T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

"BEYŞEHİR, EĞİRDİR, ÇİVRİL, SUĞLA, KARATAŞ, KOVADA ve GÖLHİSAR GÖLLERİNİN SU, SEDİMAN ve BALIK (*Carassius gibelio*) ÖRNEKLERİNDE BAZI AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ"

DUYGU CEREN ÇAĞLAN KAYA

BURDUR, 2021

T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

"BEYŞEHİR, EĞİRDİR, ÇİVRİL, SUĞLA, KARATAŞ, KOVADA ve GÖLHİSAR GÖLLERİNİN SU, SEDİMAN ve BALIK (*Carassius gibelio*) ÖRNEKLERİNDE BAZI AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ"

DUYGU CEREN ÇAĞLAN KAYA

Danışman: Prof. Dr. Deniz İNNAL

BURDUR, 2021

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum **"Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar Göllerinin Su, Sediman ve Balık (*Carassius gibelio*) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi"** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

24 / 02/ 2021

(İmza)

Duygu Ceren ÇAĞLAN KAYA

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Akademik hayatım başta olmak üzere her konuda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bu tez çalışmasını hazırlama sürecinde bilgi ve tecrübesi ile beni yönlendiren değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Deniz İNNAL'a teşekkürlerimi sunarım. Deneysel çalışmalarım için laboratuvar olanağı sağlayan Fen- Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'ne, ağır metal analizleri için MAKÜ-BİLTEKMER'e ve araştırmalarımda hiçbir yardımı esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. İskender GÜLLE, Doç. Dr. Murat YABANLI ve Doç. Dr. Hale SEÇİLMİŞ CANBAY'a teşekkür ederim.

Araştırmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli akademisyen arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Mustafa ÖZTOP ve Öğr.Gör. Dilek Bengü YAMAN ACAR'a teşekkür ederim.

0558-DR-18 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında beni destekleyen anneme ve babama, bu süreçte yanımda olan eşim Av. Kayhan KAYA ve yaşından büyük desteği için oğlum ***DENİZ***'e sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

02, 2021 **Duygu Ceren ÇAĞLAN KAYA**

İÇİNDEKİLER

Sayfa
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİL DİZİNİ iv
ÇİZELGE DİZİNİ v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ viii
ÖZET ix
SUMMARY x
1. GİRİŞ 1
1.1. Kaynak Özetleri 4
2. GENEL BİLGİLER 9
2.1. Ağır Metaller ve Çevre Kirliliği 9
2.1.1. Kurşun 14
2.1.2. Kadmiyum 14
2.1.3. Krom 14
2.1.4. Bakır 15
2.1.5. Çinko 15
2.1.6. Ekosistemde Ağır Metal Konsantrasyonlarının İzlenmesi ve Biyoindikatör Kullanımı 19
2.2. *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) 21
3. MATERYAL ve YÖNTEM 25
3.1. Materyal 25
3.1.1. Örnekleme Bölgesi ve Çalışma İstasyonları 25
3.1.1.1. Beyşehir Gölü 29
3.1.1.2. Eğirdir Gölü 31
Şekil 3.3. Eğirdir Gölü istasyonları 33
3.1.1.3. Çivril (Işıklı) Gölü 33
3.1.1.4. Suğla Gölü 35
3.1.1.5. Karataş Gölü 36
3.1.1.6. Kovada Gölü 37
3.1.1.7. Gölhisar Gölü 37
3.1.2. Su, Sediman ve Balık Örneklemesi 38
3.2. Yöntem 39
3.2.1. Laboratuvar Analizleri 39
3.2.1.1. Boy-Ağırlık Ölçümü ve Cinsiyet Tayini 39
3.2.1.2. Su Numunelerinde Ağır Metal Tayini 39
3.2.1.3. Sedimanda Ağır Metal Analizleri 39
3.2.1.4. Balık Dokusunda Ağır Metal Analizleri 40
3.3. İstatistiksel Analizler 41
3.4. Risk Değerlendirmesinin Yapılması 42
3.4.1. İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmeleri 42
3.4.1.1. EDI (Estimated Daily Intake): Tahmini Günlük Alım Miktarı 43
3.4.1.2 THQ (Target Hazard Quotients): Hedef Tehlike Oranı 44
3.4.1.3 CR (Carcinogenic risk): Kanserojenik Risk Faktörü 44
3.4.2. Ekolojik Risk Değerlendirmeleri 46
3.4.2.1. Biyoakümülasyon Faktörü 46

3.4.2.2. Aktarım Faktörü (Transference Factor=TF);.....47
3.4.2.3. Tatlısu Sediman Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Ekolojik Risk Faktörleri 47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....51
4.1. *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) Bazı Biyolojik Özellikleri.....51
4.1.1. Eşey Oranı 51
4.1.2. Boy ve Ağırlık Değerleri 53
4.2. Fizikokimyasal parametreler 56
4.3. Ağır Metal Konsantrasyonları.....64
4.3.1. Göl Sularında Ağır Metal Konsantrasyonları (µg/L) 65
4.3.1.1. Göl Sularında Kurşun Konsantrasyonları.....67
4.3.1.2. Göl Sularında Kadmiyum Konsantrasyonları.....68
4.3.1.3. Göl Sularında Krom Konsantrasyonları.....70
4.3.1.4. Göl Sularında Bakır Konsantrasyonları 71
4.3.1.5. Göl Sularında Çinko Konsantrasyonları 72
4.3.2. Sedimanda Ağır Metal Konsantrasyonları (mg/kg) 76
4.3.2.1. Sedimanda Kurşun Konsantrasyonları (mg/kg).....79
4.3.2.2. Sedimanda Kadmiyum Konsantrasyonları (mg/kg).....80
4.3.2.3. Sedimanda Krom Konsantrasyonları (mg/kg) 82
4.3.2.4. Sedimanda Bakır Konsantrasyonları (mg/kg) 83
4.3.2.5. Sedimanda Çinko Konsantrasyonları (mg/kg) 85
4.3.3. Balık Dokusunda Ağır Metal Konsantrasyonları (mg/kg) 88
4.3.3.1. Balık Dokusunda Kurşun Konsantrasyonları (mg/kg).....89
4.3.3.2. Balık Dokusunda Kadmiyum Konsantrasyonları (mg/kg).....91
4.3.3.3. Balık Dokusunda Krom Konsantrasyonları (mg/kg) 92
4.3.3.4. Balık Dokusunda Bakır Konsantrasyonları (mg/kg).....93
4.3.3.5. Balık Dokusunda Çinko Konsantrasyonları (mg/kg).....94
4.4. İstatistiksel Analizler 102
4.5. Risk Değerlendirmeleri.....111
4.5.1. İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmeleri 111
4.5.1.1. EDI (Estimated Daily Intake): Tahmini Günlük Alım Miktarı.....112
4.5.1.2. THQ (Target Hazard Quotients): Hedef Tehlike Oranı / TTHQ (Total Target Hazard Quotient): Toplam Hedef Tehlike Oranı.....113
4.5.1.3. CR (Carcinogenic Risk): Kanserojenik Risk Faktörü.....114
4.5.2. Ekolojik Risk Değerlendirmeleri 119
4.5.2.1. Biyoakümülasyon Faktörü.....119
4.5.2.2. Aktarım Faktörü (Transference Factor=TF).....121
4.5.2.3. Tatlısu Sediman Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Ekolojik Risk Faktörleri 123
5. SONUÇ.....134
KAYNAKÇA 141
ÖZGEÇMİŞ.....181

ŞEKİL DİZİNİ Sayfa

Şekil 2.1. *Carassius gibelio'nun* genel görünümü 22

Şekil 3.1. Göller Bölgesi 27

Şekil 3.2. Beyşehir Gölü istasyonları 31

Şekil 3.3. Eğirdir Gölü istasyonları 33

Şekil 3.4. Çivril Gölü istasyonları 34

Şekil 3.5. Suğla Gölü istasyonları 35

Şekil 3.6. Karataş Gölü istasyonları 36

Şekil 3.7. Kovada Gölü istasyonları 37

Şekil 3.8. Gölhisar Gölü istasyonları 38

Şekil 4.1. *Carassius gibelio* kas dokusunda belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının (mg/kg) göllere göre yağışlı ve kurak dönemlere ait dağılım grafikleri 103

Şekil 4.2. Göllerden alınan sediman örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarına (mg/kg) göre yağışlı ve kurak dönemlere ait dağılım grafikleri.....106

Şekil 4.3. Göllerden alınan su örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarına (µg/L) göre yağışlı ve kurak dönemlere ait dağılım grafikleri 108

