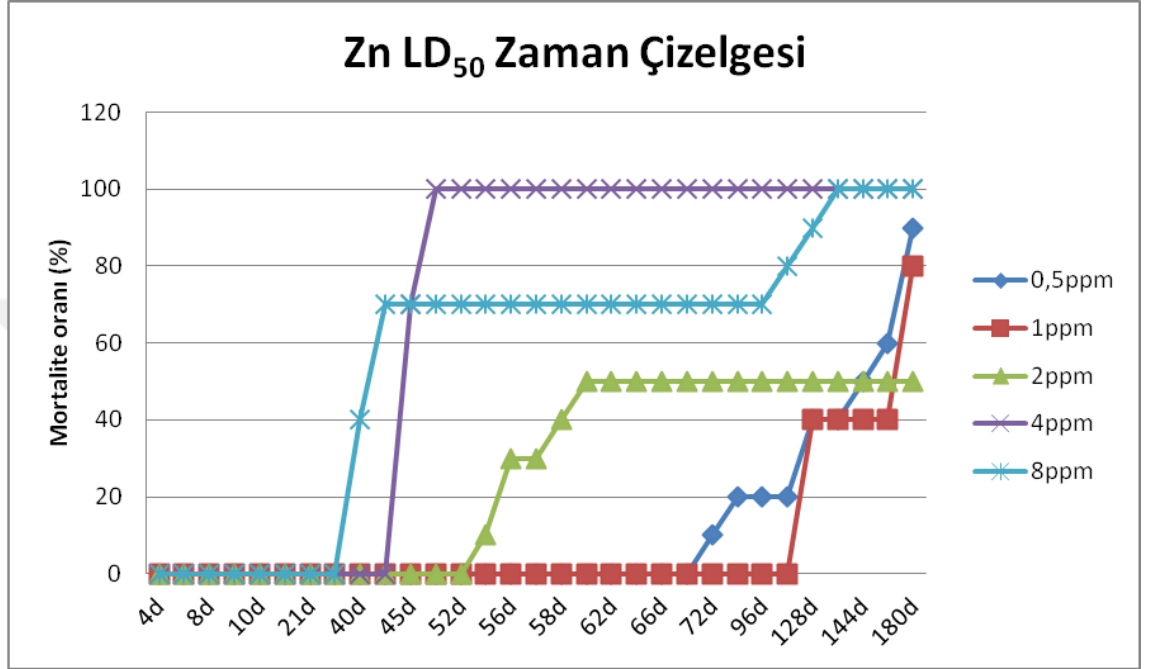
Toplamda 22 gün süren deney sırasında ilk LD₅₀ 13.günde 2 ppm Pb çözeltisi içerisindeki bireylerde gözlenmiştir (Şekil 4.25). Bu bireylerin kas dokularından alınan örneklerde Pb miktarı 29,71 ppm olarak saptanmıştır.



Şekil 4.25: Kurşun için uygulanan subletal doz belirleme deney süresince gözlenen mortalite oranları.

4.2.4. Zn

Toplam 180 gün ile en uzun süreli deney sırasında ilk LD₅₀ 2ppm Zn içeren çözeltideki bireyler arasında gözlenmiş olup (Şekil 4.26), bu bireylerin kas dokularından alınan örneklerde Pb miktarı 482 ppm olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.26: Çinko için uygulanan subletal doz belirleme deney süresince gözlenen mortalite oranları.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Büyükçekmece Gölü'ndeki *Unio pictorum* Linnaeus (1758)'un organlarında bazı ağır metallerin birikimlerinin mevsimsel olarak analizini yaptığımız çalışmamızda, bu çalışmayla bağlantılı olarak gölün kuzeyinden bir yıl boyunca her ay alınan su numunelerinin pH, DO, TDS, tuzluluk, iletkenlik ve sıcaklık gibi özelliklerine ait veriler incelendiğinde pH değerlerinin 7,7-8,58 arasında ve DO (çözünmüş oksijen) değerlerinin 6,4- 16,47 mg/L arasında olduğu görülmektedir (Şekil 4.8 ve Şekil 4.5). Bu değerler kıta içi su kaynaklarının sınıflara göre kalite kriterleri bakımından karşılaştırıldığında göl suyunun pH değeri açısından 2. sınıf kalitede su özelliği (pH 6,5-8,5) gösterdiği açıktır. Bu durumda pH özelliği açısından az kirlenmiş su kategorisine giren gölün suyunun alabalık türü dışındaki balık türlerinin üretimlerinde, sulama suyu olarak, ileri ve uygun bir arıtma ile içme suyu temini ve rekreasyonel amaçlar için kullanılması uygun gibi görünmektedir (T.C Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004). Çözünmüş oksijen değerleri bakımından ise göl suyu 1. sınıf kalitede su standartlarından (DO 8mg/L) bile daha iyi durumdadır.

Göl suyu, istasyonlardan alınan örneklerde sıcaklık değerleri 10,69-30,5 °C arasında ölçülmüştür (Şekil 4.10). Sadece sıcaklık değerleri göz önüne alınarak bakıldığında göl suyu, 2 (25°C) ve 3.sınıf kalite su (30°C) özelliği göstermektedir. Bu da göl çevresindeki endüstriyel ortamın etkisini göstermekte olup kirlenmiş su statüsüne giren göl suyunun ancak uygun bir arıtma işleminden sonra sadece endüstriyel su temininde kullanılmasına olanak vermektedir.

Toplam çözünmüş madde (TDS) miktarına (Şekil 4.6) ve iletkenlik (Şekil 4.7) parametrelerine ait ölçüm sonuçlarımız (TDS için 378-500mg/L; iletkenlik için 540-892 μ S) ise su kalitesinin yüksek kaliteli (1.sınıf kalite suda 500 mg/L TDS bulunmaktadır) olduğunu, alabalık türü üretimi, hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyaçları, vücut teması gerektiren rekreasyonel amaçlar için ve sadece dezenfekte edilerek içme suyu temininde bile kullanılabileceğini bize göstermektedir (T.C Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004).

Göl, tuzluluk bakımından incelendiğinde, alınan numune değerlerinin 0,24-0,42 ppt arasında ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 4.9). Roberts (1989) tuzluluk değerlerine göre suların sınıflandırılması (Egemen ve Sunlu, 2003) incelendiğinde ölçülen değerlerin polihalin ve eurihalin özellikteki sular için olan referans aralıklarında olduğu görülmektedir. Bu durumda göl suyunun yılın bazı zamanlarında acı su, bazı zamanlarında da deniz suyu özelliği gösterdiğini söylemek mümkün görünüyor. Külköylüoğlu ve arkadaşlarının (1995) gölde daha önceden ostrakod faunası üzerine yaptıkları çalışmada da ostrakod türleri açısından elde ettikleri veriler de bu durumu destekler nitelikte görünmektedir.

Göl suyu ile ilgili parametreleri diğer yayınlarla karşılaştırdığımızda, sonuçlarımızın DO bakımından Şahin'in 2013 yılında aşağı Sakarya Nehri'nde yaptığı çalışmadaki sonuçlarla yüksek oranda benzerlik göstermektedir. Aynı çalışmanın sıcaklık değerlerine baktığımızda çalışmamızdaki bazı değerlerin bu çalışmadan çok az bir farkla yüksek olduğunu, pH açısından değerlendirdiğimizde ise çalışmamızın pH aralığından oldukça farklı aralıklara sahip olduğunu görmekteyiz.

Guyer ve İlhan'ın 2011 yılında Büyükçekmece Havzası'nda yaptıkları çalışmalarında ölçülen sıcaklık değerlerinin çalışmamızın sıcaklık değerlerinden oldukça düşük olduğu, çözünmüş oksijen ve pH değerlerinin ise aşağı yukarı bir benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Göl suyunda yapılan ağır metal analizlerinde kadmiyum ve bakır en yüksek Ocak ayında (kış), kurşun Mayıs ayında, ve çinko Haziran ayında ölçülmüştür. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından resmi gazetede (<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/12/Su%20Kirlili%C4%9Fi%20ekleri.htm>) yayınlanan su kirliliği kontrolü yönetmenliğinde belirtilen kriterler incelendiğinde çalışmamızda ölçülen kadmiyum değerinin dördüncü sınıf kalitede yani çok kirlenmiş sular kategorisindeki sularda bulunan kadmiyum değerleri arasında yer aldığı görülmektedir. Göl suyunda bu durum bir süreklilik göstermemektedir. Ancak çalışma bölgesinin yıllık toplam yağış miktarıyla (Şekil 4.3) belli bir periyotta işlediği rahatlıkla görülebilmektedir. Mart-Nisan ayındaki yağış artışı sonrasında Mayıs'ta yağış miktarının azalması, benzer durumun Ekim-Kasım aylarındaki yüksek yağış sonrasında yağış miktarının Ocak'ta neredeyse Mayıs seviyesine geldiği görülmektedir. Yıl

içerisinde tekrarlanan bu periyodik durum nedeniyle, adı geçen aylardaki yüksek yağışın da sebep olduğu, havadan ve karadan su yoluyla taşınan kadmiyum miktarındaki artış sonucunda göl suyunda Ocak ve Mayıs aylarında kadmiyum miktarının arttığı düşünülmektedir.

