

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

**SAPANCA GÖLÜ'NDE BULUNAN BİYOİNDİKATÖR
SU KUŞLARINDA AĞIR METAL ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyolog Pınar ALPAT

Enstitü Anabilim Dalı : BİYOLOJİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ali UZUN

Haziran 2009

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAPANCA GÖLÜ'NDE BULUNAN BİYOİNDİKATÖR
SU KUŞLARINDA AĞIR METAL ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyolog Pınar ALPAT

Enstitü Anabilim Dalı : BİYOLOJİ

Bu tez 12 / 06 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Recep İLERİ
Jüri Başkanı

Yrd. Doç. Dr. Kenan TUNÇ
Üye

Yrd. Doç. Dr. Ali UZUN
Üye

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarımı yönlendiren, araőtırmalarımın her aőamasında yardımlarını esirgemeyen danıőman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali UZUN'a en içten teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmalarım sırasında yardımını aldığım Sayın Doç. Dr. Zafer AYAŞ'a ve Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ÇELİKKAN'a teşekkür ederim.

Analizlerimi oluőtırmada bana maddi- manevi yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Salim ÖNCEL'e, Araştırma Görevlisi Elif ŐENTÜRK'e ve Serdar Pir'e teőekkürü bir borç bilirim.

Arazi çalıőmalarım sırasında bana destek olan Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları'nda çalıőan Süleyman Akar'a çok teşekkür ederim.

Araőtırmamın her aőamasında yanımda olan benden ilgi ve desteklerini esirgemeyen başta babam olmak üzere canım aileme en içten teőekkürlerimi sunarım.

Pınar ALPAT

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
GENEL BİLGİLER.....	9
2.1. Araştırma Sahasının Genel Özellikleri.....	9
2.2. Ağır Metaller.....	11
2.2.1. Kurşun.....	12
2.2.2. Kadmiyum.....	13
2.2.3. Krom.....	14
2.2.4. Nikel.....	14
2.2.5. Civa.....	14
2.3. Doku Örneklerinin Alındığı Kuş Türleri.....	15
2.3.1. Sakarmeke (<i>Fulica atra</i>).....	15
2.3.2. Tepeli batağan (<i>Podiceps cristatus</i>).....	16
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOD	18

3.1. Sapanca Gölü'nde Su, Sediment ve Toprak Örneklerinin Alındığı İstasyonların Seçimi.....	18
3.2. Sapanca Gölü'nde Ağır Metal Analizi Yapılan Organizmaların Seçimi.....	20
3.3. Su, Sediment ve Toprak Örneklerinin Alınması.....	20
3.3.1. Su örneklerinin alınması.....	20
3.3.2. Sediment örneklerinin alınması.....	20
3.3.3. Toprak örneklerinin alınması.....	20
3.4. Balık Örneklerinin Toplanması	21
3.5. Su Kuşlarının Elde Edilmesi.....	21
3.6. Su Kuşlarına Ait Yumurta Kabuklarının Elde Edilmesi.....	22
3.7. Ağır Metal Analizleri.....	22
3.7.1. Su örneklerinin ağır metal analizleri.....	23
3.7.2. Sediment ve toprak örneklerinin ağır metal analizleri	23
3.7.3. Balık ve su kuşlarına ait dokularda ağır metal analizleri.....	24
3.7.4. Yumurta kabuklarında ağır metal analizleri.....	24
BÖLÜM 4.	
BULGULAR.....	26
4.1. Su Örneklerinde Ağır Metal Birikimi Sonuçları	26
4.2. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Birikimi Sonuçları.....	26
4.3. Toprak Örneklerinde Ağır Metal Birikimi Sonuçları.....	28
4.4. Balık Örneklerinde Ağır Metal Birikimi Sonuçları.....	29
4.5. Biyoindikatör Su Kuşlarındaki Ağır Metal Birikimi Sonuçları.....	29
4.6. Ağır Metal Birikimlerinin Buldukları Ortam, Organizma ve Dokulara Göre Karşılaştırılması.....	32
4.6.1. Kurşun.....	32
4.6.2. Kadmiyum.....	33
4.6.3. Krom.....	33
4.6.4. Nikel.....	33
4.6.5. Civa.....	34

BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	37
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

km	: Kilometre
km ²	: Kilometrekare
cm ³	: Santimetreküp
cm	: Santimetre
ml	: Mililitre
mg	: Miligram
µg/g	: Mikrogram/gram
mg/l	: Miligram/litre
HNO ₃	: Nitrik Asit
HCl	: Hidroklorik Asit
AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
ppm	: Parts per million
min	: Minimum
max	: Maksimum
Pb	: Kurşun
Cd	: Kadmiyum
Cr	: Krom
Ni	: Nikel
Hg	: Civa
Ort	: Ortalama
Kc	: Karaciğer

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Ekosistemin temel besin zincirindeki beslenme düzeylerinde enerji akışı.....	3
Şekil 2.1.	Sakarmeke (<i>Fulica atra</i>).....	16
Şekil 2.2.	Tepeli Batağan (<i>Podiceps cristatus</i>).....	17
Şekil 3.1.	Sapanca Gölü'nün coğrafik konumu ve örneklerin alındığı istasyonlar	19
Şekil 3.2.	Çalışmalar sırasında AAS 'de yapılan ölçümler.....	23
Şekil 4.1.	Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında ortam, organizma ve dokularda tespit edilen Pb birikimi	34
Şekil 4.2.	Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında ortam, organizma ve dokularda tespit edilen Cd birikimi	35
Şekil 4.3.	Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında ortam, organizma ve dokularda tespit edilen Cr birikimi.....	35
Şekil 4.4.	Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında ortam, organizma ve dokularda tespit edilen Ni birikimi.....	36
Şekil 4.5.	Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında ortam, organizma ve dokularda tespit edilen Hg birikimi.....	36

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Sapanca Gölü' nün önemli dereleri.....	10
Tablo 3.1.	Sapanca Gölünde su, toprak ve sediment örneklerinin alındığı istasyonlar ve seçilme nedenleri.....	18
Tablo 3.2	Sapanca Gölü'nde ağır metal analizi yapılacak olan su kuşları ile balık türleri ve beslenme şekilleri.....	22
Tablo 3.3.	Sediment, toprak ve yumurta kabuğu örneklerinin mikrodalga çözme sistemine göre uygun sıcaklık ve zaman programı.....	24
Tablo 3.4.	Balık ve Su Kuşları Dokularının Mikrodalga Çözme Sistemine Göre Uygun Sıcaklık ve Zaman Programı.....	24
Tablo 4.1.	Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında beş istasyona ait su örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal miktarları.....	27
Tablo 4.2.	Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında beş istasyona ait sediment örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal miktarları	27
Tablo 4.3.	Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında beş istasyona ait toprak örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal miktarları	28
Tablo 4.4.	Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında toplanan balıkların kas, karaciğer doku örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal miktarları	30
Tablo 4.5.	Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında toplanan su kuşlarının kas, karaciğer doku ve yumurta kabuklarında tespit edilen ortalama ağır metal miktarları.....	31

ÖZET

Anahtar kelimeler: Ağır metaller, Kirlilik, Biyoindikatör

Bu çalışmada Nisan 2008- Şubat 2009 tarihleri arasında Sapanca Gölü'ndeki kirlenici etkisi olan ağır metallerin su, toprak, sediment, balık ve su kuşlarındaki etkileri araştırılmıştır.

Nisan 2008 - Şubat 2009 tarihleri arasında yapılan gözlemlere dayanılarak gölde bulunan kuş türlerinden sakarmeke (*Fulica atra*) ve tepeli batağan (*Podiceps cristatus*) birikim ve ekotoksikolojik araştırmalar için biyoindikatör olarak seçilmişlerdir.

Sakarya havzası için oldukça önemli bir sulak alan olan Sapanca Gölü ekosisteminin Hg, Pb, Ni, Cd ve Cr konsantrasyonlarının belirlenmesi çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

Daha önce toprak, su, sediment ve balıklarda ağır metal analizleri yapılmıştır. Ancak bu çalışmalar da bir besin zinciri oluşturularak analiz yapılmamıştır. Gölde sonbahar, kış, ilkbahar, yaz ayları içerisinde farklı istasyonlardan su, toprak, sediment ve canlı doku örnekleri (kuşlarda karaciğer, kas ve yumurta kabuğu, balıklarda kas ve karaciğer) elde edilerek laboratuvar ortamında ön muameleden sonra atomik absorpsiyon spektrofotometresinde analiz edilmiştir. Elde edilen verilere göre Sapanca Gölü'ne ait kirliliğin canlı gruplarına etki düzeyi ortaya çıkarılmıştır.

HEAVY METAL ANALYSES OF THE BIOINDICATOR WATER BIRDS OF SAPANCA LAKE

SUMMARY

Key Words: Heavy metals, Pollution, Bioindicator

In this manner has been studied the effect of heavy metals pollution on water, lands, sediments, fishes and water birds of Sapanca Lake during the period of April 2008 to February 2009.

Regarding to our observations of species of Sapanca Lake, the *Fulica atra* and *Podiceps cristatus*, has been chosen as a bioindicator for accumulation and ecotoxicologic investigations during the period of April 2008-February 2009.

The main aim of our studies is to find out the concentration of Hg, Pb, Ni, Cd, Cr in the ecosystem of Sapanca Lake, which is a huge important watery area for Sakarya reservoir.

It has been analyzed in prior time for heavy metal an on lands, water, sediments and fishes. But it has not been analyzed for a nutriment chain.

It has been analyzed via atomic absorbent spectrofotometer after probargain getting active samples of those (liver, muscle and egg cortex of birds, the muscles and liver of fishes) during the fall, winter, spring and summer.

It has been clarified the effecton on living creatures of Sapanca Lake in according to the data of our works.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Çevre kirliliğinde önemli bir yere sahip olan kimyasallar ve bu kimyasalların sucul ekosisteme etkileri birçok tür için yaşam alanlarının kısıtlanmasına yol açmaktadır. Bu tip kirleticiler sulak alanlarda daha çok birikerek türlerin beslenme ve üreme kalitelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Meydana gelen bu kirlilik, sucul ekosistemin biyolojik bütünlüğünü olumsuz yönde etkileyerek, sucul ortamda yaşayan organizmaların ve bu organizmaları tüketen insanların sağlığı üzerinde önemli bir risk oluşturmaktadır [1].

Sahip olduğu biyolojik çeşitlilik nedeniyle dünyanın doğal zenginlik müzeleri olarak kabul edilen sulak alanlar yeryüzünün en önemli ekosistemleridir.

Sulak alanlar, yeraltı sularını besleyerek veya boşaltarak, taban suyunu dengelemekte, sel sularını depolamakta ve su taşkınlarını kontrol ederek bölgenin su rejimini düzenlemektedirler [2].

Plansız şehirleşmenin en büyük problemlerinden biri de endüstriyel faaliyetlerin yerleşim alanları içinde bulunmasıdır. Bu faaliyetlerden kaynaklanan farklı kirleticilerinin, endüstriyel atık suları, arıtıldıktan sonra veya direk olarak atık su kanallarına verilmektedir. Atık sulardaki elementler bu ortamda yaşayan canlılar ve besin zincirine geçişi nedeniyle insan sağlığı açısından da önem taşımaktadır [3].

Ekosistemlere yönelik olumsuz etkileri olan tüm kimyasal kirleticiler, öncelikle besin zincirini oluşturan en alt kademedeki canlılarda biyosid (organizmaları öldürme yeteneğine sahip kimyasallar) etki göstermektedir [4].

Kirlilik besin zinciri boyunca ilerlemekte ve insan dahil bütün canlılara zarar vermektedir. Kirleticiler bir ekosistemi oluşturan besin zincirinde en üst seviyede

birikerek zehir etkisi oluşturmaktadır. Bu birikim şimdilik az olsa da zamanla etkisi artmakta ve canlıların üreme, beslenme başarılarını olumsuz etkilemektedir.

Kuşlar, çevre kirliliğini ve boyutlarını izlemede iyi bir göstergedir. Çeşitli kuş türleri her türlü yaşam ortamında bulunurlar ve çevre koşullarının değişimine karşı duyarlıdırlar [5].

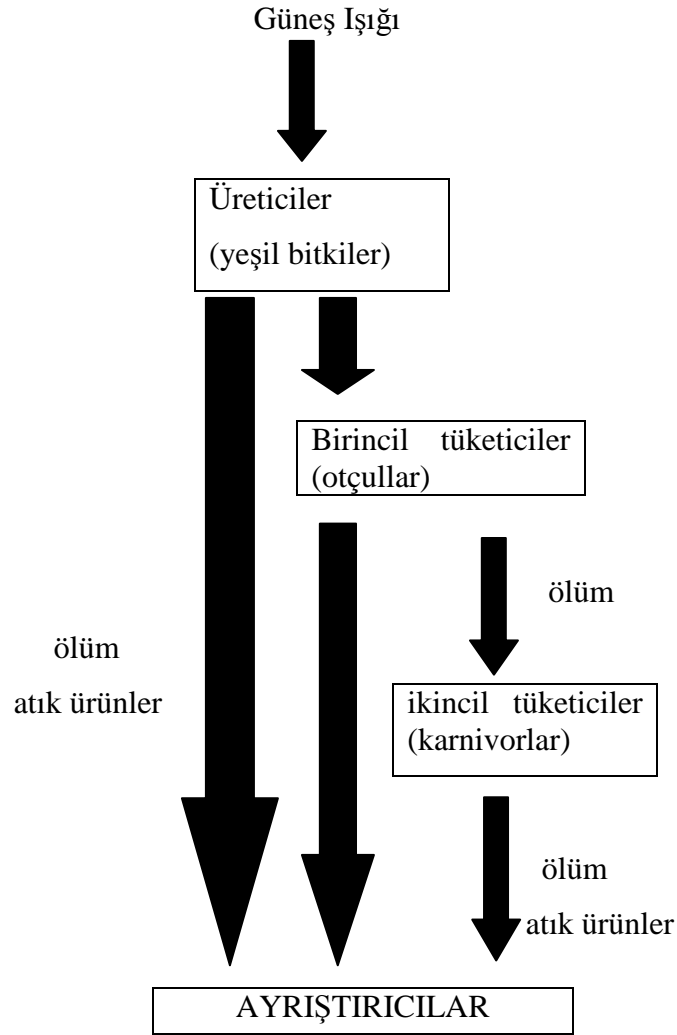
Balıkçılar, sucul ortamlarda besin zincirlerinin çoğunlukla son basamaklarını oluşturduklarından, doğadaki kalıcı kirleticilerin(ağır metaller, pestisitler, vb) ekosistemdeki konsantrasyonlarının belirlenmesinde biyoindikatör olarak tanımlanmaktadır.

Her besin zinciri veya besin ağı, belli bir bölgede yaşayan çeşitli türlere ait bireylerin oluşturduğu topluluk için üretici olan organizmalar ile başlar, çürükçül organizmalar adı verilen ayrıştırıcılar ile sona erer (Şekil1.1). Pek çok besin piramidinde, tahminen tüketilen besinin yalnızca %10'u biyo-kütleye dönüşmektedir. Geri kalan kısmı, hazmedilmemiş halde ya da boşaltım atığı olarak kalmaktadır. Sonuçta piramidin her bir üst basamağına geçişte kullanılan besin maddelerinin yalnızca %10-20'si aktarılmaktadır. Bu aktarım, besin piramidinin en altında bulunan basamaktaki besin yapısının, en üsttekini desteklemesi için çok büyük olması gerektiği anlamına gelmektedir [6].