Şekil 4.4. Göllerden alınan su, sediman ve doku örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarına ait dağılım grafikleri (su:µg/l; doku, sediman: mg/kg) 110

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Bazı kuruluşların sularda belirledikleri ağır metal konsantrasyonlarının limit değerleri (µg/L).....16

Tablo 2.2. Bazı kuruluşların balık dokusu için belirledikleri limit değerler (mg/kg) 16

Tablo 2.3. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği su kalite sınıfları 18

Tablo 2.4. Tatlısu ekosistemlerindeki metaller için TEC ve PEC değerleri.....19

Tablo 3.1. Örnekleme yapılan istasyonların tanımı. 28

Tablo 3.2. Örnekleme yapılan istasyonların özellikleri 29

Tablo 3.3. Mikrodalga cihazı yaş yakma çözümleme programı 40

Tablo 3.4. ICP–OES analiz parametreleri 41

Tablo 3.5. Ağır metallerin dalga boyu ve tespit limitleri 41

Tablo 3.6. İnsan sağlığı risk değerlendirmeleri için kullanılan faktörler ve birimleri 43

Tablo 3.7. Sediman ekolojik risk indeksleri, formülleri ve sonuçlarına ait sınıflandırma dereceleri 48

Tablo 4.1. *Carassius gibelio* eşey sayıları, eşey yüzdeleri ve oranları 51

Tablo 4.2. *Carassius gibelio* bireylerinde boy (TL, cm) ve ağırlık (g) ölçümleri 53

Tablo 4.3. *Carassius gibelio* bireylerinde boy (TL ve FL) değerleri ve önceki çalışmalarla karşılaştırılması.....54

Tablo 4.4. *Carassius gibelio* bireylerinde ağırlık (g) değerleri ve önceki çalışmalarla karşılaştırılması.....55

Tablo 4.5. Araştırma sahasına ait istasyonların bazı fizikokimyasal değerleri 57

Tablo 4.6. Göllere ait fizikokimyasal değerlerin en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri ile önceki çalışmaların ve SKKY (2015) limit değerlerinin karşılaştırılması.....59

Tablo 4.7. Çalışma alanını oluşturan göllerin bulunduğu illere göre ortalama en yüksek ve en düşük sıcaklıklar ve yağış miktarları.....63

Tablo 4.8. Referans madde analiz sonuçları 64

Tablo 4.9. İstasyonlara göre su numunelerinde ağır metal konsantrasyonları ve ortalamaları (µg/l) 65

Tablo 4.10. Göl suyunda ortalama kurşun düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi değerlerle karşılaştırılması (µg/L) 68

Tablo 4.11. Göl suyunda ortalama kadmiyum düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması 69

Tablo 4.12. Göl suyunda ortalama krom düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması 70

Tablo 4.13. Göl suyunda ortalama bakır düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması 72

Tablo 4.14. Göl suyunda ortalama çinko düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması 73

Tablo 4.15. İstasyonlara göre sedimanda ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) 77

Tablo 4.16. Sedimanda tespit edilen ortalama kurşun düzeylerinin diğer çalışmalar ve SKR limitleri ile karşılaştırılması (mg/kg) 80

Tablo 4.17. Sedimanda tespit edilen ortalama kadmiyum düzeylerinin diğer çalışmalar ve SKR limitleri ile karşılaştırılması (mg/kg).....81

Tablo 4.18. Sedimanda tespit edilen ortalama krom düzeylerinin diğer çalışmalar ve SKR limitleri ile karşılaştırılması.....83

Tablo 4.19. Sedimanda tespit edilen ortalama bakır düzeylerinin diğer çalışmalar ve SKR limitleri ile karşılaştırılması.....84

Tablo 4.20. Sedimanda tespit edilen ortalama çinko düzeylerinin diğer çalışmalar ve SKR limitleri ile karşılaştırılması.....86

Tablo 4.21.Göllerden temin edilen *Carassius gibelio* bireylerinde kas dokusundan belirlenen ağır metal konsantrasyonlar (mg/kg) 88

Tablo 4.22. Göllerden temin edilen *Carassius gibelio* bireylerinin sindirim kanalında belirlenen ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) 89

Tablo 4.23. *Carassius gibelio* kas dokusunda tespit edilen ortalama kurşun düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi değerlerle karşılaştırılması (mg/kg).....90

Tablo 4.24. *Carassius gibelio* kas dokusunda tespit edilen ortalama kadmiyum düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi değerlerle karşılaştırılması (mg/kg)..91

Tablo 4.25. *Carassius gibelio* kas dokusunda ortalama krom düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması (mg/kg) 92

Tablo 4.26. *Carassius gibelio* kas dokusunda ortalama bakır düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması (mg/kg) 94

Tablo 4.27. *Carassius gibelio* kas dokusunda ortalama çinko düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması (mg/kg) 95

Tablo 4.28. *Carassius gibelio* kas dokusunda ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) ile ilişkili çalışmalar 96

Tablo 4.29. Kas dokusunda ortalama konsantrasyonları belirlenen ağır metallerin tahmini günlük alım değerleri (µg/kg bw/day) 112

Tablo 4.30. Kas dokusunda ortalama konsantrasyonları belirlenen ağır metallerin tahmini hedef tehlike oranları 113

Tablo 4.31. Kanserojenik risk olasılıkları 114

Tablo 4.32. İnsan sağlığı risk değerlendirmesi yapılmış canlı grupları ve bulundukları tatlısu sistemleri 115

Tablo 4.33. Balık dokusunda ağır metal biyoakümülasyon oranları 119

Tablo 4.34. C*arassius gibelio* sindirim kanalı ortalama ağır metal konsantrasyonları ve TF sonuçları 122

Tablo 4.35. Sedimanda ortalama ağır metal konsantrasyonları ve EF sonuçları 124

Tablo 4.36. Sedimanda ortalama ağır metal konsantrasyonları, yer kabuğu ortalamaları, kirlilik faktörü ve jeoakümülasyon indeksi sonuçları 126

Tablo 4.37. Kontaminasyon değeri, uyarlanmış kirlilik derecesi, kirlilik indeksi sonuçları, kirlilik ve risk durumları 127

Tablo 4.38. Tatlısu sediman kalitesinin değerlendirilmesi ve ekolojik risk faktörleri için kullanılan indeksler ve Anadolu'nun farklı göllerinde ve akarsularında yapılmış çalışmalar 130

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

µg/L : Mikrogram/Litre
AAS : Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi
ALA : Analiz Limitlerinin Altında
bw : Vücut Ağırlığı
cm : Santimetre
DO : Çözünmüş Oksijen
dw : Kuru Ağırlık (Dry Weight)
e.d. : En Düşük
e.y. : En Yüksek
FL : Çatal Boyu
g : Gram
ICP-AES : İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Sperktroskopisi
ICP-MS : İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Sperktroskopisi
ICP-OES : İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Sperktroskopisi
km : Kilometre
L :Boy (Lenght)
m : Metre
mg/L : Miligram/Litre
n : Birey sayısı
ort. : Ortalama
ppb : Parts Per Billion
ppm : Parts Per Million
SKR : Sediman Kalite Rehberi
std s : Standart Sapma
TDS : Toplam Çözünmüş Katılar (Total Dissolved Solids)
TL : Total Boy
W : Ağırlık (Weight)
ww : Yaş Ağırlık (Wet Weight)

ÖZET

Doktora Tezi

"Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar Göllerinin Su, Sediman ve Balık (*Carassius gibelio*) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi"

Duygu Ceren ÇAĞLAN KAYA

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Deniz İNNAL

Şubat, 2021

Bu çalışmada Göller Bölgesi'nde yayılış alanı gittikçe artan, göllerdeki yüksek üreme potansiyeli nedeniyle dikkat çeken ve son yıllarda gıda amaçlı tüketimine başlanan *Carassius gibelio* bireylerinde ve türün bulunduğu ortamda ağır metal konsantrasyonlarının araştırılması, bu bağlamda halk sağlığı ve ekolojik risk faktörlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla Göller Bölgesi'nde coğrafik ve antropolojik olarak önem arz eden 7 adet gölden (Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar) belirlenen toplam 25 adet istasyondan, yağışlı ve kurak mevsimlerde alınan su ve sediman numunelerinde, *Carassius gibelio* bireylerine ait kas dokusu ve sindirim kanalı numunelerinde Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn elementlerinin konsantrasyonlarını belirleme çalışmaları yapılmıştır. Ağır metal konsantrasyonlarının belirlenebilmesi için ICP-OES analiz yöntemi kullanılmıştır.

Tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ile, ulusal ve uluslar standartlarda belirlenen limit değerler karşılaştırılmış, insan sağlığı risk değerlendirmeleri ve ekolojik risk değerlendirmeleri yapılmıştır. Balıkların kas dokusundan elde edilen ortalama ağır metal yoğunluklarının ulusal/uluslararası sınır değerlerin altında kaldığı, EDI, THQ ve CR tehlike oranlarını aşmadıkları, dolayısıyla da halk sağlığı açısından bir risk olmadığı belirlenmiştir. Sindirim kanalı TF değerleri hesaplanmıştır ve Pb, Cd ve Cr için biyomagnifikasyon tespit edilmiştir. BAF sonuçlarına göre göl suyundan balık dokusuna Cu elementi yönünden birikim tespit edilmiştir. Tatlısu sediman risk faktörleri hesaplandığında, göllere ve elementlere göre değişen düşük – orta ve yüksek oranda risk ve kirlilik oranları belirlenmiştir.

Mevcut çalışma, 7 gölde su, sediman ve balık dokusunda ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi için eş zamanlı olarak yapılmış ilk çalışma niteliğindedir. Ayrıca halk sağlığı ve ekolojik risk faktörleri söz konusu göller için ilk kez hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Göller Bölgesi, Ağır Metaller, Risk Değerlendirmeleri, *Carassius gibelio*

Hazırlanan bu Doktora tezi MAKÜ-BAP tarafından 0558-DR-18 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

Ph.D. Thesis

Determination of Some Heavy Metal Concentrations in Water, Sediment and Fish (*Carassius gibelio*) Samples of Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada and Gölhisar Lakes

Duygu Ceren ÇAĞLAN KAYA

Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Deniz İNNAL

February, 2021

In this study, it is aimed to investigate the heavy metal concentrations of *Carassius gibelio* and the environment where the species is found. *Carassius gibelio* has a increasing spreading area and attracts attention due to its high reproductive potential in lakes, is a fish species that has been consumed for food purposes in recent years. With this context it is intended to determine the public health and ecological risk factors. For this purpose, in rainy and dry seasons, some heavy metal concentrations were determined in water and sediment samples taken from a total of 25 stations determined from 7 geographically and anthropologically important lakes (Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada and Gölhisar) in the Lakes Region, additionally, in muscle tissue and digestive tract samples of *Carassius gibelio* species obtained from these lakes. ICP-OES analysis method was used to determine heavy metal concentrations.

The determined heavy metal concentrations were compared with the limit values determined by national and international institutions and organizations. Human health risk assessments and ecological risk assessments were made with the determined heavy metal concentrations.

It has been determined that the average heavy metal concentrations obtained from muscle tissue are below the national/international limit values, they do not exceed the EDI, THQ and CR danger rates, so there is no risk for public health. TF values belongs to digestive tract were calculated and biomagnification was determined for Pb, Cd and Cr. According to the BAF results, accumulation from lake water to fish tissue was determined in terms of Cu. When freshwater sediment risk factors are calculated, it is that low-medium-high pollution risk and pollution rates determined which varying according to lakes and elements.

This is the first study which conducted simultaneously to determine heavy metal concentrations in water, sediment and fish tissues in these 7 lakes. In addition, public health and ecological risk factors were calculated for the first time for these lakes.

Keywords: The Lake District Region, Heavy Metals, Risk Assessment, *Carassius gibelio*

The present Ph. D. Thesis was supported by MAKÜ-BAP Under the Project number of 0558-DR-18.

1. GİRİŞ

Su, insanların hayatta kalması, besin tedarik edebilmesi ve temel yaşam gereksinimleri için temel fizyolojik ihtiyaçtır (Wetzel, 2001; Popkin vd., 2010; Hossain, 2015; FAO, 2017). Su evrensel bir çözücü olduğu için (Adejumoke vd., 2018) farklı organik, inorganik kimyasallar (Umerfaruq ve Solanki, 2015) ile çevresel kirleticiler suda çözünür. Bu bağlamda hem tatlısu hem de deniz ekosistemleri kirliliğe açıktır (Ali vd., 2019).

Çağımızın getirdiği hızlı kentleşme, nüfus artışı, sanayi ve teknolojik ilerleme ile artan üretim faaliyetleri gibi nedenlerle doğal alanların tahribatı (Demirarslan ve Demirarslan, 2018), tarım alanlarında aşırı miktarda zirai ilaç kullanımı (Tiryaki vd., 2010; Arslan ve Çiçekgil, 2018) ve bölgesel atıkların kimyasal olarak arıtılmadan su sistemlerine salınması, iç su sistemlerinin kirlenmesine neden olmaktadır (Amirkolaie, 2011; Chen vd., 2016; Judd, 2016; Miller ve Hutchins, 2017).

Kirleticiler noktasal olan veya noktasal olmayan kaynaklardan su sistemlerine ulaşırlar (Taylan ve Özkoç, 2007). Ülkemiz iç sularının çeşitli kirleticilerle kontaminasyonu son yıllarda büyük ilgi gören bir sorun haline gelmiştir (Kilercioğlu vd., 2015; Fırat ve İnandı, 2016; Dereli vd., 2017; Karayakar vd., 2017).

Ekosistemler için en büyük tehlikelerden biri kimyasal kirlenmedir. Kimyasal kirlenme içerisinde en yaygın olanı ağır metal kirliliğidir (Amirah vd., 2013). Su kütlelerinin ağır metallerle kirlenmesi, gıda zincirlerindeki çevresel kalıcılık, biyoakümülasyon ve biyomagnifikasyon gibi özellikleri nedeniyle bu elementlerin toksik etkisi dünya çapında bir sorun oluşturmaktadır (Khan vd., 2012; Afshan vd., 2014; Ali vd., 2019).

Sucul ekosistemlerin ağır metallerle kontaminasyonu yüzey suları ve sedimanda birincil üretimi, azot fiksasyonunu, karbon, azot ve fosfor mineralizasyonu ile enzim sentezi ve aktivitelerini önlemektedir (Slater ve Capone, 1984; Magalhães vd., 2007; Yadav vd., 2016; Giannopoulos vd., 2020; Tayebi ve Ahangar, 2014). Bunun yanısıra ağır metaller, toksik etkileri, sedimanda birikebilme ve besin zinciri boyunca biyobirikimpotansiyelleri nedeniyle de özellikle iç su ekosistemlerinin sağlığı açısından önemlidir (Baby vd., 2010; Hussain vd., 2014; Tokatlı vd., 2014; Binici ve Pulatsü, 2018; Ali vd., 2019).

Ağır metallerin sucul ekosistemlerdeki seviyeleri evsel, endüstriyel, turizm ve zirai aktiviteler ile birlikte artmaktadır (Ahmed vd., 2017; Bat vd., 2018; Paches vd., 2019). Ağır metaller suda az miktarda bulunsalar bile, sucul canlıların bünyelerinde giderek artan konsantrasyonlarda biyoakümüle olarak onları tüketen insanlarda toksik etki yapacak düzeylere ulaşabilmektedirler (Malik vd., 2010; Authman vd., 2015; Ali ve Khan 2018a, b; Ali vd., 2019; Lakra vd., 2019).

Balık ve kabuklu gibi sucul organizmalar genellikle su ve birincil üreticilerden daha yüksek konsantrasyonlarda ağır metal biriktirirler ve bu birikim besin zinciri yolu ile tüketicilere aktarılmaktadır (Jakimska vd., 2011; Lubna vd., 2012; Mitra vd., 2012; Bat vd., 2019a). Ağır metaller yönünden kontamine olmuş su ürünlerinin tüketilmesiyle de insan sağlığı açısından önemli riskler ortaya çıkmaktadır. Tatlısu sistemlerinde ağır metallerin izlenmesi, sucul organizmalar ve halk sağlığı açısından önem taşımaktadır (Gautam vd., 2015; Yi vd., 2017; Maurya vd., 2019).

Hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin yoğun olduğu ülkelerde, balık ürünleri de dahil olmak üzere hayvansal ürünlerin tüketimi artış göstermektedir. Büyüyen su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisi, arz ve talep arasındaki boşluğu doldurmaya çalışmaktadır (FAO, 1999; 2013; Delgado vd., 2003; Subasinghe vd., 2009; Asche vd., 2015; Tran vd., 2018; Wang vd., 2018). Balıklar, insan besini olarak kullanılmasının yanı sıra hayvan yemi olarak da kullanılmaktadır. Avlanan balıkların bir kısmı balık yağı ve balık unu, bir kısmı ise kümes hayvanları, domuz gibi çiftlik hayvanları ve yine balık çiftliklerinde üretilen karnivor balıklar için yem haline getirilir (Kılınç, 2007; Erdoğan, 2008; Huntington, 2009; Yeşilayer vd., 2013; IFFO, 2020).