Diğer yandan, *Unio pictorum*'un kas dokusundaki kadmiyum miktarlarına bakıldığında Mayıs, Aralık ve Ocak dönemlerinde yukarıda belirtildiği gibi yıllık yağış miktarındaki periyodik dalgalanmanın benzer bir şeklinin *Unio pictorum*'un hepatopankreas ve kas dokusundaki kadmiyum miktarındaki artışlarda antagonist olarak gözlemlenmiş, Ocak ve Mayıs aylarında kadmiyum miktarının maksimum miktarlara ulaşıldığı görülmüştür (Şekil 4.7 ve Şekil 4.10). Bu durum bize, yağmur yoluyla taşınan kadmiyumun *Unio pictorum* üzerindeki etkisi hakkında bilgi verebilir. Özellikle hava kirliliğinin artmış olduğu Kasım-Aralık-Ocak-Şubat aylarından Kasım ve Aralık aylarındaki yağış miktarının yüksekliği (bütün sene ortalamasının üstünde), Ocak ayında göldeki maksimum kadmiyum miktarıyla kendini gösterdiğini düşünüyoruz.

Yağışın neden olduğu bir diğer kadmiyum kaynağı da diğer ağır metallerin yağış yoluyla taşındığı toprak olabilir. Mart-Nisan-Eylül ve Ekim aylarında gölü çevreleyen tarımsal arazilerde gübreleme yapılmaktadır (Bahşayış köyü muhtarı ile kişisel röportajım). Bu gübrelerin adı geçen aylarda yağışla göl üzerinde diğer bir ağır metal baskısı yarattığı söylenebilir. Çünkü; tarımsal gübreleme işlemleri sırasında kullanılan suni gübrelerin tamamı muhteviyatlarının elde edildiği yapıya bağlı olarak, (fosfat gübrelerinin fosfat kayalarından elde edildiği gibi) elde edildikleri ortamdan kendileri ile birlikte ağır metalleri de taşımaktadırlar. Dolayısıyla, bütün kimyasal gübreler içerisinde hem yapısal maddelerine (mikro element gübreler) hem de işlendikleri ortama bağlı olarak ağır metaller bulunmaktadır. Zaten Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın resmi gazetede yayınladığı yönetmeliğe göre kullanılan gübreler içerisindeki kabul edilebilen ağır metal oranları da belirlenmiştir.

Şekil 4.11, Şekil 4.14, Şekil 4.17 ve Şekil 4.20 incelendiğinde *Unio pictorum*'un hepatopankreasında ve kas dokusundaki kadmiyum oranlarının sedimentteki kadmiyum oranlarından daha çok sudaki kadmiyum oranlarıyla bağlantılı olduğu görülmektedir. Bu durumun suyu süzerek beslenen bir tür olan *Unio pictorum*'un beslenme şekliyle alakalı olduğu söylenebilir. Aynı grafiklere ilave olarak aylık sıcaklık grafiği

incelendiğinde sıcaklıkla bağlantılı hepatopankreas ve kas dokusunda kadmiyum değerleri gözlenememiştir. Ancak, yağış orantılıyla bağıntılı gözüken göl suyu kadmiyum miktarlarının aylık rüzgar hızıyla da bağıntılı olduğu gözükmemektedir. Nisan ve aralıkta maksimum değerlere ulaşan rüzgar hızının Mayıs ve Ocak'ta düşüşe geçişiyle göl suyunda kadmiyum artışının uyumlu dalgalanmada olduğu saptanmıştır. Bunun nedeninin de atmosferik hareketin azalmasıyla hava kirliliğinin yoğun olduğu bu dönemde hem atmosferik çökeltme hem de yağmurla suya karışan kadmiyumun miktarında artış olduğu söylenebilir.

Tatlı su midyesi kas dokusunda limit değerlerin altında sadece Ağustos ayında, hepatopankreas dokusunda ise Haziran-Ağustos arasındaki dönemde olduğu dikkati çekmektedir(Şekil 4.7 ve Şekil 4.10). Bu durumda yine yukarıda sunulan tezimizi desteklemektedir. Çünkü bu zaman dönemi toplam yağış miktarının en az olduğu dönemdir ve *Unio pictorum*'un üreme döneminin sonlarına denk gelen bu dönemde (Haziran) kadmiyumun hem hepatopankreasta hem de kas dokusunda Nisan'dan başlayıp yağış etkileşiminin olduğu Mayıs dönemi hariç Ağustos'a kadar üreme aktivitelerine bağlı olarak artan metabolizma faaliyetleri nedeniyle hızlanan bir ivmeyle azaldığı düşünülüyor (Şekil 7 ve Şekil 10).

Çalışmamız kapsamında incelenen tatlı su midyesi kas dokusu (0,744-5,22 ppm)(Şekil 4.17) ve hepatopankreas (0,423-3,999 ppm) (Şekil 4.20)dokularının Türk Mevzuatı (0,1 ppm), Gıda Güvenliği (<0,2ppm), Komisyon Tüzüğü (1 ppm), ve Türk Gıda Kodeksi(1 ppm) tarafından bildirilen maksimum limit değerlerinin çok üstünde kadmiyum taşıdığı yapılan ağır metal analiz ölçümleri sonucunda görülmüştür.

Türkmen ve arkadaşlarının (2005) Gölbaşı Gölü'nde yaptıkları çalışmada *Unio terminalis* türünde kas yapısında kadmiyum miktarını 0,004ppb olarak ölçmüşlerdir. Yarsan ve ark. (2000) ise yaptıkları çalışmalarında *Unio stevenianus* türü üzerinde çalışmışlar ve en düşük kadmiyum miktarını yaz dönemlerinde ölçmüşlerdir. Tuncay (2007), tatlı su ıstakozu ile yaptığı çalışmasında bireylerin kas dokusundaki kadmiyum miktarını yıl boyunca ölçülebilir değer altında bulurken, karaciğerlerindeki en yüksek miktarı ilkbahar mevsiminde 2.07 ppm olarak belirtmiştir.

Çalışmamızdaki en düşük kadmiyum konsantrasyonu yazın 0,744 ppm iken en yüksek konsantrasyon kışın 5,22 ppm olarak kaydedilmiş (Şekil 4.17) olup bu bulgular yukarıda belirtilen çalışmalarla karşılaştırıldığında çalışmamızdaki midye türündeki en düşük kadmiyum birikiminin dahi bu çalışmalardan oldukça fazla olduğu görülmektedir. En düşük birikim düzeyinin görüldüğü dönemin Yarsan ve arkadaşlarının (2000) çalışmasında olduğu gibi yaz olması da yukarıda yağışla ilgili sunulan tezimizi desteklemektedir.

Unio pictorum'da karaciğere denk gelen yapının hepatopankreas olduğunu göz önünde bulundurduğumuzda en düşük (0,423ppm) ve en yüksek (3,999ppm) birikim miktarlarına ait bulgularımızın Tuncay'ın 2007 yılındaki çalışmasındaki bulgulardan daha yüksek sonuçlar olduğunu görüyoruz (Şekil 4.20). Bu durum, bize çalışma materyalimiz olan midye türünün bulunduğu ortamdaki kadmiyumu dikkate değer miktarda filtre ettiğini düşündürmektedir. Ölçülen en düşük değerlerin genellikle yaz mevsiminde görülmesi ise kadmiyumun kullanım alanları (Tuncay, 2007; Yüzereroğlu, 2011) olan metal kaplama ve boya sanayi ile tekstil alanlarındaki fabrika ve atölyeleri içeren göl yakınlarındaki organize sanayi bölgeleri, yaz tatili nedeniyle yoğun çalışmanın olmadığı dönemlere gelmesi dikkat çekicidir.