İnsanoğlunun yerleşim alanlarını genişletmesi çevre kirliliği konusunda doğal hayata olan baskıyı arttırmaktadır. Ülkemizde çevre kirliliğinin birçoğu doğal kaynakların yanlış kullanımı sonucu ortaya çıkmıştır. Özellikle zengin bir biyoçeşitliliğe sahip sulak alanlar bu süreçten daha fazla etkilenmektedir. Yerüstü ve yeraltı sularının etkilerini önlemek ve bunlardan çeşitli alanlarda yararlanmak amacı ile Bayındırlık Bakanlığına bağlı olarak Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün kurulması ile ilgili olarak 18.12.1953 tarih ve 6200 sayılı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanunu çıkarılarak, 25.12.1953 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

Çıkarıldığı tarihlerde kanun; daha çok sulama, bataklıkları kurutma, enerji elde etme, içme suyu temini gibi işleri yaparken, günümüzde bunların bir kısmının yapımından

vazgeçmekte bir kısmının yapımında da başka birimlere bırakmaktadır [7]. Bu nedenle sulak alanları tehdit eden sorunların başında; artan tarımsal aktiviteler, tarımda üretimi arttırmak amacı ile kullanılan tarımsal kimyasalların meydana getirdiği kirlilik, otlatma, aşırı avlanma ve turizm gelişmeleri gelmektedir [8].



Şekil 1.1. Ekosistemin temel besin zincirindeki beslenme düzeylerinde enerji akışı [6]

Çevre kirliliğine sebep olan ve gittikçe daha büyük boyutlarda sulak alanlarda tehlike oluşturan etmenlerin başında gelen ağır metaller hızlı şehirleşme, endüstrileşme, gübreleme ve pestisit kullanımı, su kaynaklarında ve toprakta toksik metal kirliliği ile sonuçlanmaktadır. Bunun yanı sıra çevreyi kirleten kimyasalların, kuşların çeşitli organ

ve dokularında birikmesi besin zinciri yolu ile diğer omurgalılara biyolojik olarak aktarılmaları, olaya ciddi bir ekotoksikolojik boyut ve önem kazandırmaktadır.

Doğa için en önemli kirliliklerden biri ağır metaller tarafından meydana getirilmektedir. Bugün sanayide 40'dan fazla metal ve alaşım kullanıldığı bilinmektedir. Ağır metaller tarafından meydana getirilen kirlilik canlı sağlığını tehdit eder bir seviyeye ulaşmıştır [9].

Farklı şekillerde çevrime giren kimyasallar besin zinciri yoluyla canlı dokulara da geçmekte ve toksik etki oluşturmaktadır. Kalıcı bir kimyasal, vücut içinde tutuluyorsa, besin zincirinde bir üst basamağa doğru gidildikçe daha fazla birikme eğilimi gösterecektir. Bu nedenle ağır metal analizlerine dönük çalışmalar ayrıca bir önem kazanmaktadır.

Çalışmamızda birçok bitki ve hayvan türlerinin barındığı, ürediği ve beslendiği bölgeleri içeren, bunun yanında özellikle son yıllarda tarımda kullanımı artan kirleticiler ve her geçen gün artan insan baskısı ile karşı karşıya olan "Sapanca Gölü" araştırma alanı olarak seçilmiştir.

Sapanca Gölü'ndeki çevre kirleticilerinin belirlenmesi için, su, sediment, toprak ve belirlenen canlı dokularında Nisan 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında ağır metal analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan araştırmalarla karşılaştırılarak Sapanca Gölü'nün ekotoksikolojisi değerlendirilmiştir.

Sapanca Gölü her geçen gün artan, yoğun bir insan baskısıyla karşı karşıyadır. Bu süreçte gölün korunmasına yönelik çalışmaların yapılması göz ardı edilmeyecek kadar önem taşımaktadır. Koruma amaçlı çalışmaların sonuç vermesi için de gölü tanımaya yönelik araştırmaların yapılması gerekmektedir. Sapanca Gölü'nde ağır metallerin meydana getirdiği kirliliğin araştırılıp ortaya çıkarılan sonuçları sayesinde sulak alanlar doğaya kazandırılacak, kirlenmekte olan alanlar için ise tedbir ve koruma önlemleri alınacaktır.

Bu çalışmanın amacı; su, sediment, toprak ve canlı dokularda ağır metal kirliliğinin belirlenmesi, yabancı kimyasalların mevsimsel birikiminin ve ağır metallerin yumurta kabuklarında tespitidir. Ayrıca canlıların hayatını tehdit eden faktörlerin ortaya konulması, Sapanca Gölü çevresinde bulunan otoyolların canlılar üzerinde yarattığı etkilerin belirlenmesi, mevcut problemlere çözüm önerilerinin ortaya konulması ve sulak alan koruma çalışmalarının etkilerinin araştırılması olarak sıralanabilir.

Bu amaç içinde Sapanca Gölü'nde yaşayan su kuşlarından sakarmeke (*Fulica atra*) ve tepeli batağan (*Podiceps cristatus*) biyoindikatör kuş türleri olarak seçilmişlerdir. Ağır metal birikiminin saptanması ve izlenmesi çalışmalarında, ele alınacak "biyo-gösterge" kuş türlerinin ve bu kuş türüne ait doku örneklerinden (kas, karaciğer) hangilerinin olabileceği, Hg, Cd, Pb, Ni ve Cr düzeylerinin ve birikim oranlarının analizleri ile belirlenmeye çalışılmıştır.

Daha önce yapılan çalışmalarda; Karaburun ve Aydıncık'ta, Ayaş ve ark. (2008) ada martısı (*Larus audouinii*) yumurta kabuklarını incelemişlerdir. Karaburun'daki örneklerin bazılarının Aydıncık'taki örneklerden daha yüksek kurşun seviyelerine sahip olduğunu bulmuşlardır. Bu da Karaburun'un endüstriyel bölgeye ve yüksek kirlilik seviyelerine sahip İzmir Körfezi'ne çok yakın olması ile açıklanmıştır. Önceki çalışmalar Ege Denizi'ne dökülen nehir ve akarsuların İzmir Körfezi'ndeki ağır metal kirliliğinin ana kaynağı olduğunu ortaya koymuştur [10].

Duman ve ark. (2007) Sapanca Gölü'nde genel olarak, yüzey tortusundaki ağır metal yoğunlaşmasını Ni>Cr>Pb>Cd şeklinde saptamıştır. Ağır metallerin mevsimsel en yüksek değerlerini; yazın krom ve nikel, sonbaharda ise kadmiyum şeklinde gözlemlemişlerdir. Kurşun için mevsimsel farklılık bulamamışlardır [11].

Ayaş ve ark. (2007) Nallıhan Kuş Cenneti'nde yapmış oldukları araştırmada sazan (*Cyprinus carpio*) ve yayın (*Silurus glanis*) türleri arasında, en fazla kirliliği yayın balığının karaciğerinde bulmuşlardır. Balıkların karaciğerinde ağır metal birikiminin, kaslardan daha yüksek olduğunu saptamışlardır [12].

Altındağ ve Yiğit (2005) Beyşehir Gölü'ndeki su örneklerinde kadmiyumun en yüksek yoğunluğa sahipken civanın en düşük yoğunluğa sahip olduğunu bulmuştur. Ağır metallerin su örneklerindeki birikim sırasını da Cd>Pb>Cr>Hg şeklinde sıralamıştır. Araştırdığı balık türlerinden *Cyprinus carpio* (pullu sazan) ve *Tinca tinca* (kadife balığı)' da kas dokularında ağır metal birikimini araştırmışlardır. Buna göre sazanın kas dokularında (*Cyprinus carpio*) kadmiyumun en yüksek yoğunluğa (0, 543 µg/g), civanın ise en düşük yoğunluğa sahip (0, 022 µg/g) olduğunu saptamıştır. Ayrıca besin ağındaki ağır metallerin birikimini su>sediment>balık dokuları olarak saptamışlardır [13].

Altındağ ve Yiğit (2005) Beyşehir Gölü havzasının tortusunda 9, 93- 11, 12 µg/g krom rapor etmişlerdir [13]. Demirezen ve Aksoy (2004) Sultan bataklığı tortusunda 6, 5-13 µg/g krom yoğunlaşması olduğunu tespit etmişlerdir [14]. Bu araştırmacılar tarafından rapor edilen krom yoğunlaşması Duman ve ark.'nın (2007) Sapanca Gölü'nde yaptığı çalışmada tespit edilenden daha düşüktür [11]. Özmen ve ark. (2004)'nın Hazar Gölü tortusundaki yaptığı çalışmada nikel seviyesi (38-130 µg/g) ve Karadede ve ark.'nın (2000) Atatürk Baraj Gölü tortusundaki nikel seviyelerine (44-140 µg/g) göre daha düşüktür [15- 16].

Boncompagni ve ark.'nın (2003) Pakistan'ın sulak alanlarında yaptığı araştırmalarda Karachi' deki balıklarda ağır metal seviyelerini yüksek bulmuşlardır. Kurşun için balık üremesini etkileyebilecek seviyelerde ve civa için insan tüketimi için sınır yoğunlukta olduğunu saptamışlardır. Tortu ve toprakta krom için, kritik seviyelerin üzerinde ya da kritik seviyelere yakın olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca Boncompagni ve ark.'na göre (2003) ağır metaller vücuttan atılmazlarsa organizmadaki düzeyleri zaman içinde üreme başarısının azalmasına hatta kuşun ölümüne neden olacak seviyeye ulaşabilir. Bu durum besin piramidinin üst düzeylerinde yer alan, kuşlar gibi uzun ömürlü organizmalar için oldukça önemlidir [17].

Sisman ve ark. (2002) Sapanca Gölü çevresindeki yol kenarında bulunan toprakta nikel birikiminin dünya standartlarının atında olduğunu belirtmişlerdir. Nikel yoğunlaşmasının ise yaz ayında en yüksek seviyeye ulaştığını saptamışlardır [18].

Yalçın ve Sevinç (2001) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Sapanca Gölü'ndeki ağır metal kirliliği ile ilgili, göl çevresindeki yollardan geçen araçların egzoz gazlarının, yağ ve diğer atıkların yağmur suyu ile birlikte göle ulaşmasının, evsel atık, tarımsal ilaç, kimyasal atık ve bölgedeki büyük sanayi tesislerinden salınan kimyasalların hava yoluyla göle karışarak kirlilik riski oluşturduğunu göstermektedir. Araştırmacılar önceki çalışmalarla yapılan karşılaştırmalarına göre kurşun konsantrasyonlarında önemli bir artış olduğunu rapor etmişlerdir [19].

Sapanca Gölü'nün yüzey tortusunun metal zenginleştirilmesi Bakan ve Balkas (1999) tarafından incelenmiş ve yüzey tortusunda kurşun ve kadmiyum miktarlarının arttığı tespit edilmiştir [20].

Barlas (1999) ve Ayaş ve Kolonkaya (1996) suda kadmiyumu sırasıyla Göksu Deltası'nda ve Sakarya nehri havzasında en yüksek birikim oranında bulmuşlardır [21- 22].

Tanık ve ark. (1998) Sapanca Gölü'nde yaptıkları çalışmada başlıca kirlilik kaynaklarını tespit etmiş ve yüksek miktarda gübre ve böcek ilacının göle girdiğini bulmuşlardır [23].

Canlı ve ark.(1998) Seyhan Nehri'nde yaşayan balıkların (*Cyprinus carpio*, *Barbus capito*, *Chondrostoma regium*) dokularında ağır metal (kadmiyum, kurşun, bakır, krom ve nikel) düzeylerini araştırmışlardır. Dokulardaki ağır metal düzeyleri istasyonlar arasında genellikle önemli oranlarda değişim göstermiş olup, özellikle hastane akıntıları tarafından kontamine edildiği düşünülen bir istasyon en yüksek değerlerde ölçülmüştür. Bazı metallerin derişimleri bazı dokularda insan tüketimi için kabul edilebilir değerleri aşmış ve biyolojik gereksinimleri ne olursa olsun bütün balıkların yüksek düzeylerde metal derişimleri gösterdiği belirtilmiştir [24].

Ayaş (1994) ağır metal iyonlarının karaciğer ve böbrek gibi organlarda birikebileceğini, civa bileşiklerinin çok düşük dozlarda bile üreme üzerine etkiler yapabileceğini çalışmalarında göstermiştir [25].

Wei ve Morrison (1993), yaz mevsiminde kurşunun nehir ağızlarında diğer mevsimlere göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir [26].

Edelstein ve ark. (1986) kurşunun da civa gibi kalsiyum metabolizmasına etki ederek yumurta kabuklarının incelmesine neden olduğunu tespit etmişlerdir [27].

Nicholson (1981) kuşlarda kadmiyum konsantrasyonu genel olarak böbrekte en yüksek, karaciğerde en düşük olarak rapor etmiştir [28].

Borg ve ark. (1969) kuşlarda civa ve kurşun zehirlenmesi sonucunda kanatlarda düşme, zayıflık, tüylerde dökülme, kas hareketlerinde bozukluk görmüşlerdir. Metil civa esas toksik etkisini; yumurta sayısında azalma ve yavru ölümlerinin artması şeklinde göstermektedir. Bu etki 0, 5-1, 5 ppm düzeyinde oluşmaktadır [29].

BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER

2.1. Araştırma Sahasının Genel Özellikleri

Sapanca Gölü Marmara Bölgesi'nin doğu kesiminde, Adapazarı Ovasını İzmit Körfezi oluşuna birleştiren uzun bir çukurun doğu yarısında yer alan tatlı su gölüdür. Sakarya' da tektonik oluşumlar sonucu meydana gelmiştir.

Sapanca Gölü koordinatları $40^{\circ} 43'$ kuzey- $30^{\circ} 15'$ doğu, denizden yüksekliği de 36 m' dir. Sapanca Gölü'nün yüzölçümü 42 km^2 , doğu-batı yönünde uzunluğu 16 km, genişliği ise 5, 5 km' dir. Gölün çevresi 39 km uzunluğundadır ve bunun 26 km'lik kısmı Sakarya iline, 13 km'si ise Kocaeli iline aittir [30].

Sapanca Gölü (metin içinde “Göl” olarak bahsedilecektir), Samanlı Dağları'ndan inen derelerden ve yeraltı kaynaklarından beslenmektedir. Samanlı Dağları'nın kuzey eteklerinde Sapanca ilçe merkezinin de yer aldığı dağ eteği ovasıdır. Bu ova dağların kuzey yamaçlarından inen derelerin taşıdığı alüvyonlarla oluşmuştur. Bu dağlardan inen derelerin en önemlileri İstanbul deresi, Kurtköy deresi ve Mahmudiye deresidir (Tablo 2.1). Fakat burada bulunan bazı dere ve çayların su akışları oldukça az olduğu için yazları çoğu kurumaktadır [31].

Jeolojik araştırmalara göre geçmişte İzmit Körfezi'nin uzantısı iken, Samanlı Dağları'ndan inen derelerin taşıdığı alüvyonlarla göl körfezden ayrılmıştır.

Tablo 2.1. Sapanca Gölü' nün Önemli Dereleri [32]

Dere No	Dere	Dere No	Dere
1	Arifiye	6	Kuruçay
2	Sarp	7	Yanık
3	Keçi	8	Karaçay
4	İstanbul	9	Balikhane
5	Mahmudiye	10	Eşme

Göle yeraltı sularının da aktığı ve gölü beslediği bilinmektedir. Gölün sadece bir çıkışı olan çark deresi Adapazarı'nın içinden geçip Sakarya Nehri ile birleşmektedir. Çark deresinin başında su seviyesini düzenleyen düzenleyici bir tahliye kanalı mevcuttur. Fazla sularını, doğu ucunda bulunan bu tahliye kanalı aracılığı ile Çark deresine, oradan da Sakarya Nehri'ne akıtır. Göle güneyden karışan dereler (Yanık, Balikhane, Kurtköy, Mahmudiye) dik yataklı olup, ani taşkınlara neden olmakta ve göle çok miktarda kaya ve kaba çakıllardan oluşan sediment taşımaktadırlar.