Balıklar, yüksek miktarlarda protein ve sağlıklı yağ kaynağı olmanın yanı sıra, uzun zincirli omega-3 yağ asitleri, iyot, D vitamini ve kalsiyum da dahil olmak üzere eşsiz bir temel besin kaynağıdır (FAO, 2013; 2014; Balami vd., 2019; Mohanty vd., 2019).

Ağır metaller, balıklarda oldukça ciddi olumsuz etkilere neden olmakta, balık sağlığını ve ekosistemi tehlikeye atmaktadır (Bosch vd.,2016; Chatta vd., 2016; Singh vd., 2016; Elbeshti vd., 2018). Ağır metal biriktiren balıklarda patolojik bozukluklar, hastalıklar, ölüm gibi sonuçlar görülürken tüketilmesi halinde insan sağlığı üzerine olumsuz etki (kanserojen, alerjen, kimyasal reaksiyonlara etki) yapma potansiyeline sahiptir (Zeitoun ve Mehana, 2014; Authman vd., 2015; Dane ve Şişman, 2017; Şen ve Karaytuğ, 2017). Sucul sistemlerde ağır metalin bulunması ekolojik dengenin bozulması, canlı populasyonlarının azalması (Luo vd., 2014) ve canlı çeşitliliğinin sınırlanmasına neden olur (Baby vd., 2010; Yahya vd., 2018).

Organizmalardaki ağır metal birikiminin değerlendirilmesi için balıkların indikatör olarak kullanıldığı çalışmaların sonuçlarına göre, balıklardaki ağır metal birikim seviyelerinin; balığın türüne, yaş ve cinsiyetine (Bawuro vd., 2018), büyüme hızına, metabolizmasına, gelişme evresine, beslenme alışkanlıklarına, ekolojik gereksinimlerine (Wijnhoven, 2007) ve ortamın fiziksel ve kimyasal özelliğine göre değiştiği bildirilmiştir (Annabi vd. 2013; Afshan vd., 2014; Rajeshkumar ve Li, 2018).

Balıklarda ağır metal birikimi, biyokimyasal döngüde uzun süreli bir etkiye neden olabilir (Rajeshkumar ve Li, 2018). Beslenme düzeyi ile birlikte metallerin biyolojik olarak birikim göstermesi dikkate alındığında üst trofik seviyedeki balıkların sindirim kanalı içeriğinin ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ekolojik açıdan önemli olmakla birlikte (Gu vd., 2017; Fafioye vd., 2017), yenilebilir kısımlarındaki ağır metal birikiminin belirlenmesi de insan sağlığını etkilediği için gıda güvenirliliğinin sağlanması açısından önem taşımaktadır (Azaman vd., 2015; Aytekin vd., 2019; Saher ve Kanwal, 2019). Balık dokularında biriken ağır metal düzeylerinin belirlenmesi tür üzerindeki ekolojik baskılara ilişkin önemli bilgiler sağladığı bilinmektedir (Pandey ve Madhuri, 2014).

Mevcut çalışmada yoğun kirlilik tehtidi altındaki Göller Bölgesi'nde birçok gölü istila eden ve son zamanlarda yöre halkı tarafından gıda amaçlı tüketilen *Carassius gibelio* balıklarında ağır metal kontaminasyonlarının standart yöntemlerle eş zamanlı olarak belirlenmesi ve bu konsantrasyonların bulundukları göllere ait su ve sediman özelliklerine bağlı olarak değerlendirilerek sonuçların insan ve çevre sağlığına olası etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Bu amaçla,

1) Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar göllerinin su kolonunda ve sedimanında kurşun, kadmiyum, krom, bakır ve çinko elementlerinin konsantrasyonlarını belirleme çalışmaları yapılmıştır.

2) Seçilen göllerin tamamında yaşayan ve en yüksek populasyon yoğunluğuyla temsil edilen balık türü olan *Carassius gibeli*o'nun kas dokusundaki ve sindirim kanalındaki Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn ağır metal düzeylerinin belirleme çalışmaları yapılmıştır.

3) Numune alımı ve analizler tüm göller için eş zamanlı ve aynı standart yöntemlerle yapılmıştır.

4) Balık kas dokusunda belirlenen konsantrasyonların kanserojenik ve kanserojenik olmayan risk değerlendirmeleri yapılarak halk sağlığı açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

5) Seçilen göllerin su ve sedimanında belirlenen ağır metal konsantrasyonları ile ekolojik risk faktörleri değerlendirilmeleri yapılarak bu bağlamda su sistemlerinin kirlilik ve risk düzeyleri belirlenmiştir.

1.1. Kaynak Özetleri

Kentsel, endüstriyel ve tarımsal kirlenme baskısı altında olan su sistemlerinin ağır metal kirliliğinin boyutunu anlamaya yönelik biyogösterge olarak balıkların kullanıldığı birçok çalışma bulunmakta olup aynı zamanda güncel çalışmaların da konusunu oluşturmaktadır. Ülkemiz iç sularında su, sediman ve balık populasyonlarında ağır metal kontaminasyonu ile ilgili yapılmış olan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Altındağ ve Yiğit (2005), Beyşehir Gölü'nde su, sediman, plankton ve balık örneklerinde bazı ağır metallerin AAS yöntemiyle belirleme çalışmaları yapmış ve bu ağır metallerin konsantrasyon sıralamasının suda Cd > Pb > Cr > Hg, sedimanda Pb > Cd > Cr > Hg, planktonda Pb > Cd > Cr >Hg, *Sander lucioperca* kas ve solungaç dokularında ise Pb > Cd > Cr > Hg, diğer türlerde Cd > Pb > Cr > Hg şeklinde tespit etmişlerdir. Ulusal ve uluslararası kriterlere göre Cd ve Pb başta olmak üzere ağır metal konsantrasyonları içme suyu için limitlerin üzerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Beyşehir Gölü'nde Tekin Özan ve Kır (2006), *Leuciscus cephalus* ve *Sander lucioperca* bireylerinde; Tekin Özan (2008) su, sediman ve *Tinca tinca* dokularında bazı ağır metallerin analizlerini yapmışlardır. Tekin Özan ve Kır (2008a) tarafından Beyşehir Gölü'nde yapılan çalışmada *Cyprinus carpio* bireylerinde kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki ağır metallerin mevsimsel değişimleri izlenmiştir. Çalışmaların sonucunda karaciğerdeki ağır metal miktarının, kas ve solungaca göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Kır vd. (2007) tarafından Kovada Gölü'nün su ve sedimanında bazı ağır metallerin birikim analizinin yapıldığı çalışmada ICP-OES analizleri sonuçlarında suda tespit edilen metallerin yaz ve ilkbahar aylarında arttığı saptanmıştır. Kovada Gölü suyunda tespit edilen ağır metal miktarlarının, sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerlerine göre Fe'in yaz-2005, Zn'nun ilkbahar-2005 ve kış-2006'daki miktarları dışında herhangi bir tehlikenin olmadığını tespit etmişlerdir.

Fidan vd. (2008), ICP-AES yöntemini kullanarak Eber Gölü'nde (Afyonkarahisar) bulunan *Carassius carassius* türüne ait bireylerin kas, solungaç, karaciğer dokularında ve göl suyunda Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metallerinin yoğunluğunu araştırmışlardır. En yüksek ağır metal birikiminin karaciğerde, en düşük ise kas dokusunda

biriktiğini ve ağır metal seviyelerinin insan sağlığı açısından sınır değerlerin altında olduğunu belirtmişlerdir.

Özdemir vd. (2010), tarafından yapılan Geyikli Baraj Gölü'nde göl suyu, sediman, *Carassius carassius* ve *Cyprinus carpio* populasyonlarında ağır metal konsantrasyonlarını belirleme çalışmaları sonucunda su örneklerinde; Fe elementinin yaz mevsiminde ve Cu elementinin kış mevsiminde yüksek olduğu bulunmuştur. Sediman örneklerinde kış ve yaz mevsiminlerinde Fe yüksek bulunmuştur. Ağır metal birikiminin kas dokusunda solungaç ve karaciğerden fazla olduğu bildirilmiştir.