Göl suyundaki kadmiyum düzeyini benzer çalışmalarla karşılaştırdığımızda ise Tuncay (2007) Kovada Gölü'nde yaptığı çalışmasında, göl suyunda kadmiyum düzeyini yıl boyunca ölçülebilir değer altında kaydetmiştir. Ancak; bu sonuç bizim göl suyundaki ölçümlerimizin sonuçlarıyla örtüşmemektedir. Ayrıca benzer bir sonucu da yine göl sedimentindeki birikim için de yaz ve sonbahar dönemlerinde belirtmiştir. Bu durum hem sudaki hem de sedimentteki sonuçlar açısından bizim bulgularımızla örtüşmemektedir. Bu durumu yapılan ölçüm metoduna bağlıyoruz. Çalışmamızda kullanmış olduğumuz ICP-MS metodu AAS yönteminden daha duyarlı olup daha az miktardaki değerleri bile ölçebilmektedir. Çalışmamızla olan bu farkı analiz yöntemlerindeki farka bağlıyoruz. Ayrıca Kovada Gölü'nün çevresi Büyükçekmece Gölü gibi sanayi alanlarıyla çevrili değildir. Sanayi alanlarıyla çevrili olmadığı gibi göl lı büyükşehir baskısı altında da değildir. Bu da bize Büyükçekmece Gölü'ndeki ve *Unio pictorum*'daki yüksek ağır metal seviyelerinin sebeplerinden biri olarak antropojenik faktörleri düşündürmektedir.

Esansiyel bir element olan bakır, göl suyunda tıpkı kadmiyum gibi en fazla Ocak ayında ölçülmüştür (Şekil 4.12). Bakırın göl suyundaki en yüksek birikimi kadmiyumun birikimi gibi hem atmosferik hareketler hem de antropojenik ve tarımsal faaliyetler ile açıklanabilmektedir. Eylül-Ekim-Kasım aylarındaki yüksek orandaki yağış miktarının Aralık ayıyla birlikte azaldığı ve Ocak ayında kış mevsimi içinde görülen en az yağış seviyesine gelmiştir. Göl suyundaki bakır miktarı ise tıpkı kadmiyum birikiminde olduğu gibi Mayıs ve Ocak aylarında fark edilir derecede artış göstermişlerdir. Yağış miktarında görülen bu kış dönemindeki düşüş ivmesinin benzeri rüzgar hızında da görülmektedir. Ancak bakırın göl sedimentindeki birikiminde görülen dalgalanmanın göl suyundaki birikiminden oldukça farklı olduğunu Şekil 4.15'te görülmektedir. Şekil 4.15 incelendiğinde bakırın sedimentte en fazla yaz döneminin ortasında (Temmuz ayında), olduğunu ancak Mayıs, Ekim ve Ocak aylarında da kayda değer ölçüde birikim olduğu gözlemlenmiştir. Biz bu durumun yağış, rüzgar gibi atmosferik hareketler ile açıklanabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca yine yağış rejimi ile ilgili grafik incelendiğinde (Şekil 4.3) bölgenin Temmuz ayında yok denecek düzeyde yağış aldığı görülmektedir. Bu durumda yüksek sıcaklık altında az hatta yok denecek düzeydeki yağış etkisiyle göl suyundaki mevcut bakırın göl zeminine çökelmiş olduğu ve böylece bakırın bu dönemde daha yüksek miktarlarda sedimentte biriktiği söylenebilir. Ayrıca rüzgar hızının fazla olduğu görülen (Şekil 4.4.) ilkbahar aylarının (Mart-Nisan-Mayıs) ardından rüzgar hızı giderek düşmüştür. Rüzgarın daha yavaş esmesi göl suyunun daha az çalkalanmasına ve söz konusu metalin çoğunlukla sediment üzerine çökmesine neden olduğu düşünülmektedir.

Araştırma materyali olan *Unio pictorum* ise bakırı kas dokusundan daha ziyade hepatopankreas dokusunda biriktirmiş (Şekil 4.17 ve Şekil 4.20)görülmektedir. Kas dokusu ve hepatopankreas dokusundaki birikim miktarları incelendiğinde iki yapıdaki birikimin bazı dönemlerde farklılıklar gösterdiğini söylemek mümkündür. Mart-Nisan, Aralık-Ocak ve Ocak-Şubat dönemlerinde iki yapıdaki bakır birikimindeki durumun neredeyse birbirine zıt şekilde eğilim gösterdiğini söylemek mümkündür. Bakır, kas dokusunda en yüksek Ekim ayında, ardından Mart, Şubat ve nispeten Aralık aylarında birikim gösterirken; hepatopankreas dokusunda en yüksek Ocak ayında, ardından Ekim, Şubat, Mayıs ve Temmuz aylarında birikmiş olarak görülmektedir.

Unio pictorum' un kas dokusunda ve hepatopankreasındaki bakır birikimini incelediğimizde; kas dokusundaki birikimin Mart ve Ekim aylarında TGK ve TGG tarafından yumuşakçalar için belirlenen limit değer olan 20 ppm üzerinde olurken, hepatopankreas dokusunda birikimin daha sık, ama dağınık bir şekilde, Mayıs, Temmuz, Eylül, Ekim, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında yine kabul edilebilir maksimum limit değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir.

Bakır elementine en fazla göl sedimentinde rastlanmıştır. EPA tarafından belirlenen limit değerler göz önüne alındığında gölün sedimentinde Mayıs, Temmuz, Ekim ve Ocak aylarında yüksek derecede; Mart, Haziran, Aralık ve Şubat aylarında ise orta dereceli bakır kirliliği görünmektedir (Saha ve Hossain, 2011). Göl suyundaki birikime baktığımızda özellikle Mayıs ve Ocak aylarındaki bakır miktarları SKKY içeriğinde belirlenen değerler göz önüne alındığında su sınıflandırmasında 4.sınıf kalitedeki (aşırı kirlenmiş su) su değerinden (>0,2 ppm) bile oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Tuncay, 2007 yılındaki çalışmasında Kovada Gölü'nün suyunda kadmiyum gibi bakır elementi değerlerini de ölçülebilir değer altında bulmuştur. Bu bulgu bakır birikimi için de tıpkı kadmiyum birikiminde olduğu gibi bulgularımızla uyuşmamaktadır. Göl sedimentindeki en yüksek bakır birikimi yaz aylarında gözlenirken en düşük birikimin sonbaharda ölçüldüğü görülmüştür. Göl sedimentindeki birikim açısından değerlendirildiğinde ise bakır miktarlarındaki dalgalanma periyotları ile ilgili bulgularımızın, Kovada Gölü çalışmasındaki bulgularla uyumlu olduğu görülmüştür. Bakır elementinin bu çalışmada en fazla istakozun karaciğerinde kış döneminde biriktiği görülmüş ve bu durumun da bizim çalışmamızdaki denk yapı hepatopankreas için yapılan ölçümlerdeki dönemsel değişikliklerin oldukça benzer olduğu hatta dönemlerin uyuştugu söylenebilmektedir. Ancak, Yarsan ve arkadaşları (2000) Van Gölü çalışmalarıyla bu durum uyuşmamaktadır.

Yılmaz (2011) Muğla'da Dipsi-Çine Çayı'nda *Unio crassus* örnekleri üzerinde yaptığı çalışmada kas, manto ve solungaç dokularında toplam olarak ölçülen bakır miktarı ortalama olarak 0,72 ppm; en yüksek 2,36 ppm olarak ölçülmüştür. Bu değerler çalışmamızdaki kas dokusu ve hepatopankreas dokusunda bakırın birikiminde ölçülen değerlerle karşılaştırıldığında bizim çalışmamızdaki bulgulardan oldukça düşük gözükmetedir.

Kurun ve arkadaşları 2010 yılında Terkos Gölü'nde yaptıkları çalışmalarında ise tatlı su ıstakozunun gerek dişi gerekse erkek bireylerine ait hepatopankreas dokusundaki bakır birikimine ait veriler bizim bulgularımızın çok üstünde görünürken, kas dokusundaki bakır elementi birikimine ait bulguları genelde bizim bulgularımızın altındaki değerler olup sadece çalışmamızın bir iki aylık döneminde benzerlik göstermektedir.

Yıl boyunca göl suyunda ölçülen kurşun elementi en fazla Mayıs ve Ocak aylarında kaydedilirken diğer aylarda ölçülen değerler önemli miktarlarda görülmemektedir. Göl suyundaki bu kurşun birikimi bakır ve kadmiyum gibi Mayıs ve Ocak aylarında pik yapmıştır. Ancak bu birikimin kadmiyumdaki fazla (Şekil 4.11), bakırdan az olduğu görülmektedir (Şekil 4.12). benzer durumun göl sedimentindeki birikim için de olduğu Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 incelendiğinde görülebilmektedir. Ancak kurşun sedimentte diğer elementlerden farklı olarak en fazla miktarda Mart ayında birikmiştir. Bu dönem, yağışın fazla olduğu Şubat ayının ardından gelmiş ve yağış bu dönemde gözlenmemiştir. Bu dönemde yağışın gözlenmemesi sudaki kurşun elementinin dönem içinde bölgedeki sıcaklığın da etkisiyle göl dibine çökmesini desteklemiş ve böylece en fazla birikim bu ayda ölçülmüştür. EPA tarafından belirlenen değerler incelendiğinde göl sedimenti kurşun elementi bakımından sadece bir ay (Mart) orta dereceli kirliliğe maruz kalmış diğer aylar kirli bulunmamaktadır.