Sakarya Havzasında yer alan Sakarya ilinde Marmara ve Batı Karadeniz Bölgesi iklimi özellikleri yaşanmaktadır. Sakarya, rutubetli bir havaya ve ılıman iklime sahiptir. Kışlar bol yağışlı ve az soğuk, yazlar ise sıcak ve yağmurlu olur. En soğuk aylar Ocak ve Şubat, en sıcak aylar Haziran ve Ağustos'tur [33].

Tarım arazileri açısından çok geniş bir yer kaplamaktadır. Meyve yetiştiriciliği, süs bitkisi yetiştiriciliği, alabalık üretimi yapılmasının yanı sıra gölün güney yamaçlarında kıyıya yakın alçak kesimde orman alanı büyük çapta tahrip görmüş, yerini maki benzeri topluluklara bırakmıştır. Kıyılarda küçük sazlık alanlar vardır, fakat geniş bataklık bitki örtüsü sadece doğudadır [34].

Göl'ün kuzeyinde D-100 karayolu, güneyinde ise TEM Anadolu Otoyolu ve demiryolu bulunmaktadır. Buna bağlı olarak gölün kıyısında akaryakıt istasyonları yer almaktadır [19].

Ayrıca gölden sanayi ve tarım amaçlı olarak su alınmaktadır. Göl suyu içme ve kullanma suyu amaçlı da kullanılmaktadır.

2.2. Ağır Metaller

Ağır metaller fiziksel özellikleri açısından yoğunluğu 5 g/cm^3 ten daha yüksek olan metaller için kullanılmaktadır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko başta olmak üzere bir çok metal dahildir.

Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfürleri halinde veya silikatlar içinde bulunurlar. Her ne kadar metallerin yoğunluk değeri üzerinden hareketle ekolojik sistem üzerindeki etkileri tanımlanmaya ve gruplandırılmaya çalışılıyorsa da, aslında metallerin yoğunluk değerleri, biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok farklıdır.

Bozulmaz ve yok edilemezler. Küçük bir miktara kadar vücudumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girerler. Ağır metaller hücrelerde plazmanın sertleşmesine, şişme ve büzölmeye neden olurlar. Proteinleri çöktürürler, bunun sonucunda solunum şiddeti ve buna bağlı olarak oksijen tüketimi azalır.

Ağır metaller, iz element olarak da adlandırılırlar. İz elementler gibi bazı ağır metaller (örneğin bakır, selenyum, çinko) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için gereklidirler. Ancak iz elementler organizmalardaki düşük konsantrasyonlar için kullanılmakta ve daha çok organizmaların ihtiyacı olan esansiyel metalleri ifade etmektedirler [35].

Esansiyel olmayan metaller çok düşük konsantrasyonlarda bile toksiktir. Esansiyel elementlerin ihtiyaçtan fazlası da olumsuz etkilere neden olmaktadır. Sucul organizmalar, metalleri sudan ve yiyeceklerden alıp, yüksek konsantrasyonlarda organ ve dokularında biriktirirler. Bu nedenle esansiyel veya esansiyel olmayan tüm metaller potansiyel olarak toksik kabul edilebilirler. Ağır metaller, maden rezervi araştırmalarında ve çıkarılan madenlerin ayrıştırılma işlemi sırasındaki endüstriyel süreçlerin atık ürünleridir ve çevre kirliliğine neden olurlar. Fakat doğada bulunan konsantrasyonlar direkt öldürücü olmaktan çok öldürücü olmayan dolaylı etkilere neden olabilirler [36].

Ağır metallerin çevre üzerindeki etkisi ekosistemin kararlılığı için ciddi bir tehdit oluşturur [37]. Kirleticilerin önemli bir kısmını oluşturan ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller sucul ortamda ve sedimentlerde geniş bir şekilde yayılmıştır.

Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının, toprağı ve dolayısıyla bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede birikirler.

Sediment tabakasının adsorpsiyon (katı-sıvı veya katı-gaz ara yüzeyindeki konsantrasyon değişimi) kapasitesi sınırlı olduğundan suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir.

Sucul ekosistemlerde su kuşları, çevre kirleticileri ile doğrudan veya dolaylı olarak temas halindedirler. Bu etkiler kuşlarda davranış ve beslenme bozukluklarına, tüylenme sürecinde aksamalara, yumurta üretimi ve yumurtadan çıkış başarısında azalmaya neden olabilmektedir. Bu durum birey ve populasyon düzeyinde önemli hasarlara yol açarak kuş populasyonlarının azalmasına neden olmaktadır.

Sucul ortamda; yanan kömürden veya diğer yakıtlardan ve fabrika bacalarından çıkan dumanlar ile atmosferik yolla metallerin sucul ortama ulaşması, jeolojik değişimden kaynaklanan, evsel atıkların neden olduğu ve tarım faaliyetleri sonucunda topraktan suya karışan metal girişi, endüstrilerde metal ve metal bileşiklerinin kullanımı, metal kirlenmesine neden olan kaynaklar olarak sıralanabilmektedir [25].

2.2.1. Kurşun

Otomobil endüstrisi, pestisitler, cephane malzemeleri, boya-alaşımlar, kurşun içeren benzinler, maden ocakları, akümülatör ve pil sanayinde kullanılır. Kurşun etkisi bitkide gözle görülür etki yapmadığından (zehirlenme belirtileri görülmez) çok

tehlikelidir. Kaynaktan çıktıktan sonra kaynağından uzaklaştıkça etkisi azalır. Toprakta tespit edilen kurşun, benzin yanması sonucu oluşmaktadır.

Avcılıkta ateşli silahlardaki kurşun kullanımı ve balıkçılıkta kullanılan ağ kurşunları, bu metalin çevreye antropojenik etkiyle girişini arttırmaktadır [38].

2.2.2. Kadmiyum

Kadmiyum çevre kirliliğine yol açan ve pek çok kaynaktan bulaşan bir elementtir. Kadmiyum gibi metaller biyolojik sistemlerde gereksinimi olmayan zararlı elementlerdir. Kadmiyum, havadan, fosforlu gübreler ile toprağa geçmektedir. Yüksek derecede toksik, vücutta tutulma süresi uzun ve toprak- bitki sisteminde yüksek derecede aktif olan kadmiyum çevresel toksikolojide önemle ele alınmaktadır.

Doğal sularda kadmiyum 1 mikrogram/litreden az iken, kirli sularda 100 mikrogram/litreden fazladır. Toprakta ise toprak tipine bağlı olarak kadmiyum alımı etkilenmektedir. Asit reaksiyonlu ve organik topraklarda bitkilerce kadmiyum alımı fazladır. Kadmiyum toprakta karbonat ve fosfat anyonları tarafından tutulmaktadır.

Fosforlu gübre ve ham fosfatlar 5-100 ppm kadmiyum içermektedir ve bunun %80'i fosforlu gübre üretimi sırasında gübreye geçmektedir. Toprağa en fazla kadmiyum girdisi fosforlu gübreler ve atmosferik çökeltiler yoluyla olmaktadır.

Tüylerdeki kadmiyum konsantrasyonu kandan ve atmosferik ya da sucul orjinli olmak üzere tüy yüzeyinden kaynaklanabilmektedir [37]. Kuşlarda, gelişim bozuklukları, anemi, yumurta üretiminin baskılanması, böbrekte meydana gelen hasarlar, kemik iliği hücre sayısında anormal artış kadmiyumun etkisinde kalındığının en önemli sonuçlarından bazılarıdır [39]. Ayrıca kuşlarda testis ağırlığının artmasına ve spermatogenez başarısızlığına neden olmaktadır [25].

2.2.3. Krom

Korozyon önleyici uygulamalarda demir-çelik, vernik mürekkep ve boya madde üretiminde kullanılır. İçme suları ve besin endüstrisi yoluyla bünyeye alınırlar. Krom birikme göstermeyen bir metaldir. Bu yüzden sedimentler ile balıklar ve kabuklular (crustacea) gibi besin zincirinde daha alt seviyede bulunan canlılar, kuşlarla karşılaştırıldığında çevredeki krom varlığının daha iyi belirleyicisidirler [17]. Krom hayvanlar için esansiyel elementtir.

İnorganik krom bileşikleri hayvanlar tarafından düşük oranda absorblanmaktadır. Fakat hayvanların besinlerindeki doğal krom bileşikleri daha toksiktir ve hayvanlar tarafından daha rahat alınmaktadır [40].

2.2.4. Nikel

Sedimentteki nikelin büyük bölümü karbonat ile ilişkilendirilmektedir. Nikel esas olarak metal imalatından ve septik tanklardan gelmektedir [11].

Nikel, çevrede çok düşük seviyede bulunan bir elementtir. Toprakta eser element olarak bulunan nikel, demir ve alüminyum silikatların yapısında yer almaktadır. Çoğunlukla sülfat ve oksitler halinde bulunur. Nikelin, en yaygın uygulaması, paslanmaz çelik ve diğer metal malzemelerin içeriği olarak kullanılmasıdır.

Nikelin bilinen biyolojik fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği vardır. Doğal yayılımı yanında insan aktivitelerine bağlı olarak da doğada bulunmaktadır [41]. Nikel ve belirli nikel bileşenleri ciddi anlamda kanserojen olarak kabul edilen malzemeler listesinde bulunmaktadır.

2.2.5. Civa

Civa her yere yayılan bir kirleticidir. Civa doğal olarak element formundadır. Modern teknolojiye bu madde birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Tarımsal uygulamalar esnasında civa içeren spreylelerin kullanılmasıyla sebzelerden

ve diğ er ürünlerden insan vücuduna taşınabilmektedir. Civadan kaynaklanan neredeyse tüm zehirlenmeler çevre kirliliğine bağlıdır. Tıbbi atık ve tehlikeli atık yakma tesisleri önemli civa kaynaklarından biridir. Tıbbi atık ve tehlikeli atık yakma tesislerinde civa emisyonuna dikkat edilmelidir.

Toprağa karışan civa biyokimyasal veya kimyasal reaksiyona girerek insan sağlığı ve yaban hayatı (bitkiler hariç) için çok zararlı olan metil civa haline dönüşmektedir. Metil civa ise bitkiler tarafından absorplanmakta ve besin zinciri yolu ile kuşlara geçmektedir [42].

2.3. Doku Örneklerinin Alındığı Kuş Türleri

Daha önce yapılan çalışmalar doğrultusunda, bu çalışma kapsamında ele alınan türlerin biyo-ekolojileri ile ilgili kısa bilgiler aşağıda verilecektir.

2.3.1. Sakarmeke (*Fulica atra*, Linnaeus, 1758)

Rallidae familyasına ait olan Sakarmeke Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Kafa ve boyun kısmı kadife siyahı, sırtı siyah gri, gırtlak ve boynun altı siyah koyu gri, alt kısmının arka tarafı açık gri lekeli dir. Gaga ve alın plakası beyazdır. Ayakları erişkinde gridir. İris kırmızı, kırmızı-kahverengidir. 1-2 yaşında eşeyssel olgunluğa ulaşırlar. 5-10 yumurta bırakırlar. Kuluçka süresi 23-24 gündür. Yavru süresi 8 haftadır. 18-19 yıl yaşayan bireyleri vardır [43].

Yuvasını saz ve kamışlarla su üzerinde veya bataklıklarda yapar. Yüzen yuvalar bitki saplarıyla yuvanın çevresindeki sazlarla bağlanır. Gruplar halinde yuvalanır. Bir ya da iki yılda bir tüy değiştirirler. Tüy değişimi zamanı pek uçmazlar.

Hemen hemen her şeyi yiyerek beslenebilirler. Çürümüş hayvan ve bitkileri de yerler. Sığ sularda dipteki çamura, dalmadan ulaşabilirler. Dipteki bitkilerle veya göl çevresindeki tarlalarda yayılarak beslenebilirler. Bütün gövdeleriyle daldıklarında yiyeceklerini suyun yüzeyine çıkararak yerler [44].



Şekil 2.1. Sakarmeke (*Fulica atra*, Linnaeus, 1758) [44]

2.3.2. Tepeli batağan (*Podiceps cristatus*, Linnaeus, 1758)

Podicipedidae familyasına ait olan Tepeli batağan Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Kafasının üstündeki siyah tüyler yanda iki başlık halindedir. Kafa üstü başlığı ve gırtlaktaki tüyler uzayarak bir yaka oluşturmaktadır. Bu yakanın çevresi siyah ve önü pas kırmızısıdır. Vücudunun üst kısmı siyah, alt tarafı beyaz ve yan bölgeleri pas kahvesidir. Boynunun yan tarafları az çok kahvemsi tonlardadır. Kuyruğu siyahtır.

Üreme döneminde tatlı iç suları tercih eder. Kışı iç sularda ve deniz kıyısında geçirirler. Saz öbeklerine hemen suyun 15-20 cm üzerine yuvalanırlar. Kuluçka kolonileri yaparlar. 2-6 yumurta bırakırlar. Yavru süresi 10-11 haftadır [43].

Beslenme hayvansal olup daha çok bölgede rastlanan balık türleri ve su böcekleri ile beslenirler. Yaz aylarında midye, karides vs gibi kabuklu ve kabuksuz su omurgasızlarını yerler [45].



Şekil 2.2. Tepeli Batağan (*Podiceps cristatus*, Linnaeus, 1758) [45]

BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOD

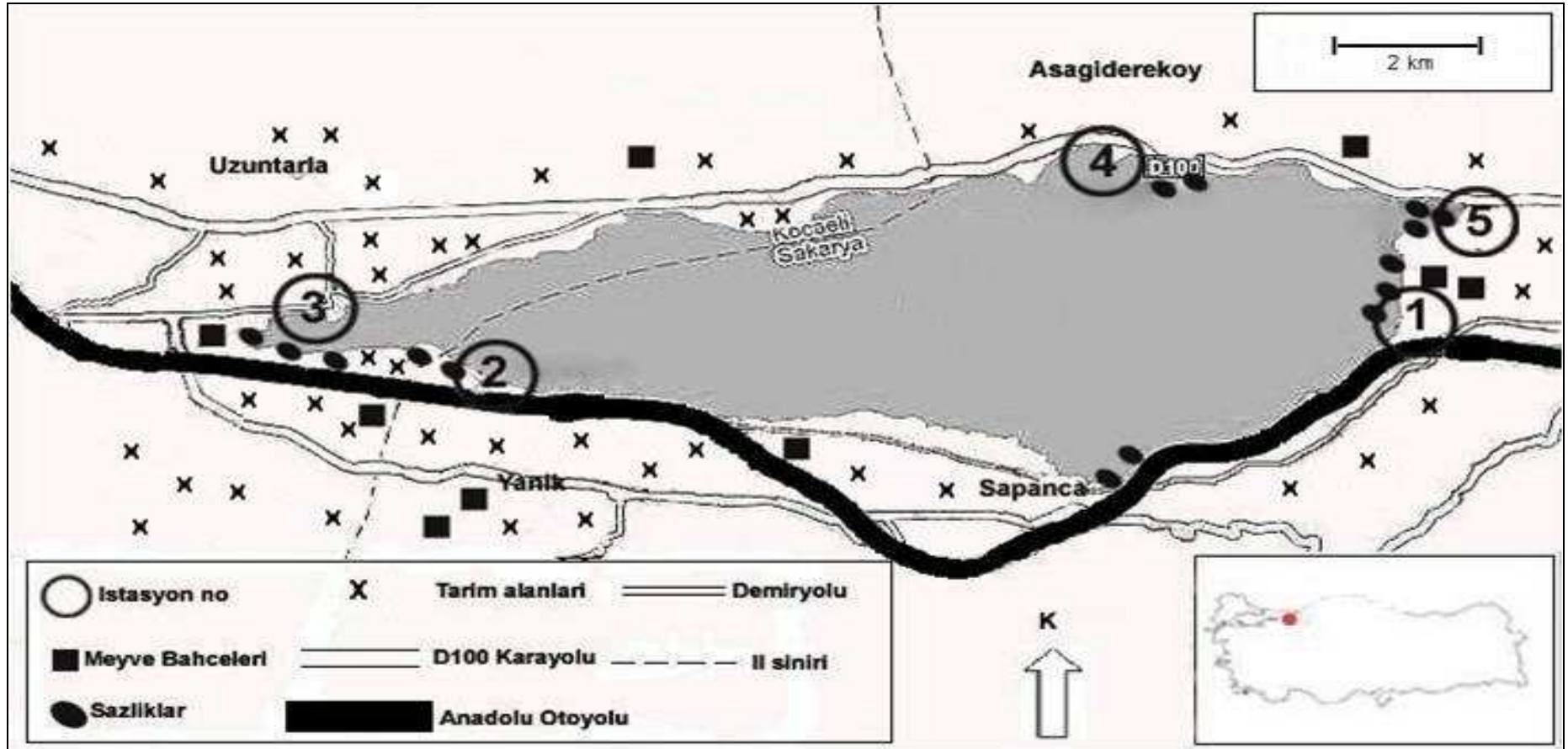
Araştırma Nisan 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında 4 mevsimi kapsayacak şekilde yapılmıştır. Bu süreçte arazi, laboratuvar ve literatür çalışmaları birlikte yürütülmüştür.