Kandemir vd. (2010), Bafra Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carp*io balığında As, Cu, Mn, Fe, Zn, Cr, Co, Ni, Se ve Cd elementlerinin konsantrasyonunu araştırmış ve sonuç olarak Cd ve Zn konsantrasyonlarının diğer metallerden yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Ulusal ve uluslararası limit değerlerle kıyaslandığında bu konsantrasyonların limit değerlerinin altında kaldığı bildirilmiştir.

Kelek ve Çınar (2010), Kovada Gölü'nde ve Kelek ve Çınar (2011), Eğirdir Gölü'nde suların fizikokimyasal özelliklerini, ağır metal oranlarını ve gölde yaşayan sudak balığı (*Sander lucioperca*) solungaçlarındaki olası ağır metal hasarına bağlı histokimyasal yapıyı incelemişlerdir.

Şener vd. (2011), Eğirdir Gölü'nde yaptıkları çalışmada göl suyundaki Mn düzeyinin 1,17-196,68 ppb, sedimanda Mn düzeyinin ise 158-1134 ppm arasında değiştiğini bulmuşlardır.

Kalyoncu vd. (2011), Işıklı ve Karacaören Baraj Gölleri'ndeki balıkların (*Cyprinus carpio*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Tinca tinca* ve *Carassius carassius*) kas dokularında ağır metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. En yüksek metal seviyesinin Işıklı Baraj Gölü'nde *C. carassius*'da Na, en düşük metal seviyesinin ise *C. carpio*'da Fe ve Cu metalleri olduğu bulunmuştur.

Tekin Özan ve Aktan (2012), Çivril Gölü suyunda, sedimanında ve gölde yaşayan *Cyprinus carpio*'nun bazı doku ve organlarındaki ağır metal konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Tespit ettikleri konsantrasyonların ulusal ve uluslar arası limitleri aşmamasına rağmen ilerleyen zamanda tarımsal kaynaklı kirliliğin yaşanabileceği vurgusunu yapmışlardır.

Özparlak vd. (2012), Beyşehir Gölü'ndeki *Carassius gibelio*, *Phoxinellus anatolicus*, *Gobio gobio microlepidotus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Alburnus akili*, *Sander lucioperca*, *Cyprinus carpio, Tinca tinca* ve *Leuciscus lepidus* türlerinin kas dokusunda Pb, Cd, Zn, Sr, Bi, Na, K, Li, Cu, Ni, Cr, Mn, Fe, Co, Mg ve Ca

konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Balıkların kas dokusunda Pb ve Cd konsantrasyonlarının tolere edilebilir sınır değerlerin üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Şener vd. (2013), Eğirdir Gölü su ve dip sedimanında ağır metal düzeylerini belirleyerek; Pb, Cu, Ni, Fe ve Zn'nun göl sedimanında oldukça yüksek oranda olduğunu ve kirliliğinin, jeolojik etkilerden ziyade insan kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir.

Yabanlı vd. (2013), Bafa Gölü'nden mevsimsel olarak toplanan levreklerin (*Dicentrarchus labrax*) solungaç, kas ve karaciğer dokuları ve göl suyu örneklerinde ağır metal (Al, Cr, Ni, Cu, As, Cd, Hg, Pb) konsantrasyonlarını tespit çalışması yapmışlardır. Her üç dokuda da en çok Cu, Cd ve Pb birikimi olduğunu, ağır metal yoğunluklarının ulusal/uluslararası sınır değerleri aşmadığını, dolayısıyla da halk sağlığı açısından bir risk oluşturmadığını ve göl suyunun çalışılan ağır metaller bakımından balıklar için zehirlenmeye neden olabilecek seviyelerde olmadığını bildirmişlerdir.

Canpolat (2013), Hazar Gölü'nde (Elazığ) yaşayan *Capoeta umbla*'nın kas, solungaç, deri, karaciğer, gonad ve böbreklerindeki bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişler ve konsantrasyonların karaciğerde en yüksek seviyede, kasta ise en düşük seviyede olduğu bildirmişlerdir. Kas dokusundaki metal konsantrasyonu ile balık boyu ve ağırlığı arasında pozitif bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Başyiğit ve Tekin Özan (2013), Karataş Gölü'ndeki sudak balıklarının (*Sander lucioperca*) solungaç dokusu ile su ve sedimanda biriken ağır metaller arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmada suda ve sedimanda en çok Fe elementine rastlamışlardır.

Akköz ve Çağlar (2013), Suğla Gölü'nden toplanan balık (*Cyprinus carpio ve Phoxinellus anatolicus),* su ve sediman örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının resmi kuruluşlar tarafından kabul edilen sınır değerlerin altında olduğunu tespit etmişlerdir.

Çağlak ve Karslı (2014), Beyşehir Gölü sudak populasyonunda Cd, Co, Pb, Ni, Cr, Cu, Fe, Al, Zn ve Mn ağır metallerinin konsantrasyonlarını belirleyerek, Pb ve Cd konsantrasyonlarının sınır değerlerin ve tüketilebilir limitlerin üzerinde olduğunu, insan ve çevre sağlığı açısından dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Kaptan ve Tekin Özan (2014), 2011-2012 tarihleri arasında Eğirdir Gölü'nden toplanan su ve sediman örnekleri ile sazan balığı (*Cyprinus carpio*) kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bazı ağır metallerin düzeylerinin belirlenmesi çalışmalarında suda en fazla biriken elementin Mn, sedimanda en fazla biriken elementin Fe olduğu ve elementlerin karaciğer dokusunda kas ve solungaç dokularına göre daha fazla birikim gösterdiğini belirlemişlerdir.

Kır vd. (2014), Eğirdir Gölü su ve sedimanında ağır metal kirliliğini araştırdıkları çalışmanın sonucunda sedimanda tespit edilen elementlerin birikim düzeylerini Fe>Al>Mn>Cr> Ni>Pb>Zn>Cu>Co>Cd şeklinde bildirmişlerdir.

Şener ve Şener (2015), çevresel kirleticilerden olumsuz olarak etkilenen Kovada Gölü dip sedimanlarının ağır metal içerikleri ve kirlilik durumunu araştırmışlar ve tespit ettikleri konsantrasyonlar ile yaptıkları zenginleşme faktörü hesaplamaları sonucunda göl sedimanında doğal veya antropolojik kaynaklı az ve/veya orta dereceli zenginleşme olduğunu bildirmişlerdir.

Kurnaz vd. (2016), Çiğdem Göleti (Kastamonu)'ndeki çalışmalarında Ni, Cd, Pb, Fe, Cu, Hg ve Zn düzeylerini, 3 farklı istasyondan 4 farklı mevsimden su örneklemi ile belirlemişlerdir. Ağır metal konsantrasyonları mevsimsel olarak değişiklik gösterse de yıllık ortalamaların Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre güvenli sınırlar içinde ve Çiğdem Göleti'nin bu ağır metaller bakımından I. Sınıf su kaynağı olduğunu belirtmişlerdir.

Nurgül ve Tekin Özan (2016), Kovada Gölü'nde yaşayan *Carassius carassius* bireylerinin kas ve böbrek dokularında AAS ile ağır metal tayini çalışması yapmışlar ve toksik etkiyi belirlemek için histopatolojik incelemelerde bulunmuşlardır.

Özparlak vd. (2016), Beyşehir Gölü'nde *Phoxinellus. anatolicus, Scardinius erythrophthalmus, Tinca tinca* ve Suğla Gölü'nde *Vimba vimba tenella, Carassius gibelio, Sander lucioperca, Phoxinellus anatolicus, Capoeta capoeta, Tinca tinca* balık türlerinin kas dokusunda ağır metal (Cd, Co, Mn, Ni, Cr, Fe, Pb, Zn) birikimlerini AAS yöntemi ile belirlemişlerdir.

Gülcü Gür ve Tekin Özan (2017a;b), Işıklı Gölü'nden alınan su ve sediman örneklerinde 10 ağır metalin konsantrasyonlarını ve sudaki bazı fizikokimyasal parametreleri incelemişler ve yine bu gölde yaşayan turna balığının kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bazı ağır metallerin seviyelerini belirlemişlerdir.

Güldiren ve Tekin Özan (2018), Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nde sazanlarında kas, karaciğer ve solungaçtaki metallerin konsantrasyonlarının mevsimsel değişimini incelemiş, metallerin genel olarak kış mevsiminde kas ve karaciğerde, yaz mevsiminde ise solungaç dokusunda arttığını tespit etmişlerdir.

Sökmen vd. (2018), Karasu Nehri'nden alınan su ve sediman örnekleri ile *Capoeta umbla*'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki bazı ağır metallerin Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn düzeylerini araştırmışlardır. Suda As'in olduğunu, sedimanda ise Fe'in

en fazla olduğunu bulmuşlardır. Ağır metal birikiminin en fazla karaciğerde olduğunu ve tüm dokularda en fazla Fe'in en az ise Pb'un biriktiğini bildirmişlerdir.