Unio pictorum' un kas dokusu ve hepatopankreasındaki kurşun birikimi incelendiğinde iki yapıdaki birikimin birbirine paralel şekilde olduğu görülmektedir. Ancak sadece Ocak ve Şubat aylarında iki yapıdaki birikimde farklılıkların olduğu Şekil 4.17 ve Şekil 4.20 incelendiğinde rahatlıkla görülebilmektedir. Kurşun elementi, kas dokusunda en fazla Aralık ayında birikim gösterirken Hepatopankreas yapısında en fazla Ocak ayında birikmiştir. Şekil 4.15, Şekil 4.17 ve Şekil 4.20 incelendiğinde *Unio pictorum*' un kas dokusundaki ve hepatopankreasındaki kurşun birikiminin neredeyse birbirine paralel olduğu; bu kısımlardaki birikimin sudaki birikimden daha ziyade sedimentteki birikimle benzerlik gösterdiğini söylemek ayrıca mümkündür.

Çalışmamızdaki kurşun elementinin göl suyundaki birikimine ait bulgular; içme suyu ve tatlı sulardaki kabul edilebilir standart değerlerle karşılaştırıldığında; farklı kuruluşlarca belirlenen standart değerler olmasına rağmen göl suyunun kurşun elementi bakımından limit değerlerin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Bu kuruluşlardan Çevre ve

Orman Bakanlığı tarafından belirtilen SKKY kalite kriterlerine göre göl suyu dördüncü sınıf kalite su (0,05ppm) özelliği taşımaktadır. Ayrıca, çalışmamızdaki göl suyundaki kurşun elementi yıl boyunca EPA (0,01 ppm), WHO (0,01 ppm) ve EU (0,01 ppm) tarafından belirlenen kabul edilebilir maksimum limit değerlerin de yine çok üzerinde bulunmaktadır.

Unio pictorum'daki kurşun elementi hem kas dokusunda hem de hepatopankreas dokusunda, TGK (1,5 ppm), EC (1,5 ppm) ve Türk Mevzuatı (1,5 ppm) tarafından belirlenen yumuşakçalar için kabul edilebilir üst değerlerden oldukça yüksek olduğu ve bu birikimin çoğunlukla kış aylarında kaydedildiği görülmüştür. Türk Gıda Güvenliği tarafından belirlenen (10 ppm) değerden ise düşük olduğu belirlenmiştir.

Kurşun elementinin *Unio pictorum*'un kas dokusu ve hepatopankreas dokusunda göl suyundaki birikiminden daha fazla birikim göstermesi bu türün kadmiyumda olduğu gibi kurşun açısından da su ortamı için önemli bir oranda filtrasyon görevi üstlendiğini göstermektedir.

Türkmen ve arkadaşları (2005) *Unio terminalis* türü üzerinde yaptıkları çalışmalarında kas dokusundaki kurşun birikimini 0,008 ppm olarak, Kurun ve arkadaşları (2010) tatlı su ıstakozu ile yaptıkları çalışmalarında yine kas dokusunda bu elementi 0,01 ppm' den daha düşük olarak kaydetmişlerdir. Yarsan ve arkadaşları (2000) Van Gölü'nde yaptıkları çalışmalarında *Unio stevenianus* türünde kurşunu en fazla kış mevsiminde ölçmüşlerdir. Bu bulgulardan Türkmen ve arkadaşlarının (2005) çalışmaları ile Kurun ve arkadaşlarının (2010) çalışmaları sonucunda elde ettikleri sonuçlar, bizim çalışmamıza sonucundaki bulgulardan çok düşük gözükmemektedir. Ancak, Yarsan ve arkadaşlarının (2000) çalışmaları sonucu kurşuna ait en fazla ölçümün görüldüğü mevsim bakımından bizim çalışmamız bulgularıyla benzerlik göstermekte ancak; ölçülen değer bakımından bizim çalışmamız sonucundaki değerlerin daha yüksek olduğunu görmekteyiz. Kurun ve arkadaşları (2010) Terkos Gölü'ndeki çalışmalarında örneklerin hepatopankreas dokularındaki birikimi de kas dokularındaki sonuç ile aynı bulmuştur; fakat bu sonuç bizim çalışmamıza ait hepatopankreas sonuçlarıyla örtüşmemektedir. Sonuçlarımız, kurşunun hepatopankreas dokusunda kas dokusundaki gibi en fazla kış mevsiminde, ancak daha yüksek miktarlarda biriktiği yönündedir.

Göl suyunda en fazla biriken çinko, kadmiyum, bakır, ve kurşun gibi yine Mayıs ve Ocak aylarında en yüksek değerlere ulaşmış gözükmetedir (Şekil 4.12). Bu durum hem dönem içindeki yağış miktarı hem sıcaklık hem de rüzgarla yakından ilişkilidir. Söz konusu parametreler arasındaki bağıntı kadmiyuma ait kısımda anlatılmış olup burada bahsedilen durumlar çinkonu suda birikimi için de geçerlidir.

Sedimentteki birikim ise bölgedeki aylık toplam yağış miktarıyla ilişkili gözükmetedir. Yılın genelinde (Mart-Mayıs-Temmuz-Ocak) yağışın fazla olduğu dönemin ardından sedimentteki birikimin ertesi ay fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.3 ve 4.15). Yağışın olduğu dönemlerde birikimin daha az olması çözeltideki çözücünün daha fazla olması şeklinde düşünüldüğünde dönem içinde birikim az gibi görünse de bu durumun yansması bir sonraki aydaki birikime yansımaktadır. Yağmurun olmadığı dönemde yağmur suyu ya da selle beraber gelen metal içerik sıcaklığın ve menim de etkisiyle yağışın azalması sonucu göl dibine çökmektedir.

Unio pictorum' un kas dokusundaki ve hepatopankreasındaki birikim ise birbiriyle ilişkili görünmektedir (Şekil 4.18 ve Şekil 4.21). Kas dokusunda Kasım-Aralık-Ocak aylarında görülen durum aylık toplam yağış grafiğinde Eylül-Ekim-Kasım aylarındaki durumla benzerlik göstermektedir. Bu benzerliğe rağmen çinko kas dokusunda en fazla Ocak ayında birikirken, hepatopankreas dokusunda en fazla Temmuz ayında birikmiş gözükmetedir. Kas dokusu (Şekil 4.18) ve hepatopankreas yapısı (Şekil 4.21) ile ilgili grafiklere baktığımızda bu grafiklere ait akışın benzerini bölgede ölçülen aylık sıcaklık grafiğindeki akışla yüksek oranda benzerlik göstermektedir (Şekil 4.1). Bu durum çinkonun hepatopankreas ve kas dokusundaki birikiminin yağıştan ziyade sıcaklıkla bağlantılı olduğunu göstermektedir. Çinko eser elementler arasında yer almakta olup organizmada bir çok enzimin yapısına katıldığından birikiminin diğer elementlere göre her mevsim fazla olduğunu düşünmekteyiz.

Çinko elementi bütün mevsimlerde, hem tatlı su midyesinde hem de göl su ve sedimenti en fazla biriken elementtir. Göl suyunda en fazla yılda iki defa birikimi EPA ve WHO değerlerinin çok üzerinde görünmektedir. Bu en fazla birikimin olduğu dönemler ise Mayıs ve Ocak ayları olup, aralardaki dönemlerde ise kirlilik görünmemektedir. Mayıs ve Ocak aylarındaki birikimi ise SKKY kriterlerine göre dördüncü sınıf kalite su özelliği göstermektedir.

Göl sedimentindeki çinko birikimi ise yılın geneline bakıldığında orta dereceli kirliliğe maruz kalmakta olduğu ancak yoğun kirlilik sınırına da yaklaştığı dönemlerin (Temmuz) olduğu görülmektedir.

Tatlı su midyesi kas dokusunda ve hepatopankreas dokusundaki çinko birikimleri incelendiğinde çinkonun göl suyu ve sedimentindeki birikime göre yumuşakça içerisinde daha fazla biriktiği, öyle ki kas dokusunda kabul edilebilir maksimum limit değerinin 4 katından daha fazla, hepatopankreas dokusunda ise 6 katından daha fazla birikimin olduğu görülmüş ve bu birikimlerin kas dokusu için Ekim, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında görülürken hepatopankreas için Temmuz ayında görülmektedir. Yıl genelinde kas dokusundaki birikimin hepatopankreas dokusundaki birikime göre daha fazla olduğu aşikardır.