3.1. Sapanca Gölü'nde Su, Sediment ve Toprak Örneklerinin Alındığı İstasyonların Seçimi

Çevre kirleticilerini tespit etmek üzere gölden alınan su, sediment ve toprak örnekleri farklı fiziksel ve kimyasal özellikler göz önüne alınarak seçilmiştir. Seçilen istasyonların seçilme nedenleri (Tablo 3.1) ve yerleri (Şekil 3.1) gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Sapanca Gölünde su, toprak ve sediment örneklerinin alındığı istasyonlar ve seçilme nedenleri

İSTASYON NO	YERİ	SEÇİLME NEDENİ
1	Gölün doğu kısmı/ Arifiye batısı	Tarımsal faaliyetlerin varlığı ve sulama sularının göle karışması, Anadolu otoyolu, tren yolu ve D100 karayolunun kesiştiği bölge olması
2	Gölün güneyi/Adapazarı-Kocaeli il sınırı	Gölün güney kısmında bulunan dağlardan inen Yanık deresinin göle karıştığı bölge olması
3	Uzuntarla önü	Antropojenik etki olması
4	Aşağıdereköy önü	D100 Karayolunun varlığı, Akaryakıt istasyonlarının bulunması ve antropojenik etki olması
5	Esentepe önü	Şehir merkezi ile bağlantısı olan çarkderesi kapağının bulunması, trafik yoğunluğu ve bataklık bir alana sahip olması



Şekil 3.1. Sapanca Gölü'nün Coğrafik Konumu ve Örneklerin Alındığı İstasyonlar

3.2. Sapanca Gölü'nde Ağır Metal Analizi Yapılan Organizmaların Seçimi

Sapanca Gölü'nde ağır metallerin varlığını, birikimin düzeylerini tespit etmek için daha önce yapılan çalışmalardan yararlanılarak türler ve dokular belirlenmiştir. Buna göre balıklardan; kızılkanat (*Scardinius erythrophthalmus*), sazan (*Cyprinus carpio*), tahta balığı (*Blicca bjoerkna*), kadife balığı (*Tinca tinca*), turna balığı (*Esox lucius*), yayın balığı (*Silurus glanis*), su kuşlarından ise; sakar meke (*Fulica atra*) ve tepeli batağan (*Podiceps cristatus*) seçilmiştir.

3.3. Su, Sediment ve Toprak Örneklerinin Alınması

3.3.1. Su örneklerinin alınması

Su örnekleri daha önce tespit edilen istasyonlardan Mayıs, Ağustos, Kasım ve Şubat ayları içinde dört farklı sezonda alınmıştır. Alınan her istasyondaki su örnekleri 1 litrelik standart cam şişelere konulmuştur. Ağır metallerin analiz sırasında kolay çözünmesi için, üzerlerine nitrik asit eklenip pH 2 ye düşürülmüştür. Alınan örnekler ağır metal analizi yapılan kadar karanlık ortamda saklanmıştır.

3.3.2. Sediment örneklerinin alınması

Sediment örnekleri daha önce tespit edilen istasyonlardan Mayıs, Ağustos, Kasım ve Şubat ayları içinde dört farklı sezonda alınmıştır. Her istasyondaki sediment örnekleri 0-5 cm'lik derinlikten alınarak 250 ml'lik standart cam kavanozlarda laboratuara getirilmiştir.

3.3.3. Toprak örneklerinin alınması

Toprak örnekleri daha önce tespit edilen istasyonlardan Mayıs, Ağustos, Kasım ve Şubat ayları içinde dört farklı sezonda alınmıştır. Her istasyondaki toprak

örnekleri 0-10 cm'lik derinlikten alınmış ve 250 ml'lik standart cam kavanozlara koyularak laboratuara getirilmiştir [46- 47].

3.4. Balık Örneklerinin Toplanması

Ağır metal analizlerinin yapılacağı balıkların Sapanca Gölü'ne ait türler olmasına dikkat edilmiştir. Balık türleri besin zincirinde yer alan farklı besin grupları ile beslenen türlerden seçilmişlerdir (Tablo 3.2).

Ağır metal analizi yapılacak olan balık türleri gölde avlanan balıkçılardan temin edilmiştir. Analizler için kullanılacak balıkların, ağır metalleri dokularında biriktirme seviyelerinin farklı olabileceği düşünülerek, boylarının ve ağırlıklarının birbirlerine yakın olmalarına dikkat edilmiştir. Gölden temin edilen balıklar laboratuara getirilene kadar bozulmaması için derin dondurucuda saklanmıştır [26].

3.5. Su Kuşlarının Elde Edilmesi

Ağır metal analizlerinin yapılacağı su kuşları özellikle; Sapanca Gölü'nde beslenen, barınan, üreyen, Sapanca Gölü'nde fazla sayıda birey ile gözlenen, göçmen olmayan türlerden seçilmiştir.

Gölde yapılan gözlemler doğrultusunda ağır metal analizi yapılacak su kuşlarının özellikle tercih ettiği alanlar belirlenmiştir. Aynı zamanda ağır metal analizi yapılacak su kuşları besin zincirinde yer alan farklı besin grupları ile beslenen türlerden seçilmişlerdir (Tablo 3.2).

Nisan 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında gölde kaçak avlanan avcılar tarafından avlanılmış ya da gölde ölü bulunan su kuşları ağır metal analizleri için kullanılmıştır. Bölgede av yasağı olması ve araştırma döneminin birçok türün üreme mevsimini kapsamaması ve bu dönemde avlanılamamasından dolayı su kuşu örnekleri sayısı sınırlı kalmıştır. Araştırma boyunca gölde üreyen, beslenen ve barınan

biyoindikatör su kuşlarının dokularında ağır metal analizleri yapılmıştır. Ağır metal analizleri yapılan su kuşlarından gölün yerel popülasyonuna ait türler seçilmiştir.

Tablo 3.2. Sapanca Gölü'nde Ağır Metal Analizi Yapılacak Olan Su Kuşları ile Balık Türleri ve Beslenme Şekilleri

Organizmalar	Beslenme Şekli	Ağır metal analizi yapılacak olan türler
Bahklar	Omnivor	Sazan (<i>Cyprinus carpio</i>) Kızılkanaat (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>) Tahta balığı (<i>Blicca bjoerkna</i>) Kadife balığı (<i>Tinca tinca</i>)
	Karnivor	Yayın balığı (<i>Silurus glanis</i>) Turna balığı (<i>Esox lucius</i>)
Su kuşları	Karnivor	Tepeli Batağan (<i>Podiceps cristatus</i>) Sığır balıkçılı (<i>Bubulcus ibis</i>)
	Omnivor	Sakarmeke (<i>Fulica atra</i>) Büyük saz ardıcı (<i>Acrocephalus arundinaceus</i>)

3.6. Su Kuşlarına Ait Yumurta Kabuklarının Elde Edilmesi

Nisan 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında gölde yuvalanan kuşların yuvaları göle girilerek gezilmiştir. Gezilen sazlık içlerinde popülasyona zarar vermemek için yuva yapan kuşların kırılan yumurta kabukları toplanmıştır. Popülasyona zarar vermeden toplanan yumurta kabukları büyük saz ardıcı ve sığır balıkçılına ait olduğu teşhis edilmiştir.

Bu çalışmada yuvalarda bulunan sınırlı sayıdaki yumurtadan dolayı kuşların üreme aktivitelerine kötü bir etki yapmamak için yumurta içerikleri yerine kırılmış yumurta kabukları tercih edilmiştir.

3.7. Ağır Metal Analizleri

Ağır metal analizleri yapılacak örnekler Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde "Berghof Mikrodalga Çözme Sistemi" kullanılarak

belirlenen zaman ve sıcaklık programına göre çözüldükten sonra AAS-1100 Perkin Elmer Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde ağır metal miktarları ölçülmüştür. Ağır metal düzeyleri “ppm” olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.2. Çalışmalar sırasında AAS 'de yapılan ölçümler

3.7.1. Su örneklerinin ağır metal analizleri

Laboratuara getirilen su örnekleri doğrudan atomik absorpsiyon spektrofotometresinde okunmuştur.

3.7.2. Sediment ve toprak örneklerinin ağır metal analizleri

Laboratuara getirilen sediment ve toprak örnekleri taş ve bitki kalıntılarında ayıklanmıştır. Daha sonra 120°C de 6 saat etüve konulmuştur. Kurutulan örnekler yüzey alanlarının genişlemesi için porselen havanda ezilmiştir. Örneklerden 0, 5 gram tartılarak üzerine %65'lik HNO_3 (3ml) ve %37'lik HCl (7 ml) eklenip teflon kaplarına konulmuştur. Kaplardaki örnekler belirtilen süre ve sıcaklıklarda mikrodalga çözme sisteminde tutulduktan sonra program sonlandırılarak bir süre beklenmiştir (Tablo 3.3). Dışarıya çıkarılan teflon kapların kapakları açılmadan önce de sıçramayı ve köpürmeyi engellemek için teflonun sıcaklığı oda sıcaklığına gelinceye kadar beklenmiştir. Parçalama sürecinde büyük miktarda gaz

oluşabileceğinden teflon tüpler eldiven ve maske takılarak açılmıştır. Çözeltilerin son hacmi 25' ml olacak şekilde de-iyonize su eklenerek seyreltilmiştir.

Tablo 3.3. Sediment, Toprak ve Yumurta Kabuğu Örneklerinin Mikrodalga Çözme Sistemine Göre Uygun Sıcaklık ve Zaman Programı

Basamak	1	2
T ⁰ C	140	100
Zaman (min.)	15	20

3.7.3. Balık ve su kuşlarına ait dokularda ağır metal analizleri

Balık ve su kuşlarında ağır metal analizleri kas ve karaciğer dokularında incelenmiştir. Alınan karaciğer ve kas dokuları öncelikle de-iyonize su ile yıkanarak temizlenmiştir. Daha sonra 120⁰ C'de 6 saat etüvde kurutulan örnekler dokuların yüzey alanını genişletmek için porselen havanda ezilmiştir. 0, 25 gram alınan doku örneklerinin üzerine %65'lik HNO₃ (5 ml) eklenip teflon kaplarına konulmuştur. Uygun programda çözme işlemine başlanmıştır (Tablo 3.4). Çözünme işlemi gerçekleştirildikten sonra oda sıcaklığına gelen teflon tüpler, eldiven ve maske ile açılarak, son hacim 25 ml olacak şekilde de-iyonize su ile seyreltilmiştir.

Tablo 3.4. Balık ve Su Kuşları Dokularının Mikrodalga Çözme Sistemine Göre Uygun Sıcaklık ve Zaman Programı

Basamak	1	2	3	4
T ⁰ C	160	190	190	100
Zaman (min.)	5	5	10	10

3.7.4. Yumurta kabuklarında ağır metal analizleri

Laboratuara getirilen yumurta kabukları de-iyonize su ile yıkanarak bitki ve toprak kalıntılarından temizlendikten sonra 120⁰C' de 6 saat etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler porselen havanda ezilmiştir. Örneklerden 0, 5 gram tartılarak üzerine %65'lik HNO₃ (3ml) ve %37'lik HCl (7 ml) eklenip teflon kaplarına

konulmuştur. Uygun programda çözme işlemine başlanmıştır (Bkz. Tablo 3.3). Çözünme işlemi gerçekleştikten sonra oda sıcaklığına gelen teflon tüpler, eldiven ve maske kullanılarak açılıp, son hacim 25 ml olacak şekilde de-iyonize su ile seyreltilmiştir.

BÖLÜM 4. BULGULAR

4.1. Su Örneklerinde Ağır Metal Birikimi Sonuçları

Sapanca Gölü'nde Nisan 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında daha önce tespit edilen beş farklı istasyondan Mayıs, Ağustos, Kasım ve Şubat aylarında alınan su örneklerinde araştırılan ağır metallerin tatlı su yaban hayatı için önerilen su kalitesi sınırlarının altında olduğu saptanmıştır. Bunlara ait değerler ve ortalamaları Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Göldeki sularda ortalama kurşun (0, 003 ppm), kadmiyum (0, 0002 ppm), krom (0,017 ppm), nikel (0, 033 ppm) ve civa (0, 0007 ppm) miktarlarının tatlı su hayatı için önerilen sınırların altında olduğu bulunmuştur. Nisan 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında sularda görülen ağır metal ortalama miktarları Ni>Cr>Pb>Hg>Cd şeklinde saptanmıştır (Tablo 4.1).

Ayrıca gölden alınan beş farklı istasyondaki su örneklerinden en yüksek nikel miktarının 1 nolu istasyon olan Arifiye'de olduğu tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 3.1).

4.2. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Birikimi Sonuçları

Sapanca Gölü'nde Nisan 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında daha önce tespit edilen beş farklı istasyondan Mayıs, Ağustos, Kasım ve Şubat aylarında alınan sediment örneklerine ait değerler ve ortalamaları Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Sediment örneklerinde en yüksek krom değeri sonbahara aittir. Nisan 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında sedimentlerde görülen ağır metaller Cr>Ni>Pb>Hg>Cd

şeklinde. Ayrıca istasyonlar arasında en yüksek değerler 1. istasyona aittir (Bkz. Şekil 3.1)

Tablo 4.1. Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında beş istasyona ait su örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal miktarları (ppm)

AĞIR METALLER	MAYIS	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	(Min-Max) Ort.	Su kalitesi kriterleri*
KURŞUN (Pb)	0,0065	0,0008	0,0011	0,0055	(0,0008 -0,0065) 0,003475	<0,05
KADMİYUM(Cd)	0,0001	0,0001	0,0005	0,0001	(0,0001 -0,0005) 0,0002	<0,01
KROM (Cr)	0,0159	0,0223	0,0135	0,0193	(0,0135 -0,0223) 0,01775	<0,05
NİKEL (Ni)	0,0294	0,0319	0,0228	0,0497	(0,0228 -0,0497) 0,03345	<0,1
CİVA (Hg)	0,0007	0,0009	0,0006	0,0007	(0,0006 -0,0009) 0,000725	<0,02

* Tatlısu için su kalitesi kriterleri (Train, 1979)

Tablo 4.2. Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında beş istasyona ait sediment örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal miktarları (ppm)

AĞIR METALLER	MAYIS	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	(Min-Max) Ort.
KURŞUN (Pb)	14,0984	6,9334	9,1609	10,0056	(6,9334- 14,0984) 10,049575
KADMİYUM(Cd)	0,1276	0,2435	0,3081	0,2796	(0,1276- 0,3081) 0,21785
KROM (Cr)	52,677	122,1269	214,3682	79,2103	(52,677- 214,3682) 133,5226
NİKEL (Ni)	48,5228	108,5454	180,7671	84,6888	(48,5228- 180,7671) 114,64495
CİVA (Hg)	0,2335	1,1488	0,4578	0,129	(0,129- 1,1488) 0,6389

4.3. Toprak Örneklerinde Ağır Metal Birikimi Sonuçları

Sapanca Gölü'nde Nisan 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında beş farklı istasyondan Mayıs, Ağustos, Kasım ve Şubat aylarında alınan toprak örneklerine ait değerler ve ortalamaları Tablo 4.3' de gösterilmiştir.