Kayrak ve Tekin Özan (2018), Kovada Gölü'nde su, sediman ve *Tinca tinca* balık dokusunda ağır metal konsantrasyonlarını belirleme çalışmaları yapmışlardır.

Koç ve Yılmaz (2019), Büyük Menderes Nehri'nde seçilen 8 istasyondan 13 yıl boyunca alınan su örneklerinde Cu, Zn, Mn, Pb, Cd ve Fe elementleri değerlendirilerek Büyük Menderes Nehri'nin kirlilik tehdidi altında olmadığını saptamışlardır.

Erdoğan vd. (2019), Ladik Gölü'ndeki ağır metal kirliliğinin *Esox lucius* üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında; su, sediman ve balık doku örneklerindeki ağır metal düzeylerinin su ve sedimanda yaz mevsiminde en yüksek, sonbaharda ise en düşük olduğunu bildirmişlerdir. Balık dokularındaki histopatolojik değişiklikleri kışın en düşük, yaz mevsiminde ise en yüksek seviyede olduğunu tespit etmişlerdir. 4 mevsimde dokulardaki hasar düzeyinin en fazla solungaç dokusunda, daha sonra karaciğer ve en az kas dokusunda olduğu sonucuna varmışlardır.

Oruçoğlu ve Beyhan (2019), Eğirdir, Kovada, Gölcük, Akşehir, Eber, Karamık, Burdur, Acıgöl, Salda, Yarışlı, Karataş, Gölhisar, Yazır, Gökgöl ve Karakuyu göllerinden alınan su örneklerinde ağır metal analizleri yapmışlardır. Ağır metal birikiminin Burdur Havzası göllerinde en yüksek, Antalya Havzası göllerinde ise en düşük olduğunu bildirmişlerdir. 14 farklı ağır metalden insan kaynaklı olarak en fazla birikim yapan metallerin Eber Gölü'nde Cr ve As olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer taraftan Burdur Havzası'nda yer alan göllerde doğal nedenlerden dolayı en çok rastlanan metallerin ise Zn, Cr, Cu, Co, Ni ve As olduğunu bildirmişlerdir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ağır Metaller ve Çevre Kirliliği

Endüstriyel toplumlarda nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşmeye bağlı olarak ortaya çıkan yaşam biçimleri ve üretim ilişkileri çevreyi olumsuz yönde etkileyerek çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur (Yazgan, 2010; Gwangndi vd., 2016).

Doğanın temel fiziksel unsurları olan hava, toprak ve su üzerinde zararlı etkilerin oluşması ile ortaya çıkan ve canlıların hayati faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyen çevre sorunlarının tümü çevre kirliliğini meydana getirmektedir (Bayazıt-Hayta, 2006; Menteşe, 2017; Ayangbenro ve Babalola, 2017; Weldeslassie vd., 2018; Çelik, 2019).

Çevre kirliliği doğal kaynakların dengesinin bozulması sonucu su, hava, toprak ve gürültü kirliliği şeklinde ortaya çıkabilmektedir (Yazgan, 2010; Datta vd., 2016; Polat vd., 2019).

Su sistemlerindeki yaşamın değişmesine ve su kalitesinin mevcut fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin herhangi bir kullanım şeklini engelleyebilecek derecede yapısal veya estetiksel olarak bozulmasına su kirliliği denir (Goel, 2006; Qadri vd., 2020). Kirli suları kullanım amacına uygun olmayan su olarak da tarif etmek mümkündür (Atabek-Yiğit, 2009).

Hem doğal hem de antropojenik faaliyetler, büyük miktarda ağır metallerin sucul ortamlara deşarjından sorumludur. Hızlı endüstriyel gelişme ve kentleşme, son on yılda su ekosistemleri için bazı ciddi zararlara yol açmaktadır (Islam vd., 2017; 2018; Freeman vd., 2019; Zhai vd., 2020).

Ağır metal kirliliği, kirleticinin çok çeşitli kaynaklardan su sistemlerine karışabilmeleri, çeşitli ekolojik koşullara dayanıklı olmaları ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda yüksek konsantrasyonlarda birikim gösterebilme özellikleri ile kimyasal kirleticiler arasında önemlidir (Paul, 2017; Xia vd., 2018; Mihaileanu vd., 2019). Sedimandaki, sudaki ve biyotadaki ağır metal düzeyleri sucul sistemlerin çevresel kalitesinin ve barındırdığı organizmaların sağlık durumunun bir göstergesidir (Singh vd., 2017; Regaldo vd., 2018; Enuneku vd., 2018).

Temiz su kaynakları veya atık sularda bulunan her türlü madde ve metal iyonları belirli limitlerin üzerinde çevreye ve insan sağlığına zararlıdırlar (Akpor ve Muchie, 2010; Gupta, 2019; Mishra vd., 2019). Askıda katı maddeler, ağır metaller ve hidrofobik kimyasallar (pek çok pestisit vb.) adsorbe olabildiğinden dolayı sağlık açısından dikkat

edilmesi gereken bir parametredir (AWWA, 2011). Suda bulunan ağır metaller düşük konsantrasyonlarda olsalar bile çevreye ve insan sağlığına zararlı olabilirler (Herawati vd., 2000; Masindi ve Muedi, 2018).

Metallerin ekolojik sistem üzerine etkileri ele alındığında metalin ait olduğu grubun ele alınması biyolojik etkisinin anlaşılması açısından anlam taşımaktadır. Ağır metaller, fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm^3'ten daha yüksek olan metaller için kullanılmaktadır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere altmıştan fazla metal dahil edilmiştir. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde bulunurlar.

Ağır metaller düşük derişimlerde bile toksik etki gösterebilen elementlerdir (Hawkes, 1997; Duffus, 2002; Kahvecioğlu vd., 2003; Özbolat ve Tuli, 2016; Li vd., 2017). Bu elementler organizma yapısında belirli bir derişimde bulunması gereken ve bu derişimden sonra (1-10 ppm) toksik etki gösteren (Fe, Cu, Zn, Ni ve Se) veya başlangıç derişiminden itibaren toksik olan elementler (Hg, Cd ve Pb) olarak değerlendirilebilirler.

Ağır metalleri diğer toksik maddelerden ayıran en önemli özellik, yer kabuğunda doğal olarak bulunmalarıdır (Barbieri, 2016; Koller ve Saleh, 2018; Gökkuş ve Berber, 2019). Biyoçözünür olmadıkları için biyosferde ne kadar kalacakları belirsizdir (Sánchez, 2008; Sultana vd., 2017). Ağır metallerin canlı organizmada belirli bir zaman aralığındaki akümülasyon oranları diğer metallere kıyasla fazladır ve bunun sonucu besin zincirinde giderek artması negatif etkiye neden olur (Kahvecioğlu vd., 2003; Singh vd., 2011). Oluşturdukları metal yükü ile canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu metaller birçok kronik ve hasar verici hastalığa neden olmaktadır (Wimalawansa ve Wimalawansa 2016; Brissot vd., 2018; Hembrom vd., 2020). Yabancı maddelerin organizmadaki uzaklaştırılma hızından daha hızlı bir şekilde depolanması ve zamanla konsantrasyonunda artış göstermesi "**Biyoakümülasyon"** olarak tanımlanır (Markich vd., 2001; Wang, 2016). Besin zincirinin basamaklarında yukarı doğru gidildikçe bir maddenin konsantrasyonundaki artış ise **"Biyomagnifikasyon"** (biyokatlanma) olayıdır (Adriaens vd., 2007; Wang, 2016). Bu şekilde toksik etkinin besin zincirinde devamlılığı sağlanır ve madde miktarı giderek artar.

Cıva gibi bazı ağır metaller doğal ve antropolojik etkilerle buharlaşır, atmosfere salınır, suda çözünebilir hali okside olur, kara veya suda depolanır ve böylece cıva kirliliği geniş alanlara yayılabilir. Cıva fotokimyasal reaksiyonlar, kimyasal oksidasyonlar ve reaksiyonlar, mikrobiyal transformasyonlar ve fizyolojik fraksiyonlar ile doğada varlığını devam ettirir (Sánchez, 2008).

Ağır metallerin su kaynaklarına geçişi, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve toprağın bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesiyle ve çözünen bu ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşması ile olabilmektedir (Kahvecioğlu vd., 2003). Bu maddelerin sucul ortamlara taşınmasında etkili olan kaynaklar; antropolojik veya doğal kökenli olabilir (Dereli vd., 2017). Bunlardan bazıları yüzeysel akış, evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları, atmosferik taşınım ve maden sahaları kaynaklı taşınım olarak sayılabilir.