Yarsan ve arkadaşları (2000) Van Gölü'nde yaptıkları çalışmalarında midyelerdeki çinko birikimini en fazla son bahar döneminde ölçmüş olduklarını belirtmişlerdir. Türkmen ve arkadaşları (2005) Gölbaşı'nda yaptıkları çalışmalarında midye örneklerinin kas dokusundaki çinko miktarının 1,035 olarak belirtmişlerdir. Her iki çalışmadaki sonuçlar bulgularımızdan düşük görünmektedir. Ayrıca kas dokusundaki birikimin en fazla olduğu dönem çalışmamızda kış dönemine gelmektedir. Bu bulgu da Yarsan ve arkadaşlarının (2000) çalışmalarındaki bulgularla örtüşmemektedir.

Unio pictorum' da arazi çalışmasında izlenen ağır metal miktarlarının *Unio pictorum* üzerindeki ölümcül etkisini saptamak amacıyla yürüttüğümüz LD50 doz deneylerinde kadmiyum aşamasında popülasyonun yarısını öldüren dozun 2 ppm olduğu görülmüş, bireylerin kas dokularında yapılan ölçümler sonucu dokudaki birikim 55,3 ppm olarak ölçülmüştür. Kadmiyum için subletal doz olarak belirlenen 2 ppm değerinin USEPA tarafından akut toksisite için belirtilen değerin çok üzerinde bir değer olduğu görülmektedir. Bireylerin ölüm süreleri ise 4 gün olarak saptanmıştır. 72 -96 saat arasındaki durumların akut sayılabildiği düşünüldüğünde USEPA tarafından belirtilen değerin çok düşük olduğu ancak kronik değerlendirilmelerde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Yeşilbudak (2009) ve Tunçsoy (2011) çalışmalarında araştırma materyali olarak bir tür tatlı su balığı kullanmışlardır. Tunçsoy 2011 yılındaki çalışmasında 96 saatlik süreçte 1

ppm çözelti içerisinde bulunan balığın kas dokusundaki kadmiyumun birikiminin 0,918 ppm olduğu, Yeşilbudak ise 2009 yılında yaptığı çalışmasında 0,5 ppm çözelti içerisindeki balığın kas dokusunda 30 gün sonrasında bile kadmiyum birikiminin 0,03 ppm olduğu görülmüştür. Bu sonuçlarla çalışmamıza ait bulgular karşılaştırıldığında çalışmamızdaki türün kas dokusundaki birikimin diğer çalışmalardaki türlerin kas dokularındaki kadmiyum birikiminden daha fazla olduğu ve bulgularımızla söz konusu çalışmaların bulgularının uyuşmadığı görülmüştür. Bunun nedeninin ise bizim türümüzün suyu süzerek beslenmesinde gizli olduğu düşünülmektedir.

Bakır elementi için yapılan subletal doz belirleme deneyinde deney ortamındaki 10 midyenin ilk 5 tanesini öldüren doz 39 gün sonunda 1 ppm olarak not edilmiştir (Şekil 4.23). Bu doza maruz kalan bireylerin kas dokularındaki bakır birikimi ise yapılan analiz sonucunda 129,8 ppm olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değer; USEPA, WHO, EU tarafından belirlenen standart değerlerin yanı sıra Türk Mevzuatı, Gıda Güvenliği ve Türk Gıda Kodeksi tarafından kabul edilebilir en yüksek limit değerlerinin bile çok üstünde bulunmaktadır.

Benzer bir şekilde Yüzereroğlu, 2011 yılında yaptığı çalışmasında farklı bakır çözeltilerinde yaşatılan, bir tatlı su balığı türü *Oreochromis niloticus*'un kas dokularındaki bakır birikimini incelemiştir. Bu çalışmadaki uygulanan ortam derişimlerinden bizim çalışmamıza en yakın olanı 0,6 ve 3 ppm derişimleridir. Bu derişimlerdeki bakır birikiminin 15 gün sonunda elde ettiği bulgular bile bizim çalışmamızdaki bulgulardan çok az düzeyde bulunmaktadır. Bu düzey farkında çalışılan canlı materyallerin tür farklılıklarının ve beslenmelerinin etkisi olduğu biri gerçektir. Benzer bir şekilde, Tunçsoy (2011) çalışmasında aynı türü ele almış fakat uyguladığı ortam derişimini 5 ppm olarak ele almıştır. Bu değerdeki ortam derişimine 96 saat maruz bırakılan balıkların kas dokularındaki bakır birikim düzeyleri de yine bulgularımızdan oldukça düşük olarak bulunmuştur.

Kurşun elementi için subletal doz belirleme aşamasında bu doz 13 gün sonunda 2 ppm olarak belirlenmiştir. Bireylerin kas dokularındaki birikim incelendiğinde birikimin 29,71 ppm olduğu saptanmıştır.

Kraak ve arkadaşlarının 1994 yılında *Dreissena polymorpha* türünde yaptıkları çalışmalarında kurşun için bu doz düzeyini 0,085 ppm olarak belirlemiş ve bu LD50 doz düzeyine ikinci hafta sonuna doğru ulaşmıştır. Doza ulaşma süreci bakımından bulgularımızla uyum sağlamakta olup subletal doz düzeyi sonucunda ortaya çıkan 0,085 ppm doz düzeyinin ise çalışmamız bulgularındaki doz düzeyi ile uyuşmadığı görülmektedir.

Çinko için subletal doz düzeyine yapılan deney sürecinde bu doz 180 gün sonunda 2 ppm olarak belirlenmiş; bireylerin kas dokularındaki çinko birikimi ise incelendiğinde 482 ppm olarak saptanmıştır.

Bulut ve arkadaşlarının (2013) gümüş balığı üzerine çinkonun akut toksisite etkisini araştırdığı çalışmasında 6 saatlik süreçte LD₅₀ düzeyini 8.102 ppm olarak belirtirken 25 saatlik süreç için bu düzeyi 1.768 ppm olarak belirtmiştir. Çalışmada balıkların bulunduğu ortam derişimleri de ayrıca çalışmamızda düzenlenen derişimlerden oldukça yüksek gözükmektedir. Deneklerin bulundukları ortam derişimlerinin çalışmamız ortam derişimlerinden fazla olmasına rağmen elde edilen subletal doz düzeyleri 6 saatlik veriler için uyum göstermezken, 24 saatlik süreç için ise yaklaşık bir benzerlik göstermektedir.

Yeşilbudak (2009) çalışmasında ise araştırma materyali olan balık türlerinin kas dokusundaki birikimlerini de 30 gün sonunda 0,04 olarak kaydetmiştir. Bu sonuç bizim çalışmamızdaki bulgularla uyum göstermemekte olup sonuçlarımızın çok altında gözükmektedir.

Tunçsoy (2011) çalışmasında ise Yeşilbudak'ın 2009 yılında çalıştığı türlerden biri ile çalışmış ortamdaki çinko derişimini de 5 ppm olarak ayarlamıştır. Çalışması sonucunda 96 saatlik süresonunda balığın kas dokusundaki çinko birikimini ise 51,82 olarak saptamıştır. Çalışmamız araştırma materyali olan *Unio pictorum*' un kas dokusundaki birikim düzeyleri ile bu çalışmaların sonuçlarının uyum göstermediği, çalışmalara ait bulguların, çalışmamız sonuçlarından çok aşağıda seyrettiği görülmektedir.

Unio pictorum' un kas dokusunda kadmiyum limit değerlerin altında sadece Ağustos ayında, hepatopankreas dokusunda ise Haziran-Ağustos arasındaki dönemde olduğu dikkati çekmektedir. Bakır ise kas dokusundan daha ziyade hepatopankreas dokusunda

birikmiş görünmektedir. Kurşun birikimi ise iki yapıda da birbirine paralel bir şekilde seyrederken kas dokusunda en fazla Aralık (kış) ayında, hepatopankreas dokusunda ise ocak (kış) ayında birikim gösterdikleri görülmüştür. Bütün mevsimlerde en fazla birikimi gösteren çinkonun birikimi de yine iki yapı için birbiri ile ilişkili görünmekte olup kas dokusunda en fazla Ocak (kış) ayında, hepatopankreas dokusunda en fazla Temmuz (Yaz) birikmiş görülmüştür.

Sonuç olarak, bizim incelediğimiz ağır metallerden, *Unio pictorum*’ un kas dokusunda en fazla birikim gösteren çinkodur ve çinkonun pik yaptığı dönemde kış mevsimine denk gelmiştir. Kas dokusunda kışın ağır metal birikimleri çinko>bakır>kadmiyum>kurşun şeklinde olurken hepatopankreas dokusunda çinko>bakır>kurşun>kadmiyum şeklinde olduğu görülmüştür. Ayrıca hepatopankreas dokusundaki birikimin sıralamasının benzerinin sedimentteki birikimde de gerçekleştiği ancak dönemin kış yerine yaz mevsimi olduğu görülmüştür. Göl suyunda iki mevsim artış gösteren üç elementin sıralaması ilkbahar için çinko>bakır>kurşun olurken bu sıralama kış için Başak ve Alagha (2010)’nın çalışmalarındaki gibi bakır>çinko>kurşun>kadmiyum şeklinde olmuştur.