Toprak örneklerinde en yüksek nikel ve krom kış dönemine aittir. Nisan 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında toprakta görülen ağır metaller Ni>Cr>Hg>Pb>Cd şeklindedir.

Ayrıca Göl'den alınan beş farklı istasyondan toprak örneklerinin ağır metal düzeyleri karşılaştırıldığında;

Kurşun için; 2>5>1>3>4

Kadmiyum için; 2>1>5>4>3

Krom için; 1>3>4>5>2

Nikel için; 1>3>4>5>2

Civa için; 5>4>1>3>2 olarak saptanmıştır (Bkz., Şekil 3.1).

Tablo 4.3. Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında beş istasyona ait toprak örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal miktarları (ppm)

AĞIR METALLER	MAYIS	AĞUSTOS	KASIM	ŞUBAT	(Min-Max) Ort.
KURŞUN (Pb)	7,8964	6,8939	7,1726	9,1113	(6,8939 -9,1113) 7,76855
KADMİYUM(Cd)	0,2405	0,3547	0,263	0,2253	(0,2253 -0,3547) 0,270875
KROM (Cr)	46,3244	100,0233	80,5309	122,5011	(46,3244 -122,5011) 87,344925
NİKEL (Ni)	46,3992	112,3873	78,5617	118,6974	(46,3992 -118,6974) 89,0114
CİVA (Hg)	71,6681	0,4973	0,4495	0,842	(0,4495 -71,6681) 18,364225

4.4. Balık Örneklerinde Ağır Metal Birikimi Sonuçları

Balık türlerinin karaciğer ve kas dokularına ait ağır metal birikme miktarları Tablo 4.4' de gösterilmiştir. Buna göre balıklarda; kurşun ve krom en fazla tahta balığının kasında, nikel ise pullu sazanın karaciğerinde birikmiştir. Kadmiyum ve civaya dokularda rastlanmamıştır.

4.5. Biyoindikatör Su Kuşlarındaki Ağır Metal Birikimi Sonuçları

Sapanca Gölü'nden temin edilen ve analizleri yapılan su kuşu türlerine ait bilgiler verilmiştir (Bkz. Tablo 3.2). Göl'den alınan su kuşu türlerinin karaciğer ve kas dokularına ait ağır metal birikme miktarları Tablo 4.5' de gösterilmiştir. Buna göre su kuşlarında ağır metallerin kas dokusuna göre karaciğerde daha çok biriktiği tespit edilmiştir. Sakarmekenin karaciğerinde, tepeli batağanın ise kaslarında daha fazla ağır metal birikimi tespit edilmiştir.

Tablo 4.4. Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında toplanan balıkların kas, karaciğer doku örneklerinde tespit edilen ortalama ağır metal miktarları (ppm)

Familya	CYPRINIDAE						ESOCIDAE		SILURIDAE			
	PULLU SAZAN (<i>Cyprinus carpio</i>)		KIZILKANAT (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)		KADİFE BALIĞI (<i>Tinca tinca</i>)		TAHTA BALIĞI (<i>Blicca bjoerkna</i>)		TURNA (<i>Esox lucius</i>)		YAYIN (<i>Silurus glanis</i>)	
	Kas	Kc.	Kas	Kc.	Kas	Kc.	Kas	Kc.	Kas	Kc.	Kas	Kc.
Pb	(<0,1- 0,688) 0,394	(0,273-0,355) 0,314	(0,224-3,872) 1,269	(0,896-13,86) 3,185	(0,245- 3,87) 1,249	(<0,1- 1,968) 0,928	(0,291- 6,971) 3,631	(1,715- 5,220) 3,468	(0,491-0,818) 0,609	(0,105 0,617) 0,414	(0,258- 0,172) 0,215	(<0,1 -0,665) 0,383
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	(<0,1 -0,202) 0,151	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cr	(0,648-3,408) 2,028	(4,033-1,958) 2,996	(<0,1- 9,86) 2,767	(0,876-4,971) 2,55	(0,573--4,865) 2,121	(0,581- 5,6) 2,377	(7,625-14,978) 11,302	(2,269-5,885) 4,077	(0,477-2,504) 1,188	(0,555-0,971) 0,746	(1,393-1,656) 1,525	(1,553-1,711) 1,632
Ni	(0,241- 1,533) 0,887	(1,637-1,818) 1,727	(0,244-1,981) 1,012	(0,15- 3,073) 1,31	(0,517- 1,853) 0,898	(0,603-2,359) 1,039	(0,413- 1,4) 0,906	(0,554- 0,875) 0,714	(<0,1- 3,045) 1,081	(<0,1- 0,921) 0,624	(0,718-1,389) 1,053	(1,168-2,199) 1,684
Hg	(0,128-0,305) 0,217	<0,1	(<0,1- 0,372) 0,262	(<0,1- 0,48) 0,181	(<0,1- 0,482) 0,24	(<0,1- 0,407) 0,187	(0,19- 0,204) 0,197	(0,294-0,682) 0,488	(<0,1-0,709) 0,322	(<0,1-0,41) 0,203	(0,191-0,466) 0,329	(0,122-0,122) 0,122

Tablo 4.5. Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında toplanan su kuşlarının kas, karaciğer doku ve yumurta kabuklarında tespit edilen ortalama ağır metal miktarları (ppm)

AĞIR METALLER	SAKARMEKE (<i>Fulica atra</i>)		TEPELİ BATAĞAN (<i>Podiceps cristatus</i>)		BÜYÜK SAZ ARDICI (<i>Acrocephalus arundinaceus</i>)	SİĞİR BALIKÇILI (<i>Bubulcus ibis</i>)
	Kas (Min.-max.)	*Kc. (Min.-max.)	Kas (Min.-max.)	*Kc. (Min.-max.)	Yumurta kabuğu (Min.-max.)	Yumurta kabuğu (Min.-max.)
Pb	(0,227- 1,005) 0,684	(<0,1- 2,199) 0,901	(0,198- 0,333) 0,266	(0,283- 0,513) 0,398	(6,2821) 6,282	(0,514- 1,173) 0,844
Cd	(<0,1) <0,1	(0,198- 0,575) 0,355	(0,1) <0,1	(0,1-0,436) 0,268	<0,1	<0,1
Cr	(0,602 1,728) 0,963	(0,725- 1,724) 1,184	(1,652- 2,153) 1,903	(0,601- 1,41) 1,006	(1,028) 1,028	(1,409- 3,228) 2,319
Ni	(0,57- 1,056) 0,813	(0,163- 1,162) 0,795	(<0,1- 1,154) 0,627	(0,273- 0,671) 0,472	(1,17) 1,17	(1,801- 2,125) 1,963
Hg	(<0,1- 0,529) 0,221	(<0,1- 0,426) 0,248	(<0,1- 0,602) 0,351	(0,134- 0,609) 0,371	(0,225) 0,225	(<0,1- 0,733) 0,416

*Kc. : karaciğer

Kromun tepeli batağanın kaslarında, nikelin sakarmeke kaslarında biriktiği bulunmuştur. Kadmiyum birikimi sakarmeke ve tepeli batağan karaciğerinde bulunurken, kaslarında ölçülebilir değerin altında olduğu saptanmıştır. Sakarmekenin karaciğerinde kurşun (0, 901 ppm) ve kadmiyumun (0, 355 ppm), tepeli batağan karaciğerindeki kurşun (0, 398 ppm) ve kadmiyuma (0, 268 ppm) göre daha çok birikime uğradığı görülmüştür.

Kurşunun büyük saz ardıcı yumurta kabuğunda, sığır balıkçılı yumurta kabuğuna göre daha çok biriktiği bulunmuştur(Tablo 4.5).

Kadmiyumun ölçülebilir sınırların altında olduğu, krom, nikel ve civanın ise sığır balıkçılı yumurta kabuğunda daha fazla birikime uğradığı bulunmuştur.

4.6. Ağır Metal Birikimlerinin Buldukları Ortam, Organizma ve Dokulara Göre Karşılaştırılması

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara bakılarak Sapanca Gölü'nde ağır metal birikiminin en fazla miktarda bulunduğu ortam, organizma ve bu organizmalara ait dokular tespit edilmiştir. Tespit edilen ağır metal miktarları için birikimin en fazla olduğu doku, ortam, organizmalar karşılaştırılmıştır.

4.6.1. Kurşun

Sapanca Gölü'ndeki çeşitli ortam ve organizmalardaki kurşun birikimi Şekil 4.1' de gösterilmiştir.

Buna göre Sapanca Gölü'nde kurşunun sudaki biyoakümüülasyonunun en fazla olduğu ortam sediment; en fazla olduğu organizma tahta balığı; en fazla olduğu doku ise karaciğer olarak saptanmıştır. Ayrıca incelenen büyük saz ardıcı yumurta kabuğunda kurşun birikimi yüksek bulunmuştur.

4.6.2. Kadmiyum

Sapanca Gölü'ndeki çeşitli ortam ve organizmalardaki kadmiyum birikimi Şekil 4.2' de gösterilmiştir.

Buna göre Sapanca Gölü'nde kadmiyumun sudaki biyoakümüülasyonunun en fazla olduğu ortam toprak; en fazla olduğu organizma sakarmeke; en fazla olduğu doku ise karaciğer olarak saptanmıştır.

Bunun yanında incelenen yumurta kabuklarında kadmiyum biyoakümüülasyonu önemsenecek düzeydedir.

4.6.3. Krom

Sapanca Gölü'ndeki çeşitli ortam ve organizmalardaki krom birikimi Şekil 4.3' de gösterilmiştir.

Buna göre Sapanca Gölü'nde kromun sudaki biyoakümüülasyonunun en fazla görüldüğü ortam sediment; en fazla olduğu organizma tahta balığı; en fazla biriktiği doku ise kas olarak saptanmıştır.

Bunun yanında incelenen sığır balıkçılı yumurta kabuklarında krom birikimi yüksek bulunmuştur.

4.6.4. Nikel

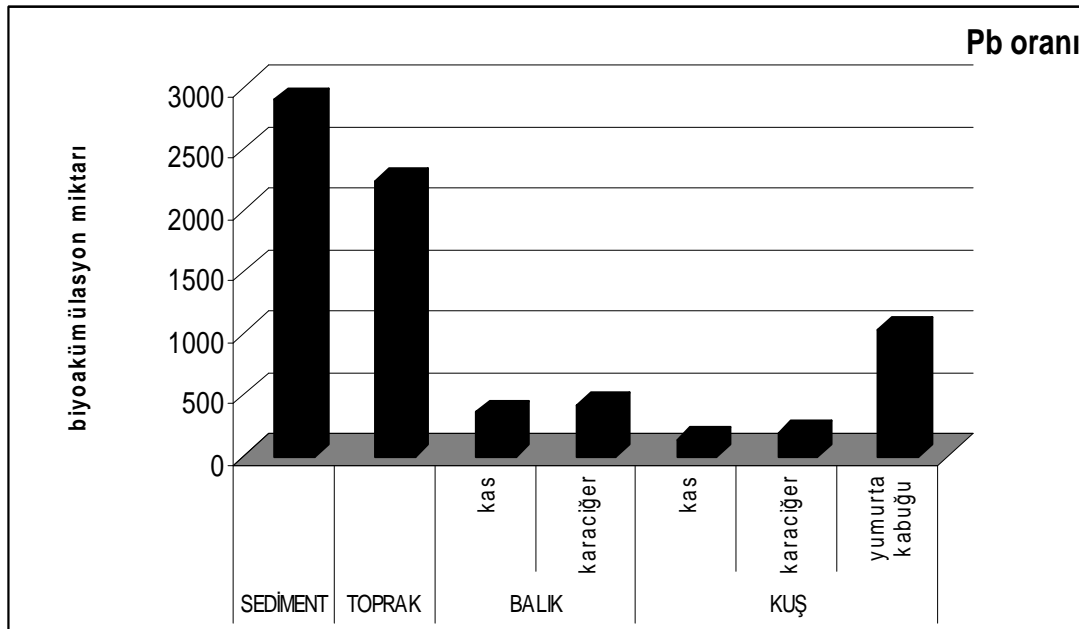
Sapanca Gölü'ndeki çeşitli ortam ve organizmalardaki nikel birikimi Şekil 4.4' de gösterilmiştir.

Buna göre Sapanca Gölü'nde nikelin sudaki biyoakümüülasyonunun en fazla olduğu ortam sediment; en fazla olduğu organizma pullu sazan; en fazla olduğu doku ise karaciğer olarak saptanmıştır. Bunun yanında incelenen yumurta kabuklarından en fazla sığır balıkçılı yumurta kabuğunda nikel bulunmuştur.

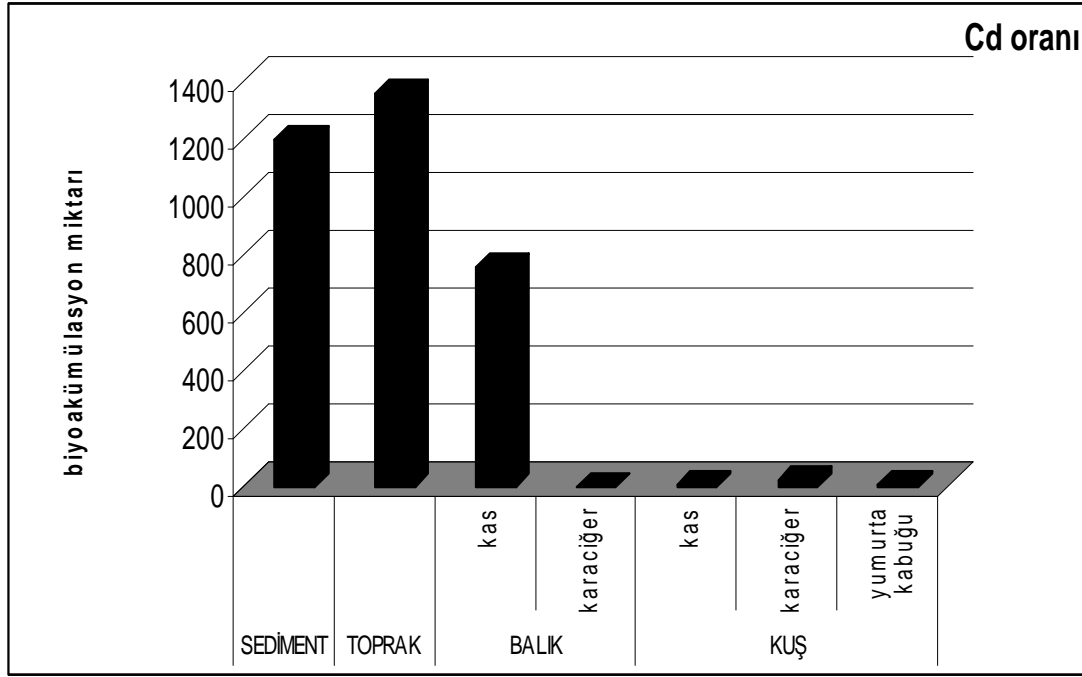
4.6.5. Civa

Sapanca Gölü'ndeki çeşitli ortam ve organizmalardaki civa birikimi Şekil 4.5' de gösterilmiştir. Buna göre Sapanca Gölü'nde civanın sudaki biyoakümüülasyonunun en fazla olduğu ortam toprak; en fazla olduğu organizma tahta balığı; en fazla olduğu doku ise kas olarak saptanmıştır.