Yüzeysel akış, yüzey sularının kirleticileri alıcı yüzeylere taşıması olarak belirtilmiştir. Akıntı suları geçtikleri alanlardan (karayolu, zirai alan vb.) elementleri süpürerek göl veya deniz ortamlarına taşırlar (Uzun vd., 2014; Akdoğan vd., 2015).

Atıksu deşarjları; evsel ve endüstriyel atık su deşarjları ile çöp sızıntı suları yüzeysel ve yeraltı sularındaki ağır metal kirliliğinin antropolojik kaynakları olarak belirtilmiştir (John vd., 2016; Yuan vd., 2017). Bu kaynaklar arasında en önemlisi endüstriyel atıklardır. Ağır metaller endüstrinin birçok dalında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Atmosferik taşınım; ağır metal kirliliğinde emisyon kaynaklarının ekolojik baskı oluşturması ile ilişkilendirilmektedir (Grant vd., 2014; Çelebi ve Gök, 2018).

Maden sahaları kaynaklı taşınım; drenaj suyu içindeki ağır metalin (toksik olabilir) çeşitli yollarla su kaynaklarına karışması ile suların kalitesinin olumsuz etkilenebileceği olarak belirtilmiştir (Anıl, 2014).

Ağır metallerin sucul ortamlara taşınmasında etkili olan diğer kaynaklar; erozyon sonucu ağır metallerin nehirlerle kıyısal bölgelere taşınımı, deniz dibi volkanik faaliyetleri, karasal volkanik faaliyetler, orman yangınları, fosil yakıtların yanması, jeolojik ayrışma ve aşınma, tarımsal aktiviteler sonucu oluşan metal girişleri ve diğer özel kaynaklar olarak bildirilmiştir (Egemen, 2000; Kahvecioğlu vd., 2003; Dereli vd., 2017).

Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediman tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir (Kahvecioğlu vd., 2003). Sedimanın barındırdığı ağır metaller çökmüş durumda olsa bile, bazı fiziksel ve kimyasal olaylarla tekrar iyonik forma dönüşür ve toksik etkilerini gösterebilirler.

Limit değerlerin üzerindeki konsantrasyonlarda ağır metallerin besin zincirinin en üstünde yer alan insanın vücuduna girmesi ve burada biyobirikim yapması durumunda kimyasal reaksiyonlarda spesifik etki, alerji, kanser (Jarup, 2003), organ yetmezlikleri, nörolojik hastalıklar ve iskelet sistemi bozuklukları ile karşılaşılabilir (Bernard, 2008; Martin ve Griswold, 2009; Alina vd., 2012; Huy vd., 2014).

Ağır metaller metabolik fonksiyonları iki şekilde etkiliyebilir. İlk olarak kalp, beyin, böbrekler, kemik, karaciğer vb. gibi hayati organlarda ve bezlerde birikerek işlevlerini bozabilirken, ikincil olarak hayati besin minerallerini orijinal yerlerinden uzaklaştırarak biyolojik işlevlerini engelleyebilirler (Singh, 2007).

Ağır metaller organizmalara solunum sistemi (solungaçlar), sindirim sistemi, genel vücut yüzeyi veya besin zinciri üzerinden dolaylı olarak girebilir. Ayrıca besin zinciri yolu ile plankton ya da sudaki diğer organizmalardan balıklara geçebilir. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu ağır metale maruziyet süresine, balıkların boy, yaş ve beslenme rejimlerine bağlı olup, vücut içerisinde biriktiği organlarda da farklılık gösterebilir (Karadede-Akın ve Ünlü, 2007).

Sudaki ağır metallerin balıklara geçişi özellikle geniş bir yüzey alanına sahip olan solungaçlar aracılığı ile olabilir. Sudaki oksijenin solungaçlardaki kılcal damarlardan alınması sırasında suda çözünmüş veya askıda bulunan materyaller de organizmaya geçebilir.

Ağır metaller doğrudan besinler ile sindirim sistemine alınabilir. Balıkların maruziyeti genelde ağız yolu ile alınan toksik maddelerce olur. Beslenme yoluyla vücuda giren toksik maddelerin emiliminin en fazla olduğu yer ince bağırsaklardır. Sindirim kanalından emilen toksik maddeler taşıyıcı proteinlere bağlı bir şekilde kan dolaşımı ile tüm vücuda dağılır. Bağırsak mukozası ve yüzeyinin mideden daha fazla olması toksik maddelerin burada mukozalarla daha uzun sürede temas ederek emilimin yüksek olmasına neden olmaktadır. Vücut yüzeyi genellikle dış ortamdaki maddelerle yoğun bir biçimde temas halindedir. Ancak derinin ağır metallere karşı fazla geçirgen olmayışından dolayı canlıların bu yoldan maruziyeti nispeten düşük olabilir (Karadede-Akın ve Ünlü, 2007).

Ağır metaller organizmalardan çözülebilir veya partikül formda uzaklaştırılır. Element veya bileşiğe bağlı olarak çözünebilir kısmının ayrılması pasif olarak iyon değiştirme veya aktif olarak metabolik boşaltım yoluyla gerçekleşir. Metaller balıkların vücudundan vücut yüzeyi, solungaçlar veya boşaltım yolu ile atılabilir (Karadede-Akın ve Ünlü, 2007). Uzaklaştırılamayan kısmı dokulardaki metal bağlayıcılar ile bağlanarak yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir (Sönmez vd., 2016). Ağır metaller özellikle aktif dokularda depolanabilirler. Balıkların farklı organ ve dokularında en fazla karaciğer ve böbrek gibi metabolik olarak aktif dokularda en az ise kas dokusunda birikim gösterdiği saptanmıştır (Özdemir vd., 2010; Canlı ve Atlı, 2003).

Ağır metallerin yoğun bulunduğu habitatlarda ekolojik dengenin bozulması (Pandey ve Madhuri, 2014) ile canlı çeşitliliğinin sınırlanması, su kaynağının kullanılabilir özelliğini yitirmesi gibi etkiler görülebilmektedir. Ağır metal birikimi sonucu balıklarda patolojik

bozukluklar, immun sisteminde zayıflama, bulaşıcı hastalıklar ve ölüm gibi sonuçlar gözlenebilir. Balıklar besin zincirinin bir parçasıdır ve enfekte balıkların insanlar tarafından tüketilmesi sağlık açısından uygun değildir (Karadede-Akın ve Ünlü, 2007; Authman vd., 2015).

Ağır metaller çoğu organik kirleticiler gibi biyolojik olarak indirgenemezler. Bu nedenle organik ve inorganik maddelerle kimyasal bileşikler, kompleks yapılar şeklinde absorbe olarak özellikle sedimanda birikme eğilimindedirler (Shrivastava vd., 2003). Bu nedenle ağır metal kirliliği araştırmalarının odak noktalarından bir diğeri de sedimanda ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ve olası ekolojik riskleri üzerinedir (Varol ve Şen, 2012; Tokatlı vd., 2016; Genç ve Yılmaz, 2016; Xia vd., 2018; Wojciechowska vd., 2019).

Sucul ekosistemlere giren ağır metaller sedimana geçinceye kadar suda birçok fiziksel ve biyojeokimyasal olaylar ve döngüler içinde yer alır (Arain vd. 2008). Bu esnada biyota tarafından veya sediman parçalarıyla absorbe olurlar. Çoğu zaman sediman ağır metalleri depolar ve uzun süre bünyesinde biriktirir. Kontamine olmuş sediman, barındırdığı ve taşıdığı su kitlesine kirleticilerin salınması ile su ve sucul canlılar üzerinde çevresel bir tehlike ve risk faktörü oluşturmaktadır (Gao vd., 2018). Sedimanlar birçok akuatik canlının beslenme, barınma ve yumurtlama alanıdır. Bu nedenle sediman tabakası göl suyu, akuatik canlılar ve son nokta olarak bu canlıları tüketen insanlar için kirleticilerin potansiyel kaynağını oluşturması açısından önemlidir. Sedimandaki ağır metal kontaminasyonu su kalitesini ve sucul organizmalardaki biyoakümülasyonu etkileyerek uzun vadede insan sağlığı ve ekosistem üzerinde olumsuz etkiler ortaya koymaktadır.