Büyükçekmece Gölü’nde yürüttüğümüz çalışmanın sonucunda göldeki *Unio pictorum* türü üzerindeki ağır metal etkisinin nedenlerini tamamen antropojenik etkilere bağlamak mümkündür. Ancak atmosferik hareketlerin (Yağmur rejimi, rüzgar, ve atmosferik çökeltme) antropojenik etkinin göle taşınmasında yardımcı unsurlar olarak görev yaptıkları saptanmıştır. Bu durumun izahı yukarıda grafiklere bağlı olarak yapılmış olsa da Kovada gölü, Van gölü gibi çevresinde yerleşimin daha az olduğu bölgelerdeki benzer ağır metal çalışmalarında yıllık ağır metal oranlarının dalgalanma periyotlarının bizim çalışmalarımızla benzerlik gösteriyor olmasına rağmen, buralardaki ağır metal miktarlarının azlığı Büyük çekmece gölündeki antropojenik etkinin bir kanıtıdır.

LD₅₀ deneyleri ile ilgili miktarlara ve deney sürelerine bakıldığında *Unio pictorum*’ un ağır metal artışı na toleransının çok yüksek olduğu görülmüştür. Ağır metal birikiminden doğan asıl tehlike türün kendisi için değil, türün yer aldığı besin piramidindeki diğer canlılar için olduğu bu deneylerle gösterilmiştir. Türün ağır metal araştırmaları için iyi bir model olduğu, fakat iyi bir indikatör olmadığı gene bu deneylerin sonucunda saptanan diğer bir çıkarımdır.

Ayrıca, ağır metal akümülayon yeteneğine bakıldığında içme suyu temizliğinde *Unio pictorum*'un, İçme suyu temizliği için kurulan havuzlardaki filtrasyon için uygun bir biyolojik materyal olduğu görülmüştür.



KAYNAKLAR

- Acara, A., Gözenalp, F., 1959. The northern lagoons of the sea of Marmara, *Proc. Gen. Fish. Coun. Medit.* 5:235-239.
- Akın, M., Akın, G., 2007. Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47, 2, 105-118.
- Aktan, Y., Aykulu, G., Okgerman, H., Akçaalan, R., Dorak, Z., Gürevin, C., 2007, Büyükçekmece Gölü’nde aşırı artış gösteren fitoplankterlerin gelişimini kontrol eden faktörler. *XIV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, Muğla Üniversitesi
- Akyurt, İ., Erdoğan, O., 1993, Karasu ve Müceldi derelerinden toplanan tatlı su midyelerinin (*Unio sp*) bazı bioekolojik özellikleri ve et verimlerinin incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 24(2), 98-107.
- 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.
- Altuğ, G., Güler, N., 2004, İstanbul ve Çanakkale Boğazı ile Karadeniz kıyısında (Türkiye) bazı organizma ve deniz suyu örneklerinde ağır metal düzeyleri. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 17:47-55.
- Altuğ, G., Koşal, S., 2007, The levels of indicator and pathogen bacteria in mollusk *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) and surface water. *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 38, 342.
- Altun, Z., 2011, *Büyükçekmece Gölü’nün mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik düzeyinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 258s.
- Atabeyoğlu, K., Atamanalp, M., 2010, Yumuşakçalarda (Molluska) yapılan ağır metal çalışmaları. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*. 5(1):35-42.
- Atasayar, Z., 2011, *Zebra Balığında (Danio rerio) Proksiredoksin 6 geni rs41055489 polimorfizminin antioksidatif göstergeler ve ağır metal düzeyleri ile ilişkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 107s.
- Atatür, M.K., Budak, A., Göçmen, B., 2013. *Omurgasızlar biyolojisi*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No.187 (5. Baskı), Bornova-İzmir, 503s.
- Ayan, H., 2013, *Büyükçekmece Gölü’ndeki bazı ağır metallerin Astacus leptodactylus (Eschscholtz, 1823)’ta mevsimsel olarak izlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 72s.

- Bacak, E., 2012, *İstanbul Büyükçekmece Gölü avifaunası üzerine araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 128s.
- Balkıs, N., Çağatay, M.N., 2001, Factors controlling metal distributions in the surface sediments of Erdek Bay, Sea of Marmara, Turkey. *Environment International*, 27, 1-13.
- Balkıs, N., 2003, Seasonal variations in the phytoplankton and nutrient dynamics in the nreitic water of Büyükçekmece Bay, Sea of Marmara, *Journal of Plankton Research*, 25(7), 703-717.
- Balkıs, N., 2004, Tintinnids (Protozoa:Ciliophora) of the Büyükçekmece Bay in the Sea of Marmara. *Sci, Mar.*, 68(1):33-44.
- Balkıs, N., Aksu, A., Okuş, E., Apak, R., 2010, Heavy metal concentrations in water, suspended matter, and sediment from Gökova Bay, Turkey. *Environ. Monit. Assess.*, 167, 1-4 (2010): 359-370.
- Balkıs, N., Aksu, A., 2012, Batı Karadeniz Şelfi'nde suda, midyede ve yüzey sedimentlerinde metal kirliliği. *Ekoloji*. 21,82, 56-64.
- Balkıs, N., Aktan, Y., Balkıs, N., 2012, Toxic metal (Pb, Cd and Hg) levels in the nearshore surface sediments from the European and Anotolian Shores of Bosphorus, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 1938-1939
- Balkıs, N., Aksu, A., Hiçsönmez, H., 2013, Pollution monitoring using *Mytilus galloprovincialis* and fishes: A case study on the Southern Black Sea Shelf. *Asian Journal of Chemistry*. 25(1), 450-454.
- Baş, A.L., Demet, Ö., 1992, Çevresel toksikoloji yönünden bazı ağır metaller. *Ekoloji*. Ekim-Kasım-Aralık, 5, 42-46.
- Başak, B., Alagha, O., 2004, The chemical composition of rainwater over Büyükçekmece Lake, Istanbul, *Atmospheric Research*, 71: 275-288.
- Başak, B., Alagha, O., 2010, Trace metals solubility in rainwater: evaluation of rainwater quality at a watershed area , Istanbul, *Environ. Monit. Assess.*, (2010), 167:493-503.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M., Öztürk, M., 1999, Copper, zinc, lead and cadmium concentrations in the Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* Laöarck, 18189 from the Sinop coast of the Black Sea. *Tr. J. of Zoology*. 23:321-326.
- Bayçu, G., 2004, *Çevre kirlenmesi ders notları*. İstanbul Üniversitesi.
- Boğa, A., 2007, Ağır metallerin özellikleri ve etki yolları. *Arşiv*, 16:218.
- Bulut, C. , Çetinkaya, O., Kubilay, A., Akçimen, U., Ceylan, M., 2013, Çinkonun (Zn^{+2}) gümüş balığı (*Atherina boyeri*, Risso, 1810) üzerine akut toksisitesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 32-38.

- Büyükurgancı, N., 2011, *Gemlik Körfezinden avlanan ekonomik balık türlerinde ağır metal birikiminin tespiti*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 96s.
- Cirik, S., Cirik, Ş., 2005, *Limnoloji (Ders Kitabı)*, Ege Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi Yayınları No:21, Bornova-İzmir, 166s.
- Çavuşoğlu, K., Gündoğan, Y., Arıca, Ş. Ç., Kırındı, T., 2007, *Mytilus* sp (midye) *gammarrus* sp (nehir tırnağı) ve *cladophora* sp (yeşil alg) örnekleri kullanılarak Kızılırmak nehrindeki ağır metal kirliliğinin araştırılması. *BAÜ FBE Dergisi*, 9(1):52-60.
- Çoban, B., Balkıs, N., Aksu, A., 2009, Heavy metal levels in sea water and sediments of Zonguldak, Turkey. *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 15:23-32.
- Donauauen national park, 2015, Freshwater Mussel, *Unio* sp., <http://www.donauauen.at/nature/fauna/molluscs/freshwater-mussel/17797>, [ziyaret tarihi: 16 Ocak 2015]
- Duran, S., 2011, *Bakır (Cu), çinko (Zn), kadmiyum (Cd) ve karışımlarının Oreochromis niloticus'ta bazı hematolojik parametreler üzerine etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 37s.
- Egemen, Ö., Sunlu, U., 2003, *Su kalitesi*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın No:14 (IV.Baskı), Bornova-İzmir, 148s.
- Egemen, Ö., 2006, *Çevre ve su kirliliği*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:42 (4.Baskı), Bornova-İzmir, 120s.
- Erdilal, R., Şahin, S.K., Yavuz, H.G., 2007, Comparison of the flesh yields and chemical compositions of two freshwater clam species (*Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) and *Anadonta cygnea*). *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23:9-15.
- Ergönül, M. B., Altındağ, A., 2011, Çinko ve bakırın kadife balığı (*Tinca tinca* L., 1758) için akut toksisitesinin belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*. 14, (3), 19-24.
- Geldiay, R., Balık, S., 2007. *Türkiye tatlısu balıkları*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fak.Yayın No: 46 (V.Baskı) İzmir 644s.
- Ghasemi, S., Zakaria, M., Mola Haveizeh, N., 2011, Abundance of molluscs(gastropods) at mangrove forests of Iran. *Journal of American Science*. 7(1), 660-669.
- Graf, D., Cummings, K. S., 2007, Review of the systematics and global diversity of freshwater mussel species (Bivalvia:Unionoidea), *Journal of Molluscan Studies*, 73:291-314.
- Gökmen, S., Kubanç, N., Kubanç, C. ve Sönmezoğlu, Ö. A., 2007, *Genel ekoloji*, Nobel Yayın, Nobel Basımevi, 978-9944-77-170-2.