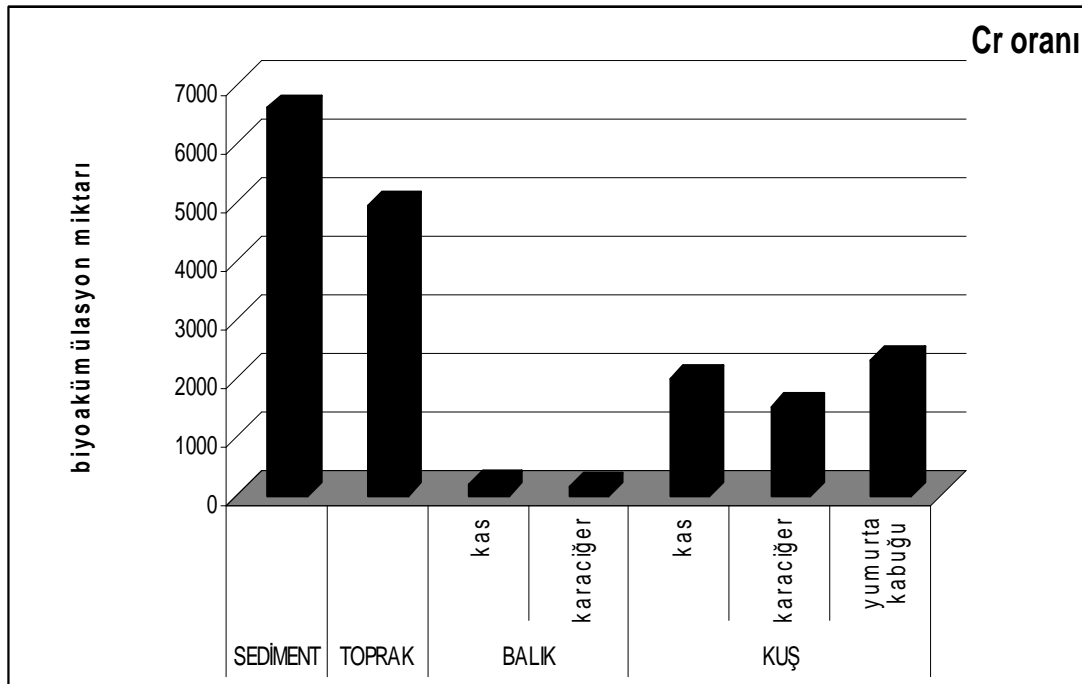
Bunun yanında incelenen yumurta kabuklarından en fazla sığır balıkçılığının yumurta kabuğunda civa bulunmuştur.



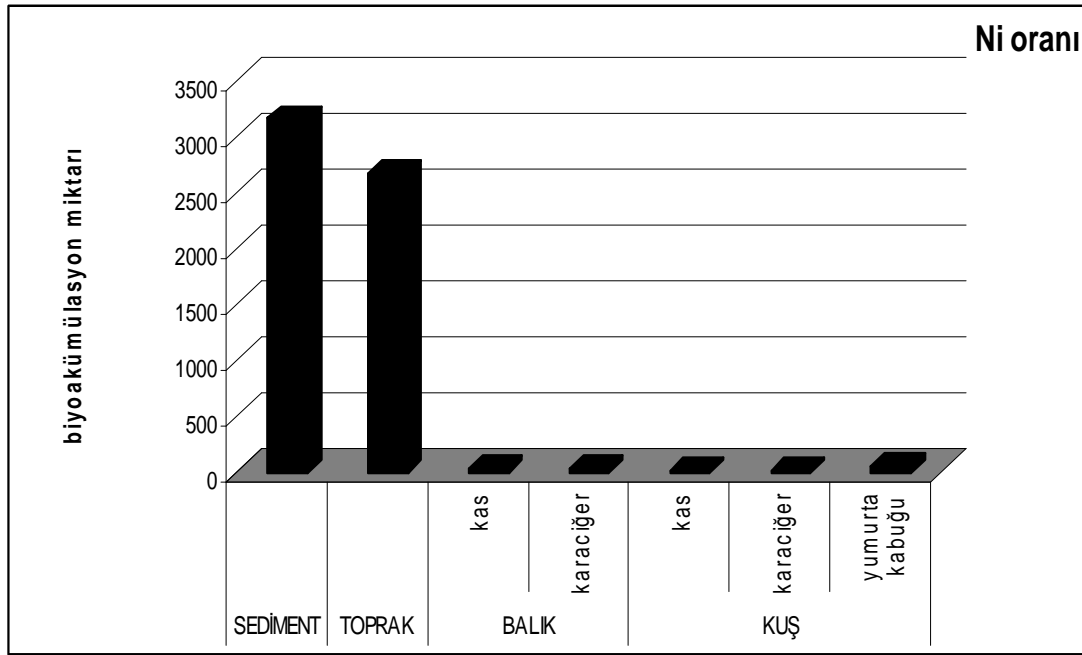
Şekil 4.1. Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında ortam, organizma ve dokularda tespit edilen Pb birikimi (ppm)



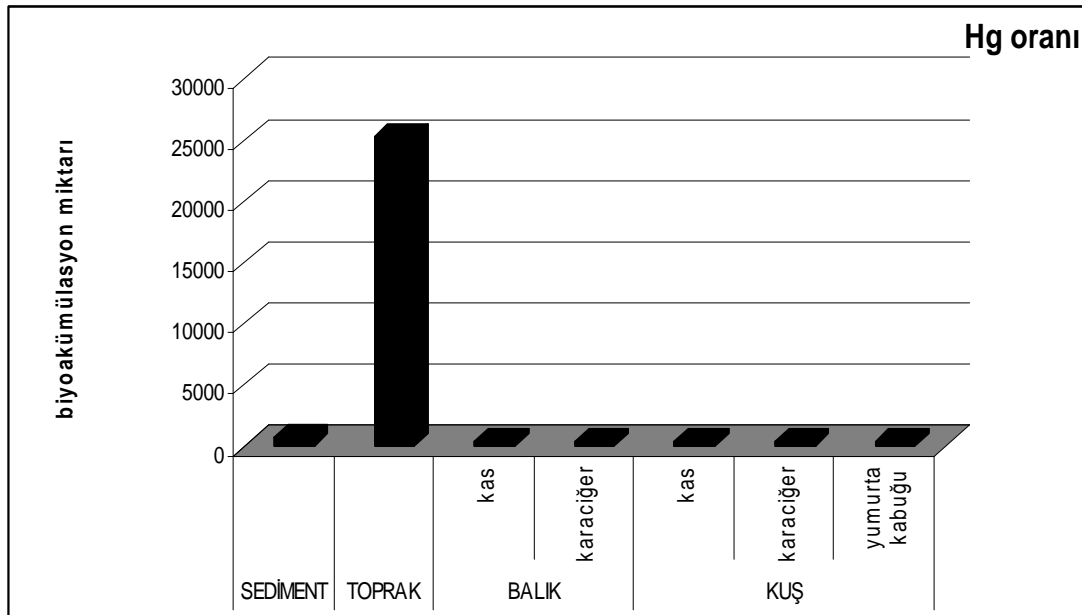
Şekil 4.2. Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında ortam, organizma ve dokularda tespit edilen Cd birikimi (ppm)



Şekil 4.3. Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında ortam, organizma ve dokularda tespit edilen Cr birikimi (ppm)



Şekil 4.4. Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında ortam, organizma ve dokularda tespit edilen Ni birikimi (ppm)



Şekil 4.5. Sapanca Gölü'nde Mayıs 2008-Şubat 2009 tarihleri arasında ortam, organizma ve dokularda tespit edilen Hg birikimi (ppm)

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Ekolojik ve ekonomik açıdan büyük bir öneme sahip olan sulak alanlar tehlike altındadır. Ülkemizde sulak alanların karşı karşıya kaldığı sorunlar esas olarak sulak alanların öneminin tam olarak anlaşılabilmesi, uygulamadaki eksiklikler ve ekonomik nedenlerden kaynaklanmaktadır [48].

Son yıllarda çevre hızla kirlenmekte, bunun sonucu olarak da canlılar ve iklim üzerinde olumsuz etkiler görülmektedir. Çevreyi meydana getiren toprak, su ve havanın fiziksel özelliklerinin tamamı veya bir kısmı insan, hayvan ve bitki sağlığını tehdit edecek, olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulmakta ve değişmektedir.

Yeryüzündeki sular, güneşin sağladığı enerji ile sürekli bir döngü içinde bulunmaktadır. İnsanların ihtiyaçları için kullanılan su; bu döngüden alınmakta ve kullandıktan sonra tekrar aynı döngüye dahil edilmektedir. Bu süreç sırasında suya karışan maddeler, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek su kirliliğine sebep olmaktadır.

Çevre ve doğal kaynakların kirlenmeye karşı korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi açısından önemli olmakla birlikte kirlenmiş alanların temizlenmesi de mevcut çevre kirliliklerinin çözümünde büyük önem arz etmektedir.

Ağır metaller biyoakümülyasyona uğrama olasılıklarından dolayı tehlike oluşturmaktadırlar. Bileşikler alındıkları her hangi bir zamanda canlı dokularında birikim yapabilmekte ve vücuttan atılmasından daha hızlı bir şekilde saklanabilmektedir.

Yapılan araştırmalarda Sapanca Gölü'ne dökülen derelerin besleme havzalarında bulunan ve gittikçe yoğunlaşan sanayileşmeden kaynaklanan sanayi atıkları nedeniyle göl ekosisteminin tehlikeli boyutlara ulaştığı belirtilmiştir. Bu boyut göldeki canlı yaşamını da olumsuz yönde etkilemiştir. Zirai alanlarda kullanılan gübre ve tarım ilaçları yağış suları ile göle taşınmaktadır. Taşınan bu kimyasallar dereler aracılığıyla göle arıtılmadan verilen fabrika atık suları ile göl tabanında birikerek yüksek ağır metal (çinko, kurşun, bakır vb.) bileşenleri oluşturmakta ve toprağı çoraklaştırmaktadır. Çoraklaşma ile birlikte ağaçların kuruması, balıkların ölmesi ve kuşların uzaklaşmaları gölün kirliliğinin doğal sonuçlarındandır.

Ağır metallerin çevre üzerindeki etkisi ekosistemin kararlılığı için ciddi bir risk oluşturur [49]. Kirleticilerin önemli bir kısmını oluşturan ağır metallere, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller sucul ortama ve sedimentlere yayılmıştır.

Bir diğer yandan, organizmada birikim yapmayan elementler için, sedimentler ya da organizmalar, balıklar ya da kabuklular gibi besin zincirinde alt basamakta bulunanlar çevredeki varlıkların daha iyi göstergeleridir. Çünkü bu elementlerin yoğunluğunu yırtıcı kuşlardan daha fazla barındırmaktadırlar [17].

Sapanca Gölü'ne karışan ve bu alanda biriken kirleticiler, mikrobiyal aktiviteye, toprak verimliliğine, biyolojik çeşitlilik ve ürünlerdeki verim kayıplarına, besin zincirinin en üst kademesinde bulunan su kuşlarının olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmaktadır. Ağır metallere, çevreye yüksek düzeyde dayanıklılık ve zehirlilik etkisi göstermesi nedeniyle çevredeki en tehlikeli maddelerden biri olarak kabul edilmektedir [50].

Yoldan geçen araçların bıraktığı lastik tortuları, yağ ve kimyasal atıklar yağmur sularıyla birlikte göle karışmaktadır. Göl kıyısındaki koruma bandında ise her geçen gün yerleşim birimleri artmaktadır. Artan konutların atıkları ise göle akmaktadır. Böylece Sapanca Gölü'nü besleyen dereler, çevresindeki ev ve villalardan gelen evsel atıklarla hızla kirlenmektedir [51].

Sapanca Gölü tamamıyla tarım alanları, meyve bahçeleri ve büyük kavaklıklarla çevrilmiştir. Tarımsal faaliyetler ve avlanma sonucu burada biriken ağır metaller su kuşlarının üreme başarısına olumsuz etkiler oluşturabilmektedir.

Tespit edilen ağır metal içeriğinin göle ait toprak ve sedimentlerde görülmesi, bunların gölde var olduğunu ayrıca yeraltı ve yerüstü su sistemleri ile göle ulaştıklarını göstermektedir. Ağır metal analizleri sonucunda göldeki, toprak ve sedimentlerde ağır metal miktarlarının sudan daha yüksek olması kirliliğin tarımsal kaynaklı olduğunu ortaya çıkarmaktadır [52]. Bunun yanında göle dereler aracılığıyla ya da direkt olarak endüstriyel kökenli kirlenmelerinde ulaştırıldığı da söz konusudur.

Sapanca Gölü'nde su, sediment, toprak, balık ve su kuşları örneklerinde belirlenen ağır metaller farklı seviyelerde bulunmuştur. Yalçın ve Sevinç (2001)'in Sapanca Gölü'nde yaptıkları çalışmada kurşun konsantrasyonunun önemli ölçüde arttığı ve tatlı su kriteri seviyesini aştığı rapor edilmiştir. Yalçın ve Sevinç tarafından rapor edilen, Ocak-Kasım 1999 tarihleri arasında yapılan çalışmada, sudaki kurşun yoğunluğu (0, 14- 0, 001 mg/l), yapılan bu çalışmada (0, 0034 mg/l) belirlenenden daha yüksektir. Bunun sebebinin örnekleme zamanı ve çalışılan metodun farklılığı ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Sapanca Gölü'ndeki su örneklerinde nikel en yüksek (0, 033 mg/l), kadmiyum en düşük (0, 0002 mg/l) yoğunlukta gözlemlenmiştir. Su örneklerindeki ağır metal birikimi; Ni> Cr> Pb>Hg>Cd olarak sıralanmaktadır.

Altındağ ve Yiğit (2005)'in Beyşehir Gölü su örneklerinde yaptığı çalışmada ise kadmiyum konsantrasyonunun fazla, civa konsantrasyonunun ise az olduğu tespit edilmiştir. Sudaki ağır metal birikimini ise Cd>Pb>Cr>Hg olarak sıralamıştır. Kadmiyum miktarının fazla bulunması Beyşehir Gölü çevresinde bulunan tarım arazilerinden gelen kimyasallardan kaynaklanmaktadır.

Ayrıca Kerrison ve ark. (1998) Beyşehir Gölü'ndeki en yüksek yoğunluğun kadmiyumda görülmesinin sebebini kadmiyumun sedimentte az birikmesi ile

açıklamaktadırlar [53]. Sapanca Gölü'nde yapmış olduğumuz çalışmada ise kadmiyum birikiminin sedimentte, topraktan daha fazla olduğu bulunmuştur. Kadmiyumun sedimentteki birikimi; toprağa karışan fosfor içerikli gübrelerin, yağmur suları ile göle taşınması ve göl tabanına çökmesi ile oluşabileceği düşünülmektedir.

Sapanca Gölü'nde yapılan çalışmada su örneklerinde tatlı su kriterlerine göre ağır metal kirliliğine rastlanmamıştır. Bulunan sonuçlardaki ağır metal miktarları tatlı su kriterlerinin altındadır.

Perez ve ark. (1999)'ı yaptıkları çalışmada sedimentteki ağır metal birikimini $Cr > Pb > Cd$ olarak sıralamışlardır [54]. Radwan ve ark. (1990)'ı ağır metallerin sedimentteki miktarını sudan daha yoğun bulmuşlardır [55]. Bu sonuç yaptığımız çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Sapanca Gölü'nde sedimentteki ağır metallerin miktarları $Cr > Ni > Pb > Hg > Cd$ olarak sıralanmıştır. Sonbaharda gölün su seviyesinin azalması ilkbaharda ise gölün su seviyesinin artması sedimentteki krom miktarını etkilemiştir. Kromun en yüksek yoğunluğa ulaştığı mevsim sonbahar (Kasım 2008) (214, 36 ppm), en düşük yoğunluğa ulaştığı mevsim ise ilkbahar (Mart 2008) (52, 67 ppm) olarak bulunmuştur. Gölün su seviyesinin kış ve ilkbahar aylarında yükselmesi; sudaki ve özellikle sedimentteki ağır metallerin yoğunluğunun azalmasına, sonbahara doğru göl suyunun alçalması ise metallerin yoğunluğunun artmasına sebep olmaktadır.