- Guyer, G. T., İlhan, E. G., 2011, Assessment of pollution profile in Büyükçekmece Watershed, Turkey, *Environ. Monit. Assess.*, 173: 211-220.
- Güldür, S., 2011, *İstanbul Boğazı'ndan avlanan Akdeniz midyesi'nden (Mytilus galloprovincialis) izole edilen bakterilerin ağır metal dirençliliklerinin tespiti*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 66s.
- Güleçal, Y., Temel, M., 2014, Water quality and phytoplankton diversity in Büyükçekmece watershed, Turkey. *Journal of Water Resource and Protection*, 6, 55-61.
- Güner, U., 2005, *Bakır-Kadmiyum etkileşiminde Astacus leptodactylus hepatopankreas, karapaks, solungaç ve kas dokularında metal birikimi ve eliminasyonu*. Doktora tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 90s.
- Iamistanbultv, 2015, İstanbul'daki göller ve barajlar hakkında genel bilgi (online), <http://www.iamistanbul.tv/haber/istanbuldaki-goller-ve-barajlar.html>, [ziyaret tarihi: 26 Şubat 2015]
- İlhan, E.G., 2009, *Determination and assessment of pollution which affects Büyükçekmece Lake and its watershed*, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 73s.
- Kantor, Y. I., Schileiko, A. A., Vınarski, M.V., Sysoev, A. V. , 2009, Catalogue of the continental mollusks of Russia and Adjacent Territories, Russian Malacological Journal, version 1.0. http://www.ruthenica.com/documents/Continental_Russian_molluscs_ver1-0, [Ziyaret Tarihi: 26 Şubat 2015].
- Kara, C., 2004, Gavur Gölü (Kahramanmaraş)' nde yaşamış olan *Unio pictorum* (L., 1758)'un bazı biyolojik özellikleri. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*. 7(2), 9-12.
- Karaca, F., 2005, *Büyükçekmece bölgesine taşınan aerosollerdeki metal konsantrasyonlarının incelenmesi ve modellenmesi*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 128s.
- Karaca, F., Alagha, O., Elçi, E., Ertürk, F., Yılmaz, Y.Z., Özkara, T., 2006, Büyükçekmece Gölü havzasında havanın PM_{2.5}, ve PM_{2.5-10} gruplarında krom değişimleri. *Ekoloji*, 15, 61, 16-21.
- Karakoyun, İ., 2015, *Biyolojik materyalde ağır metal ve eser element analizi (online)*, <http://slideplayer.biz.tr/slide/2599778/>, [Ziyaret tarihi: 26 Şubat 2015].
- Kayhan, F. E., 2004, İstanbul Ömerli Baraj Gölü doğal su kalitesinin fiziksel ve kimyasal parametrelerinin incelenmesi ve biyoverimliliğe etkisi. *Kırsal Çevre Yıllığı*, 110-121.
- Kayhan, F. E., 2006, Su ürünlerinde kadmiyumun biyobirikimi ve toksisitesi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*. 23, (1-2), 215-220.

- Kayhan, F.E., Balkıs, N., Aksu, A., 2006, İstanbul balık halinden alınan Akdeniz Mideylerinden (*Mytilus galloprovincialis*) arsenik düzeyleri. *Ekoloji*. 15,61, 1-5.
- Kayhan, F. E., Gulsoy, N., Balkıs, N., Yüce, R., 2007, Cadmium (Cd) and lead (Pb) Levels of Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) from Bosphorus, Istanbul, Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10 (6):915-919.
- Kayhan, F. E., Muşlu, M. N., Koç, N. D., 2009, Bazı ağır metallerin sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıtlar. *Journal of Fisheries Sciences*. 3(2),153-162.
- Kayhan, F., 2013, *Çevre toksikoloji Ders Notları, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kılıç, Ö., Belivermiş, M., 2013, Spatial and seasonal distribution of trace metal concentrations in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) and sediment of Bosphorus and Golden Horn. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*. 91:402-408.
- Kır, İ., Tekin Özcan, S., Tuncay, Y., 2007, Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*. 24 (1-2):155-158.
- Kosswig, C. and Battalgil, F., 1942. Zoogeographie der Türkischen Süßwasserfische, *İ.Ü. Fen Fak. Mec.*, B,7,3, 145-165.
- Kraak, M.H.S., Wink, Y.A., Stuijzand, S.C., Buckert-de jong, M.C., Groot, C.J.de, Admiraal, W., 1994, Chronic ecotoxicity of Zn and Pb to the Zebra Mussel *Dreissena polymorpha*. *Aquatic toxicology*, 30(1994), 77-89.
- Kurun, A., Balkıs, H., Balkıs, N., 2007, Accumulations of total metal in dominant shrimp species (*Palaemon adspersus*, *Palaemon serratus*, *Parapenaeus longirostris*) and bottom surface sediments obtained from the Northern Inner Shelf of the Sea of Marmara. *Environ. Monit. Assess.*, 135:353-367.
- Kurun, A., Balkıs, N., Erkan, M., Balkıs, H., Aksu, A., Erşan, M.S., (2010). Total metal levels in crayfish *Astacus leptodactylus* (Escholtz, 1823), and surface sediments in Lake Terkos, Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 169,385-395.
- Külköylüoğlu, O., Altınsaçlı, S., Kılıç, M., Kubanç, C., 1995, Büyükçekmece Gölü'nün (İstanbul) Ostracoda (Crustacea) faunası ve mevsimsel dağılımı., *Tr. J. of Zoology*, 19, 249-256.
- Lenntech, 2015a, *WHO/EU drinking water standards comparative table*, <http://www.lenntech.com/who-eu-water-standards.htm>, [Ziyaret tarihi: 26 Şubat 2015].
- Lenntech, 2015b, *WHO's drinking water standards 1993*, <http://www.lenntech.com/applications/drinking/standards/who-s-drinking-water-standards.htm>, [Ziyaret tarihi: 26 Şubat 2015].

- Lifeunio, 2015, Anatomy of freshwater mussel *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758)(online), <http://www.unio.lu/freshwater-mussel/biology/anatomy>, [ziyaret tarihi: 16Ocak 2015]
- Meriç, N., 1980. The Biology and taxonomy of *Clupeonella* Kesler, 1877 (*Clupeonella*, Pisces) in Küçükçekmece Lake, Turkey, *İstanbul Üniv. Fen Fak. Mec.*, B, 45, 63-82.
- Meriç, N., 1986. Fishes encountered in Büyükçekmece Lake, İstanbul. *İstanbul Üniv.Fen Fak. Mec.* B, 51, 41-46.
- Meriç, N., 1992. Büyükçekmece Baraj Gölü balıkları üzerine bir ön çalışma. *Fırat Üniv. XI. Ulusal Biyoloji Kongresi, Hidrobiyoloji*, Elazığ, 167-174.
- Mısırlıoğlu, M., 2011, *Omurgasız hayvanlar laboratuvar kılavuzu*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Biyoloji Bölümü, Nobel Yayın Dağıtım, 73s.
- Nordsieck, R., 2015, The living world of Molluscs (online bilgi), <http://www.molluscs.at/bivalvia/index.html?bivalvia/naiads.html>, [ziyaret tarihi: 16 Ocak, 2015]
- Ninni, E., 1923. *Primo contributo allo studio dei pesci e della pesca nelle acque dell'Impero Ottomano*, 5, Premiate Officine Grafiche Carlo Ferrari, Venezia
- Okgerman, H., Dorak, Z., Gürevin, C., Aktan, Y., 2007. Büyükçekmece Gölü zooplanktonu ve bunu etkileyen çevresel faktörler. *XIV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, Muğla Üniversitesi
- Okumuş, E., 2007, *Küçükçekmece Gölü sedimentinde ağır metal (Zn^{+2} , Fe^{+2} , Cu^{+2}) Adsorpsiyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 93s.
- Okuş, E., Balkıs, N., Müftüoğlu, E., Aksu, A., 2007, Metal (Pb, Cd and Hg) inputs via, the rivers to the Southern Marmara Sea Shelf, Turkey. *J. Black Sea/ Mediterranean Environment*, 13:35-38.
- Özuluğ, M., 1999. A taxonomic study on the fish in the basin of Büyükçekmece Dam Lake. *Tr. J. of Zoology* 23, 439–451.
- Pechenik, J.A, 2013, *Omurgasızlar biyolojisi*, Altıncı Basımdan Çeviri, Çeviri Ed. Sözen, M., Kandemir, İ., Hasbenli A., Matur, F., Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 606s.
- Permoakdeniz, 2015, *İçme suyunda ölçümü yapılan parametreler ve içme suyu Standardı* (Online), <http://www.permoakdeniz.com/icme-suyu-standardi.html> [Ziyaret tarihi:26 Şubat 2015]
- Saç, G., 2010, *Büyükçekmece Baraj Gölü'ndeki İsrail Sazanı *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)' nun büyümesi ve üremesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 69s.

- Saç, G., 2012, Büyükçekmece Rezervuarı (İstanbul)'nda yaşayan *Clupeonella cultrivensis* (Nordmann, 1840)'ın bazı biyolojik özellikleri. İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 27: 23-33.
- Sağlamtimur, B., Cicik, B., Erdem, C., 2004, Kısa süreli bakır-kadmiyum etkileşiminde tatlı su çipurası (*Oreochromis niloticus* L. 1758)'nın karaciğer, böbrek, solungaç ve kas dokularındaki kadmiyum birikimi. *Ekoloji*, 14, 53, 33-38.
- Saha, P.K., Hossain, M.D., 2011, Assesment of heavy metal contamination and sediment qualityin the Buriganga River, Bangladesh. *20112nd International Conference on Environmental Science and Technology*, IPCBEE vol.6, (2011), IACSIT Press, Singapore.
- Şahin, S. K., 2006. *Büyükçekmece Gölü (İstanbul) bentik makroorganizmalarının nitel ve nicel dağılımları*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 73s
- Şahin, S. K., 2013, Aşağı Sakarya Nehri (Karasu) Mollusca türleri ve onları etkileyen bazı fizikokimyasallar. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 11-19.
- Şener, Ş., 2010, Ağır metallerin çevresel etkileri. *SDUGE*. (online www.geo.sdu.edu.tr). ISSN1309-6656, sayı 3, 33-36.
- Tayanç, M., 2000 An Assessment of spatial and temporal variation of sulfur dioxide levels over İstanbul, Turkey, *Environmental Pollution*, 107, 61-69.
- Taylan, Z. S., Özkoç, H. B., 2007, Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. *BAÜ FBE Dergisi*. Cilt 9, Sayı 2, 17-33.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004, Su kirliliğinin kontrolü yönetmeliği, Yayımlı tarihi:31. 12.2004, Resmi Gazte no: 25687, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Temel, M., 2002. The Phytoplankton of Lake Büyükçekmece, İstanbul, Turkey. *Pak. J. Bot.*, 34 (1): 81-92.
- Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, ç. Yılmaz, Y.Z., 2004, Heavy metal levels in biota and sedimentsin the Northern Coast of the Marmara Sea. *Environ. Monit. Asssess.* 96:183-189.
- Tuncay, Y., 2007, *Kovada Gölü'nde yaşayan ıstakozlarda (Astacus leptodactylus Escholtz, 1823) ağır metal birikiminin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 41s.
- Tunçsoy, M., 2011, *Bakır, Çinko ve Kadmiyumun tek başlarına ve karışımlarının etkisinde Oreochromis niloticus'un karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 39s.

- Türkiye çevre atlası, 2012, Su, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, http://ahmetsaltik.net/arsiv/2012/06/Turkiye_Cevre_Atlasi_Cevre_Bakanligi.pdf [Ziyaret tarihi: 26 Şubat 2015]
- Türkmen, M., Tepe, Y., Çalışkan, E., Ciminli, C., 2005, Amik Havzası, Gölbaşı Gölü'nden İki Farklı Midye Türünün (*Unio terminalis* ve *Potamida littoralis*) Dokularında Ağır Metal Birikimi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*. Cilt 3, Sayı 4, 17-19.
- Türkmen, M., Ciminli, C., 2007, Determination of metals in fish nad mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *Food Chemistry*, 103, 670-675.
- Uyak, V., Toroz, İ., 2007, Investigation of Bromide ion effects on disinfection by-products formation and speciation in an Istanbul water supply. *Journal of Hazardous Materials*, 149, 445-451.
- Ünlü, S., Topçuoğlu, S., Alpar, B., Kırbaşoğlu, Ç., Yılma, Y.Z., 2008, Heavy metal pollution in surface sediment and mussel samples in the Gulf of Gemlik. *Environ. Monit. Assess.* 144:169-178.
- Van damme, D. 2011. *Unio pictorum*. The IUCN Red list of threatened species. Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. [ziyaret tarihi:16 Ocak 2015].
- Wikipedia, 2015a, Durusu (Terkos) Gölü hakkında genel bilgi (online), http://tr.wikipedia.org/wiki/Durusu_G%C3%B6lü, [ziyaret tarihi: 26 Şubat 2015.]
- Wikipedia, 2015b, Küçükçekmece Gölü hakkında genel bilgi (online), http://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCk%C3%A7k%C3%A7mece_G%C3%B6lü, [ziyaret tarihi: 26 Şubat 2015]
- Wikipedia, 2015c, Büyükçekmece Gölü hakkında genel bilgi (online), http://tr.wikipedia.org/wiki/B%C3%BCy%C3%BCk%C3%A7mece_G%C3%B6lü, [ziyaret tarihi: 26 Şubat 2015]
- Wikipedia, 2015d, Palaeoheterodonta hakkında genel bilgiler (online), <http://en.wikipedia.org/wiki/Palaeoheterodonta>, [ziyaret tarihi: 26 Şubat 2015]
- Wikipedia, 2015e, Kadmiyum hakkında genel bilgiler (online), <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kadmiyum>, [Ziyaret tarihi: 26 Şubat 2015]
- Wikipedia, 2015f, Çinko hakkında genel bilgiler (online), <http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87inko>, [Ziyaret tarihi:26 Şubat 2015]
- Yalçın, M., 2006, *Tatlı su midyesi (Unio pictorum, Linnaeus, 1758)'nin büyüme, kondisyon ve biyokimyasal parametreleri üzerine çevresel faktörlerin etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 59s.

- Yarsan, E., Bilgili, A., Türel, İ., 2000, Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus* Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. *Turk. Vet. Anim. Sci.* 24, 93-96.
- Yeşilbudak, B., 2009, *Cyprinus carpio* ve *Oreochromis niloticus*'un solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında çinko ve kadmiyum birikimi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 35s.
- Yıldız, N., Yener, N., 2010, Van Gölü'nde sediment birikim hızı, radyoaktif ve ağır metal kirliliğinin tarihlemesi. *Ekoloji*. 19, 77, 80-87.
- Yılmaz, Ö., 2011, *Dipsiz-Çine Çayı (Muğla, Aydın)'ndan alınan su , sediment ve Unio crassus (Bivalvia: Unionidae) örneklerinde ağır metal miktarlarının araştırılması.* Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 113s.
- Yücel, E., Doğan, F., Öztürk, M., 1995, Porsuk Çayında ağır metal kirlilik düzeyleri ve halk sağlığı ilişkisi. *Ekoloji Dergisi*. Ekim- Kasım- Aralık, Sayı: 17, 29-32.
- Yüzereroğlu, T. A., 2011, *Oreochromis niloticus*'ta bakır, kadmiyum ve bakır-kadmiyum etkileşiminde metallerin doku ve organlarda birikimi, eliminasyonu ve antioksidant enzim aktivitelerine etkileri, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 169s.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Gökçe İrem DEMİRCİ DEMİRBAŞ
Uyruğu	T. C.
Doğum tarihi, Yeri	09.07.1983/BEYOĞLU
Telefon	+90 555 332 59 00
E-mail	demirci.gokce.irem@gmail.com

Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Doktora	İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü/ Biyoloji Anabilim Dalı/ Zooloji Programı	2009-2016
Yüksek Lisans	İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü/ Biyoloji Anabilim Dalı/ Zooloji Programı	2005-2009
Lisans	İ. Ü. Fen Fakültesi/ Biyoloji Bölümü	2001-2005
Lise	İSTEK VAKFI Özel Atanur Oğuz Lisesi	1994-2001