Yalçın ve Sevinç (2001)'in yapmış olduğu çalışmada Sapanca Gölü'nün sediment örneklerindeki yıllık ortalama krom miktarı bizim çalışmamızda tespit edilenden daha düşüktür. Sapanca Gölü'nde sedimentte görülen yüksek krom konsantrasyonunun toprak yapısından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çünkü toprağın yapısına katılabilen serpantin içinde krom fazlalığı görülmektedir. Toprakta bulunan kromun yağmur suları ile topraktan göle sızarak gölün tabanında birikebileceği düşünülmektedir.

Sapanca Gölü'nde yapılan çalışmada topraktaki krom miktarı (87, 344 ppm), toplam krom kritik değerleri (79-100 ppm) arasında bulunmuştur. Bu da kromun toprak için zamanla sınır değerlerini aşabileceğini ve Sapanca Gölü için risk teşkil edebileceğini göstermektedir.

Sapanca Gölü'ndeki toprak örneklerinin yıllık ortalamalarında en fazla nikel (89,01 ppm), en az kadmiyuma (0, 27 ppm) rastlanmıştır. Duman ve ark. (2007)'nin yaptığı çalışmada olduğu gibi bizim çalışmamızda da toprakta nikel miktarı en fazla yaz (112, 38 ppm) ve kış (118, 69 ppm) aylarında görülmüştür. Nikelin 1 nolu istasyonda fazla bulunmasının sebebinin ise D-100 ve Anadolu otoyolu üzerinden geçen araçların lastik ve yağ kalıntılarının yağmur suları ile göle ulaşabileceğini düşündürmektedir. Toprakta bulunması gereken nikel miktarının 30-75 ppm aralığında olması gerekirken yaptığımız çalışmada bu değerlerin üzerinde (89, 01 ppm) sonuçlar elde edilmiştir.

Sedimentteki yoğun nikel miktarının (114, 64 ppm), topraktaki nikel fazlalığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sucul ortamlarda nikel, nikel tuzlarına dönüşerek sedimentte birikmekte, biriken bu nikel tuzlarının bataklık bitkileri tarafından absorblandığı tespit edilmektedir.

Aynı zamanda beş farklı istasyondan alınan toprak örneklerindeki nikel miktarı mevsimsel açıdan çok önemli bir farklılık oluşturmamaktadır. Buna bağlı olarak nikel yoğunluğunun gölün çevresindeki toprağın yapısı ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca ağır metal birikimi ile ilgili olarak Sisman, İmamoğlu ve Aydın (2002) Sapanca Gölü yanında yer alan Kınalı- Sakarya karayolunun kenarından alınan toprak örneklerini analiz etmiş ve en yüksek kurşun değerlerinin Eylül, Kasım ve Mart ayları boyunca gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Bunun sebebinin ise; artan şehirleşme faaliyetleri sonucu derelerdeki kirleticilerin göle akması ve kurşunlu benzin kullanımının artması olarak değerlendirmişlerdir. Kirliliğin antropojenik kurşun katkılarının en etkili mekanizmalarını oluşturduğunu belirtmişlerdir. Göldeki

ortam ve organizmalarda tespit edilen kurşun birikiminin avlanma ve gölü çevreleyen yoğun trafikten kaynaklandığı düşünülmektedir.

Balık ve su kuşları dokularında tespit edilen ağır metal biyoakümülyasyon oranı suya göre yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Bunun sebebi sudaki ağır metallerin çökerek, dip kısmında birikmesi ve incelediğimiz balık ve su kuşlarının bu metalleri sedimentten veya su içindeki besinlerden alıp doku ve organlara aktarmış olabileceklerinden kaynaklanmaktadır. Canbek ve arkadaşları (2002); yaptıkları çalışmada inceledikleri türlerin ağır metal birikim düzeylerinin, ortam suyundaki ağır metal derişimlerinden fazla olduğunu ve bu birikimlerin organ ve dokulara göre farklılık gösterdiklerini belirtmişlerdir. Bu durum yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Balıklarda ağır metal birikimi üç farklı familyaya ait türlerin bireyelerinin kas ve karaciğer dokularında araştırılmıştır. Ayaş ve ark.'nın (2007) Nallıhan Kuş Cenneti'nde yaptıkları çalışmada sazan (*Cyprinus carpio*) ve yayın (*Silurus glanis*) türlerinden, yayın balığında yüksek ağır metal birikimi saptamışlardır. Karaciğer ve kas dokusu örneklerini karşılaştırdığında ise ağır metal birikiminin karaciğerde daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Sapanca Gölü'ndeki yapmış olduğumuz çalışmada da incelenen kas ve karaciğer doku örneklerinden en fazla karaciğerde ağır metal birikiminin olduğu görülmüştür.

Sisman ve ark.'nın (2002) Sapanca Gölü'nde yaptıkları çalışmada, dokularında kadmiyum yoğunluğu görülen Sazan balığının (*Cyprinus carpio*) karaciğer ve böbrek dokularındaki kadmiyum birikimi en kısa sürede çok yüksek derişime ulaşırken, kas dokusundaki birikimin ancak 106 günlük bir etki süresi sonunda ortaya çıktığı belirtilmektedir. Bu da balıklarda kas dokusunun ağır metalleri bağlamada aktif bir doku olmadığını, birikimin diğer doku ve organlara göre düşük seviyede kaldığını göstermektedir. Bu nedenle kas dokudaki ağır metal analizleri yanıltıcı olup, ağır metal kontaminasyonu hakkında kesin bilgi vermemektedir. Balıklarda kas dokusu ağır metal bağlamada etkili değildir.

Altındağ ve Yiğit (2005) Beyşehir Gölü'ndeki balık türlerinden sazanın kas dokularında kadmiyumun yüksek (0, 543 mikrogram/gram), civanın ise düşük (0, 22 mikrogram/gram) yoğunlukta olduğunu bulmuşlardır. Sapanca Gölü'nde yapmış olduğumuz çalışmada ise tahta balığının kas dokusu dışındaki hiçbir kas ve karaciğer doku örneklerinde kadmiyuma rastlanmamıştır. Tahta balığı kas dokusunda kadmiyum birikiminin fazla görülmesinin sebebi, bu türün bireylerinin gölün sığ ve sıcak bölümlerinde yaşıyor olması ve gölün tabanında ağır metallere maruz kalan küçük canlılar ve bitkilerle beslenmesi ile açıklanabilmektedir.

Sapanca Gölü'nde araştırılan balıklarda, ağır metal birikim yerlerinin karaciğer olduğu tespit edilmiştir. Gölde incelenen balık türlerinden kurşun ve krom en fazla Cyprinidae familyasına ait *Blicca bjoerkna* (tahta balığı)'nın kaslarında (11, 302 ppm) bulunmuştur. Kromun dokulardaki sınırı Outridge ve Scheuhammer' e göre 4 ppm'den büyük olduğunda kirlilik göstergesidir [56]. O halde tahta balığı krom ağır metali bakımından toksik etki oluşturmaktadır.

Sonuç olarak aynı familyaya ait türlerdeki bireylerin ağır metal düzeylerinin farklılığı beslenme şekillerinden kaynaklanmadığını göstermektedir. Farklılığın sebebinin bu popülasyona ait bireylerin, vücut oranlarının diğer türlere göre baskın karakterlerde olabileceğinden kaynaklandığını düşündürmektedir.

Sapanca Gölü'nde araştırılan su kuşlarında civa, kas dokularına göre karaciğerde daha yüksek miktarda bulunmuştur. Ayaş (1994) ağır metallerin su kuşlarının karaciğer ve böbrek gibi organlarda birikebildiğini civa bileşiklerinin de az miktarda birikim gösterdiğini ve bu birikimin üreme üzerine olumsuz etkiler yapabileceğini belirtmiştir. Elde ettiğimiz sonuç Ayaş'ın yapmış olduğu çalışma ile uyumaktadır.

Ağır metal birikimini özellikle su kuşları yumurtalarında takip etmek oldukça zordur. Bunu belirlemek için Ayaş (1994) Göksu Deltası'nda yaptığı çalışmada su kuşlarının besinlerine az miktarda civa eklemiştir. Civa miktarının az olmasına rağmen su kuşlarına ait yumurta kabuklarının incelendiği, ortalama yumurta ağırlığının azaldığı, erken embriyonik ölümlerin görüldüğü, yavru çıkışında azalma olduğu tespit edilmiştir [57].

Vural (1993) civanın bir canlıdan başka bir canlıya aktarılmasını incelediği bir çalışmada, üzerine 8 ppm civa püskürtülen tohumlarla beslenen civcivlerin kaslarında yaklaşık 2 kat civa birimi saptanırken, civa ile kontamine olmuş civcivlerle beslenen kır sansarlarında 6 kat civa birikimi tespit edilmiştir [58].

Civa konsantrasyonunun fazla olduğu bölgelerde üreyen, barınan ve beslenen kuşların yumurtalarının ağırlığında azalma, yumurta kabuklarında incelme, erken yumurtadan çıkış veya yumurtadan yavru çıkışında azalma ve ölümler görülmektedir. Aynı zamanda beyin hasarları, yavrularda gelişme geriliği ve tüylenmeleri gecikmektedir.

Balıktaki civa konsantrasyonu, içinde yaşadığı suda bulunan civa konsantrasyonundan daha fazladır. Asit yağışlarından dolayı balıklarda civa gibi toksik maddelerin birikmesi kuşlar için de tehlike arz etmektedir. Bizim yaptığımız çalışmada da balıkların kas ve karaciğer doku örneklerinde civa miktarının, sınır değerinin (1 ppm) altında bulunması, civanın su örneklerinde görülmemesi ile açıklanmaktadır.

Wolfe ve ark.(1998) ve Lewis ve ark.(1993)'ı civanın kuşlar tarafından alınımını ve birikimini beslenme, yaş ve metabolizma gibi birçok faktöre dayandırmaktadır. Ayrıca Spalding ve ark. (1994) kuşların civayı ve diğer elementleri daha fazla olumsuz etki yaratmayacak olan büyüyen kanatlarında biriktirdiğini saptamışlardır [59]. Bu yüzden Honda ve ark. (1986), Furness ve ark. (1993) tüylerin civayı boşaltmak için çok etkili bir yol olduğunu belirtmişlerdir [60- 61].

Kurşun özellikle yumurta kabuğu ve kemik gibi kalkerli dokularda birikmektedir. Bu nedenle yumurtlamanın dışı kuşların vücutlarındaki ağır metalleri uzaklaştırmak için iyi bir yol olduğu söylenebilir. Hücre içinde kurşun, çekirdeğe yerleşerek proteinlere bağlanarak, yapılarını bozmaktadır. Karaciğer ve böbrekteki kurşun miktarı bu iki dokunun metalin ilk hedefi olduğunu göstermektedir.

Özellikle yumurta kabuklarında tespit edilen civa ve kurşun, su kuşlarının üreme başarısına etki etmelerine neden olabileceklerdir.

Custer ve ark. (1984) kurşun ağır metalinin, memelilerde ve kuşlarda kemiklerde biriktiğini saptamışlardır. Yumuşak dokulardaki birikim yerlerinin ise karaciğer ve böbrekler olduğunu belirtmişlerdir [62]. Sapanca Gölü'nde yaptığımız çalışmada da su kuşlarında kurşunun birikim yerinin karaciğer olduğu tespit edilmiştir.

Kurşun kirliliği ilk olarak su kuşları arasında çakıl taşları ve tohum yerine yanlışlıkla kurşun yenmesinden kaynaklanmaktadır. İkinci olarak kurşunla yaralanmış ve ya ölmüş ya da kurşunu bir önceki yolla yiyen hayvanları tüketen avcı kuşlar ve leş yiyiciler arasında kurşun kirliliği gözlenmektedir. Silaha ait kurşundaki ve ağ kurşunundaki metalik kurşunun çevrede çeşitli seviyelerde yayılabilen moleküler kurşun türlerine dönüştüğüne dair kanıtlar vardır [63]. Yenilen kurşun kuşların midesindeki asidik ortamda çözünür ve sindirim sisteminin duvarından kan dolaşımına absorbe edilir.

Custer (2000) kadmiyumun kuşlar tarafından biriktirilmediğine, White ve ark. (1978) kuşların kadmiyumu yumurtalarına aktarmadıklarını düşünmektedirler [64]. Sapanca Gölü'nde yapılan çalışmada da kadmiyumun yumurta kabuklarına aktarılmadıkları yalnızca karaciğerde biriktirildikleri görülmüştür.

Nikel dokularda, ortamlara göre az birikim göstermiştir. Nikelin zararlılık sınırı balıklar için 1-5 mg/l'tir. Sapanca Gölü'nde incelenen balık türlerinde nikelin bu sınırı aşmadığı görülmüştür. Bunun sebebi de nikelin; metabolizasyon sonucunda %90'nın canlı sistemlerden atılması ile açıklanabilir [65].

Yumurta kabuklarında gözlenen en yüksek ağır metal olarak bulunan kurşun, sığır balıkcılı ile karşılaştırıldığında (0, 844 ppm), büyük saz ardıcında (6, 282 ppm) daha yüksek miktarda tespit edilmiştir. Fakat büyük saz ardıcının göçmen bir tür olması sebebi ile gölün ağır metal birikiminin etkisi altında olduğu hakkında kesin bir bilgi verilememektedir.

Ağır metallere yüksek düzeyde zehir etkisine sahip civa, çalışılan istasyonlardan Esentepe bölgesinde yüksek oranda tespit edilmiştir. Bölgenin yüksek seviyede civa içeriyor olması, bölgede gübreleme ve zirai ilaçlama yapıldığını yansıtabilir.

Gübrelerin içerdiği azot ve fosfor, sulamadan dönen drenaj suları ile yüzeysel sulara karışır. Özellikle bilinçsizce yapılan gübreleme ve ilaçlama toprak kirliliğine sebep olmakta, ekolojik dengede bozukluklara yol açmaktadır.

Yapılan analiz sonuçlarında tepeli batağanda ağır metal birikiminin sakarmekeye göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Tepeli batağanın, sakarmekeye göre biyoakümüülasyonunun fazla görülmesi tepeli batağanın yaşam alanı ve beslenme şekli ile ilgili olduğunu düşündürmektedir. Balık ile beslenen su kuşlarında ağır metal birikiminin fazla olması bu türlerin daha fazla tehlike altında olduğunu göstermektedir. Ayrıca karnivor beslenen tepeli batağan, omnivor beslenen sakarmekeye göre daha az sayıda yumurta oluşturmaktadır. Bunun sonucunda da dokularında ağır metal miktarının fazla tespit edildiği tepeli batağanın popülasyona katılan birey sayısında azalma beklenmektedir.

Su kuşlarında ağır metal birikimi beslenmede bozukluk, buna bağlı olarak ağırlık düşüşü, kanatlarda kuvvetsizlik, uçma ve yürümede zorluk şeklinde görülmektedir.

Sonuç olarak çevre kirleticilerin, kuşların doğal yaşam ortamlarında kullanılmasının veya çeşitli yollarla bu ortamlara ulaşarak bulaşmasının kuşlar üzerinde olumsuz etkiler yapabileceği Sapanca Gölü'nde yapılan bu çalışma ile ortaya konmuştur. Bu olumsuz etkilerin derecesi tam olarak bilinmemekle beraber, yurdumuzda pek çok sulak alanın ve buralarda yaşayan kuşların tehlike altında oldukları söylenebilir.

Genellikle ağır metal birikimleri nedeniyle kuş popülasyonlarında azalma uzun zaman içinde ortaya çıktığından bu zamanı beklemeden önlemlerin alınması gerekmektedir.

Yapılacak araştırmalarda sulak alanlarda çevre kirliliğine sebep olan kimyasalların kullanılması, var olan kuş türlerinin ülkemizdeki dağılışı ve popülasyon büyüklüklerinin ne durumda olduğu, bu türlerin hangi tür besinler ile beslendiği ve bu türler üzerinden hangi türlerin beslendiğinin tespit edilmesi gerekmektedir.

Ayrıca çevre kirleticilerinin kuşlara etkisi konusunda yaptığımız araştırmaya benzer ve daha kapsamlı çalışmaların yapılması tehlikenin boyutlarının daha önceden saptanması açısından oldukça önemli olacaktır.

Özellikle Sapanca Gölü'nde avcılık kontrol altına alınmalı kuş katliamı niteliğindeki avlanma önlenmelidir. Gölün belirli yerlerine avlanma yasağını belirten uyarı tabelaları yerleştirilmelidir. Saz kesim ve yakma işlemi kesinlikle kontrol altına alınmalıdır. Bu göllerimizde sürekli görev yapacak koruma görevlileri görevlendirilmelidir. Mart ve Haziran ayları arasında kuluçka dönemi olması nedeniyle bu göllerde hayvan otlatılması yasaklanmalıdır.

Sapanca Gölü çevresinden geçen yol kenarları ağaçlandırılarak insanlara gezinti alanı, kuşlara da yuvalanma ve korunma ortamı oluşturulmalıdır. Göl çevresine konut yapılması kesinlikle kontrol altına alınmalıdır. Sulak alanlarımıza akıtılan kanalizasyon atıkları için daha fazla kirliliğe sebebiyet vermeden gerekli önlemler alınmalıdır [66].

Sonuç olarak bütün bu çalışmalar yapıldıktan sonra doğayı tehdit eden kimyasalların, kuşların popülasyonlarının üreme başarısı üzerine olumsuz etkiler yapabileceğine dair bulgular varsa gerekli tedbirlerin alınması ve bu tedbirlere yönelik yaptırımların uygulanması gerekmektedir.

Kirlenme denilince insan müdahalesinin sonucunda, çevrenin bozulması anlaşılmaktadır. İnsanın çevreye müdahalesi kısa bir zaman aralığında ve büyük bir yoğunlukla ortaya çıkmaktadır. Böylece ekosistemde, canlıların yaşamını ciddi ölçüde etkileyen değişiklikler oluşmaktadır [67]. O halde çevre problemini ortaya çıkmaya başladığı anda teşhis etmek hem doğayı, hem de doğada yaşayan canlıları koruyacaktır [25].

KAYNAKLAR

- [1] OOST, R., HENK, H., AND OPPERHUIZEN, A., Polychlorinated biphenyl congeners in sediments, plankton, molluscs, crustacean and eel in fresh water lake. Publication of using reference chemicals and indicator organisms in bioaccumulation studies. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 17: pp. 721-729, 1998.
- [2] <http://www.kad.org.tr/files/makale/sulakalanlar.pdf>, Nisan 2009.
- [3] PAGANO, S.M., Eysel Atıksularda *Daphnia magna* (Su Pireleri) İle Zehirlilik İzleme, Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi Cilt no 12 Sayı 1, Sayfa 7-16, 2002.
- [4] BAYKAN, Ö., Kursun Nitrat (Pb (NO₃)₂) Metal Tuzunun *Daphnia magna* (Straus 1820) (Cladocera, Crustacea) Üzerindeki Akut Toksik Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Fen Bil. Ens., Ankara, 2007.
- [5] MAGNIN, M., YARAR, G., Türkiye'nin Önemli Kuş Alanları. Doğal Hayatı Koruma Derneği, İstanbul, 1997.
- [6] KEETON, W.T., GOULD, J.L., Genel Biyoloji 2, Demirsoy, A., Türkan, İ., Gündüz, E., 5. Basım, Palme Yayıncılık, Ankara, 2004.
- [7] Anonim, Karatepe- Aslantaş Milli Parkı Uzun Devreli Master Planı. Sentez Değerlendirme Raporu. Ç. Ü. Target Ltd., Adana, 1999.
- [8] KUTLU, Ö., Seyhan Nehri ve Tuz Gölü Yaban Hayatı Koruma Alanında Alan Kullanımlarının Kuş Habitatları Kaybı Yönünden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Ens., Adana, 2002.
- [9] GÜLEY, M., VE VURAL, N., Toksikoloji, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayın, No: 48, Ankara, 1987.
- [10] AYAŞ, Z., ÇELİKKAN, H., AKSU, M., Lead (Pb) and Copper (Cu) Concentration in the Eggshells of Audouin's Gulls (*Larus audouinii*) in Turkey. Turk J. Zool., TUBITAK, 32, 2008.
- [11] DUMAN, F., AKSOY, A., & DEMİREZEN, D., Seasonal Variability Of Heavy Metals in Surface Sediment Of Lake Sapanca, Turkey. *Environ. Monit. Assess*, 133, 277-283, 2007.

- [12] AYAS, Z., EKMEKCI, G., YERLI, S., OZMEN, M., Heavy metal accumulation in water, sediments and fishes of Nallihan Bird Paradise, Turkey, *J. Environ. Biol.*, 28(3), 545-549, 2007.
- [13] ALTINDAG, A., VE YIGIT, S., Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Turkey. *Chemosphere*, 60(4), 552-556, 2005.
- [14] DEMİREZEN, D., VE AKSOY, A., Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). *Chemosphere*, 56, 685–696, 2004.
- [15] OZMEN, H., KÜLAHCI, F., ÇUKUROVALI, A., VE DOĞRU, M., Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). *Chemosphere*, 55, 401–408, 2004.
- [16] KARADEDE, H., & UNLU, E., Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey, *Chemosphere*, 41, 1371–1376, 2000.
- [17] BONCOMPAGNÌ, E., MUHAMMAD, A., JABEEN, R., ORVİNİ, E., GANDİNİ, C., SANPERA, C., RUIZ, X., FASOLA, M., Egrets as Monitors of Trace-Metal Contamination in Wetlands of Pakistan. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 45, 399–406, 2003.
- [18] SİSMAN, I., IMAMOĞLU, M., VE AYDİN, A.O., Determination of heavy metals in roadside soil from Sapanca area highway, Turkey. *International Journal of Environment and Pollution*, 17(4), 306–311, 2002.
- [19] YALÇIN, N., VE SEVİNÇ, V., Heavy Metal Contents of Lake Sapanca, Sakarya University, Chemistry Department, 25, 521- 525, 2001.
- [20] BAKAN, G., VE BALKAS, T.I., Enrichment of metals in the surface sediments of Sapanca Lake. *Water Environment Research*, 71, 71-74, 1999.
- [21] BARLAS, N., A pilot study of heavy metal concentration in various environments and fishes in the upper Sakarya Basin, Turkey. *Environ. Toxicol.*, 14, 367-373, 1999.
- [22] AYAŞ, Z., VE KOLONKAYA D., Accumulation of some heavy metals in various environments and organisms at Goksu Delta, Turkey, 1991-1993. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 56, 65-72, 1996.
- [23] TANIK, A., BAYKAL, B.B., GONENC, I.E., MERİC, S., VE OKTEM, Y., The effect and control of pollution in the catchment area of Lake Sapanca, Turkey. *Environmental Management*, 22, 407–414, 1998.

- [24] CANLI, M., AY, O., KALAY, M., Levels of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma* regium from the Seyhan River, Turkey. *Turk. J. Zoology*. 22:149-157, 1998.
- [25] AYAS, Z., Göksu Deltası'nda Bazı Çevre Kirleticilerin Çeşitli Ortam ve Organizmalarda Birikimi ve Biyoindikatör Su Kuşlarındaki Toksik Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Hacettepe Üniv. Fen Bil. Ens., Ankara, 1994.
- [26] WEI, C., AND MORISSON, G.M., Effect of stormwater runoff on metal distribution in the sediment and interstitial waters of an urban river. *Environment & Technology*, 14, 1057– 1064, 1993.
- [27] EDELSTEIN, S., FULMER, C.S., AND BRADLEY, M., Gastrointestinal absorption of lead in chicks: Involvement of the cholecalciferol endocrine system. *J. Nutr.* 114: 692-700 pp, 1986.
- [28] NICHOLSON, J.K., The comparative distribution of zinc, cadmium and mercury in selected tissues of the herring gull (*Larus argentatus*). *Comp. Biochem. Physiol. C Comp. Pharmacol.* 68, 91–94, 1981.
- [29] BORG. K. ET AL., Alkylmercury poisoning in terrestrial swedish wildlife. *Environ Pollution*, (1): 91-104 pp, 1969.
- [30] Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Kocaeli İl Çevre Durum Raporu, 2006.
- [31] <http://www.sapanca.gov.tr/>, Mart 2009.
- [32] <http://www.akdeniz.edu.tr/muhfak/cevre/intag825/sapanca.htm>, Mart 2009.
- [33] Sakarya Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Sakarya İl Çevre Durum Raporu, 2004.
- [34] <http://www.wwf.org.tr/su/tuerkiyenin-su-kaynaklari/baslica-su-kaynaklari/sapanca-goelue/>, Mart 2009.
- [35] FÖRSTNER, U., WITTMANN, G.T.W., *Metal Pollution in Aquatic Environment*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 486, 1983.
- [36] SCHEUHAMMER, A.M., The chronic toxicity of aluminum, cadmium, mercury and lead in birds: A review. *Environ Poll.*, 46:263– 295, 1987.
- [37] BATTAGLIA, A., GHIDINI, S., CAMPANINI, G., SPAGGIARI, R., Heavy metal contamination in little owl (*Athene noctua*) and common buzzard (*Buteo buteo*) from northern Italy. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 61–66, 2005.

- [38] PAİN, D.J., AMİARD-TRİQUET, C., Lead poisoning of raptors in France and elsewhere. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 25, 183–192, 1993.
- [39] FURNESS, R.W., Cadmium in birds. In: Beyer, W.N., Heinz, G.H., Redmon-Norwood, A.W. (Eds.), *Environmental Contaminants in Wildlife*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 389–404, 1996.
- [40] GAUGLHOFER J., BİANCHİ V., Chromium. In: Merian E (ed) *Metals and their compounds in the environment*. VCH Publisher, Weinheim, Germany, 1991.
- [41] KARTAL G., KAHVECİOĞLU Ö., GÜVEN A., TİMUR S., Metallerin Çevresel Etkileri-II, *Metalurji Dergisi*, s. 46-51, Sayı 137, 2004.
- [42] HEİNZ, G.H., AND LOCKE, L.N., Brain lesions in mallard ducklings from parents fed methyl mercury. *Avian Disease*. 20: 9-17 pp, 1976.
- [43] KİZİROĞLU, İ., Türkiye Kuşları. Orman Genel Müd. Matbaası, sayfa 314, Ankara, 1989.
- [44] http://Www.Trakus.Org/Kods_Bird/Uye/?Fsx=2fsdl17@D&Tur=Sakarmeke, Mart 2009.
- [45] http://www.trakus.org/kods_bird/uye/?fsx=2fsdl17@d&tur=bahri, Mart 2009.
- [46] BEEFTİNK W.G. ET AL., Heavy metal accumulation in salt marshes from the western and eastern scheldt. *The Science and Total Environment*. 25: 199-223 pp, 1982.
- [47] BAARS, A.J. ET AL., Floride pollution in salt marshes. Movement between soil, vegetation and sheep. *Bull. Environ Contam. Toxicol*. 39: 945-952 pp, 1987.
- [48] TRAIN, R.E., *Quality Criteria for Water*. Castle Hause Publications Ltd. London, 256 p, 1979.
- [49] SORENSEN, E.M., *Metal poisoning in fish*. Boca Raton, FL, CRC Pres, 1991.
- [50] CANBEK, M., YETİM, M., UYANOĞLU, M., EMİROĞLU, Ö., ve BAYRAMOĞLU G., Porsuk Çayındaki bazı canlılarda ağır metal birikimleri ve bunların toksik etkilerinin araştırılması. T.C.Osmangazi Üniversitesi Araştırma Fonu Başkanlığı, Fen Bilimleri Proje No: 2000/28, 67, 2002.
- [51] SCHEUHAMMER, A.M., The chronic toxicity of aluminum, cadmium, mercury and lead in bird: A Review. *Environmental Pollution*. 46: 263-295, 1987.

- [52] WOLFE, M.F., SCHWARZBACH, S., SULAIMAN, R.A., Effects of mercury on wildlife: A comprehensive review. *Environ Toxicol Chem.*, 17:146–160, 1998.
- [53] KERRISON, P.H., ANNONSI, D., ZERINI, S., RAVERA, O., MOSS, B., Effects of low concentrations of heavy metals on plankton community dynamics in a small, shallow, fertile lake. *J. Plankton Res.* 10, 779–812, 1998.
- [54] PE´REZ, A., BALCA´ZAR, M., ZARAZU´A-ORTEGA, G., BARCELO´ -QUİNTAL, I., DI´AZ-DELGADO, C. Heavy metal concentrations in water and bottom sediments of a Mexican reservoir. *Sci. Total Environ.* 234, 185–196, 1999.
- [55] RADWAN, S., KOWALIK, W., KORNIJOW, R., Accumulation of heavy metals in a lake ecosystem. *Sci. Total Environ.* 96, 121–129, 1990.
- [56] OUTFRİDGE, P.M., SCHEUHAMMER, A.M., Bioaccumulation and toxicology of chromium: Implications for wildlife. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 130:31–77, 1993.
- [57] HEİNZ, G.H. and LOCKE, L.N., Brain lesions in mallard ducklings from parents fed methyl mercury. *Avian Disease.* 20: 9-17 pp, 1976.
- [58] VURAL, H., Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çevre Dergisi, sayı 8, 1993.
- [59] SPALDING, M.G., BJORK, R.D., POWELL, G.V.N., SUNDLOF, S.F., Mercury and cause of death in Great White Herons. *J Wildl Manage.* 58:735–739, 1994.
- [60] HONDA, K., MIN, B.Y., TATSUKAWA, R., Distribution of heavy metals and their age-related changes in the eastern great white egret, *Egretta alba modesta*, in Korea. *Arch Environ Contam Toxicol.*, 15:185–197, 1986.
- [61] FURNESS ET AL 1990 FURNES, R.W. Birds as monitors of pollutants. In: Furness RW Greenwood JJD (Eds.). *Birds as monitors of environmental change.* Chapman and Hall, London, pp 86, 1993.
- [62] CUSTER, T.W., FRANSON, J.C. AND PATTEE, O.H., Tissue lead distribution and hematological effects in American kestrels, fed biologically incorporated lead. *J. Wildl. Disease.* (20): 39-43 pp, 1984.
- [63] SCHEUHAMMER, A.M., NORRIS, S.L., The ecotoxicology of lead shot and lead fishing weights. *Ecotoxicology* 5:279–295, 1996.

- [64] WHITE, D.H., FINLEY, M.F., FERREL, J.F., Histopathologic effects of dietary cadmium on kidneys and testes of Mallard ducks. *J Toxicol Environ Health*, 4:551–558, 1978.
- [65] VURAL, N., Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, 56: 81- 86, 1984.
- [66] KAYA, M., Mert Ve Erikli Göllerinin (Kırklareli/İğneada) Kuş Faunası Açısından Önemi ve Ekolojik Sorunları. Trakya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Edirne, 1998.
- [67] ŞİŞLİ, M.N., Ekoloji. Hacettepe Üniversitesi Yayınları A- 31. Meteksan Ltd. Matbaası, Ankara, 1980.

ÖZGEÇMİŞ

Pınar Alpat, 11.03.1984 de Ankara' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli'de tamamladı. 2002 yılında Körfez Oruç Reis Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2003 yılında başladığı Erciyes Üniversitesi Biyoloji bölümünü 2007 yılında bitirdi. 2007 yılında Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümüne girdi ve 2009 yılında mezun oldu. 2007- 2009 yılları arasında Hereke Sümer İlk Öğretim Okulu'nda Fen ve Teknoloji Öğretmeni olarak çalıştı. Halen Hereke Sümer İlk Öğretim Okulu'nda görev yapmaktadır.