Mevcut tez çalışması kapsamında su, sediman ve balık dokusunda konsantrasyonları belirlenen kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), krom (Cr), çinko (Zn) elementlerinin kaynakları, insan ve doğaya olası etkileri bu bölümde yer almaktadır. En yüksek yayılıma sahip olan kurşun, toksikolojik olarak en büyük hasara neden olan kadmiyum ve hayati element olmasına rağmen konsantrasyonlarına göre kanserojen özellik gösteren krom (Kahvecioğlu vd., 2003), yine canlılar için esansiyel bir element olan ancak yüksek dozlarda karaciğer ve böbreklerde hasara yol açabilen bakır (Özbolat ve Tuli, 2016) ve sucul ortamlardaki toksititesi bilinen (Yung vd.,2017; Katalay vd., 2019) çinko ele alınmıştır.

2.1.1. Kurşun

Doğada az miktarlarda ama her yerde bulunabilen, mavimsi-gümüş grisi renginde bir ağır metaldir. İnorganik ve organik olmak üzere iki formu bulunur. Organik Pb bileşiği, petrol yapısına eklenen formdur (WHO, 2010). Kurşunlu benzin kullanımı atmosfere salınan kurşunun en önemli kaynağıdır (Örün ve Yalçın, 2011). Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. Kana karışan kurşun buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003). Kurşunun çoğu kemiklerde depolanmasına rağmen beyine, anne karnındaki cenine ve anne sütüne de geçebilmektedir. Bebekler ve çocuklarda düşük olan kurşun oranı, yaşın ilerlemesi ve kurşuna maruz kalınmasıyla artış göstermektedir. Kandaki Pb seviyesi 40 mg/L' yi aşınca tansiyon artırıcı etki ortaya çıkar (Seven vd., 2018). Dünya Sağlık Örgütü sınıflandırmasına göre kurşun 2. sınıf kanserojen gruptadır (WHO, 2010).

2.1.2. Kadmiyum

Kadmiyum en toksik çevresel kirleticilerden biridir. Düşük konsantrasyonlarda bile su canlıları için son derece zararlı etkilere sahiptir. Kadmiyum solunum ve sindirim yoluyla emilrmekte olup, kadmiyumun hedef organı böbreklerdir. Limitler aşıldığında canlılarda yüksek tansiyon ve böbrek hastalıklarına neden olurlar (Kayhan, 2006). Ayrıca akciğer ve gastrointestinal sistemi etkileyebilmektedir. Uzun süreli düşük dozlarda Cd teması kemik kaybına yol açmaktadır (Örün ve Yalçın, 2011). Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle denizel koşullara dayanıklılığı ile gemi sanayinde çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılır. Kadmiyum katışıklı olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliği ortaya çıkar (Kahvecioğlu vd., 2003).

2.1.3. Krom

Kromun başta insan bünyesinde olmak üzere canlı organizmalardaki davranışı oksidasyon kademesine, oksidasyon kademesindeki kimyasal özelliklerine ve bulunduğu ortamdaki fiziksel yapısına bağlıdır. Kromat, bilinen en genel alerjen maddedir. Kanserojen etki özellikle bronş sisteminde etkindir (Kahvecioğlu vd., 2003). Kromun kâğıt endüstrisi, kimya sanayi, gübreler, metal işleri ve dökümhaneler, deri tabaklama, enerji santralleri gibi çok geniş uygulama alanları vardır (Seven vd., 2018). Krom elementinin fazla miktarda insan

vücuduna girmesi ile birlikte oluşan akut zehirlenme (1–5 g krom tuzu alınması sonucu) gastrointestinal bulgular ve kalp-damar hastalıkları ve buna bağlı ölümler görülebilmektedir (Çağlarırmak ve Hepçimen, 2010). Uzun süreli maruz kalındığında böbreklerde ve karaciğerde hasara yol açabildiği gibi kan dolaşım sistemini ve sinir dokularını tahrip edebilir. Krom daha çok sulu ortamlarda birikerek çoğalır (Kahvecioğlu vd., 2003).

2.1.4. Bakır

Elektriğin üretilmesinde (jeneratör, trafo gibi), nakledilmesinde (enerji nakil hatları) ve kullanılmasında (elektrik motorları, elektrikli makinalar v.b.) en iyi ve ekonomik iletken olarak rafine bakır metali kullanılmaktadır. Bakırın takriben %80'inin elektrik/elektronik sektöründe kalan %20'sinin ise pirinç, bronz v.b. alaşım halinde genelde makina sektöründe boru ve içi boş profil halinde ısı eşanjörlerinde ve mobilya sanayisinde, levha halinde inşaat ve makina sektöründe kullanıldığı söylenebilir (Anonim, 2009). Bakırın sulara yayılımını artıran en önemli faaliyetlerden bazıları; pestisitler, soğutma suyu deşarjı ve yoğun endüstri faaliyetleri olarak bildirilmiştir (Sönmez vd., 2012). Yüzeysel sularda 1 mg/L altındaki Cu konsantrasyonlarına su bitkilerine zehirli etki yapabilir. Organizmada bakır Cu^{+} ve Cu^{++} formlarında değişkenlik gösterir. Bakır kolaylıkla elektron alıp vermesi nedeniyle hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon sürecinin vazgeçilmez bir parçasıdır. Bakırın içme suyuyla yüksek miktarda alınımı sonucunda bulantı, kusma, ishal, karın krampları, karaciğer yetmezliği gözlenebilmektedir (Çağlarırmak ve Hepçimen, 2010).

2.1.5. Çinko

300'den fazla enzimin aktivasyonunda ve hormonun üretiminde esansiyel olup beyin gelişimi ve işlevi açısından zorunlu bir mineraldir. Ayrıca DNA, RNA ve protein sentezi, insulin aktivasyonu, A vitaminin taşınması ve kullanımı, yaraların iyileşmesi, hücrelerin çoğalabilmesi, tadın algılanması, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, davranış ve öğrenme performansının artışı, anne karnında ve sonrasında bebek ve çocukların büyüme ve gelişimi, kanda yağların taşınması gibi birçok olayda işlev görmektedir (Tarakçı ve Küçüköner, 2006). Çinko sadece yüksek konsantrasyonlarda toksiktir. Çinko oksit, solunum yolu ile alınması durumunda zehirlenmeye neden olan toksik bir maddedir. Kanalizasyon artıkları 50000 mg/kg'a kadar Zn içerebilir. Bakır ve çinko toksisitesi büyük ölçüde pH ile ilgilidir. Aynı konsantrasyonlardaki Zn'nin toksisitesi, düşük pH düzeylerinde daha fazla olmaktadır.

Organizmalarda giderek artan ağır metal kirliliğinin etkilerinin araştırılmasına yönelik çalışmalar, ekolojik dengenin korunması, organizmaların içerdiği kirletici madde miktarının belirlenmesi ve elde edilecek sonuçlara göre kirlilik unsurlarına karşı önlemlerin zamanında alınması açısından önemlidir.

Ağır metallerin ekosistemdeki olumsuzluklarının önüne geçilerek sürdürülebilir bir yaşam amacı ile birçok ülke tarafından her bir parametre için ayrı ayrı sınır değerler kabul edilmiştir. Su, sediman ve/veya biyota analizleri ile sucul ortamlar ve su ürünlerinin kalitesi kuruluşlar tarafından sıklıkla kontrol edilmekte ve parametrelerin değerleri en hassas türe göre güncellenmektedir. Bu kuruluşlar arasında Avrupa Komisyonu (EC), Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA), Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), Gıda Katkıları FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA), A.B.D Gıda ve İlaç Bürosu (FDA), Akdeniz Eylem Planı (MAP), TSE (Türk Standartları Enstitüsü) ve Türk Gıda Kodeksi (TGK) yer almaktadır. Kuruluşların tatlısu ve balık dokusu için belirledikleri limit Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn konsantrasyonları sırasıyla Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Bazı kuruluşların sularda belirledikleri ağır metal konsantrasyonlarının limit değerleri (µg /L)

	TSE 266 1997; 2005	**WHO (2017)**	**USEPA (2018)**	**EU (1998)**	**CODEX 108-1981**
Pb	10	10	15	10	10
Cd	5	3	5	5	3
Cu	100	200	130	200	100
Cr	50	50	10	-	50
Zn	300	3000	-	-	

Tablo 2.2. Bazı kuruluşların balık dokusu için belirledikleri limit değerler (mg/kg)

	WHO (1996)	**EU(*2001; 2020)**	**TGK(2011)**	**FAO (2003)**	**EC (2006)**
Pb	0,5	0,003	0,3	0,2	0,3
Cd	0,5	0,002	0,5	0,05	0,05
Cu	30	1,0*	-	10	-
Cr	-	0,01	-	-	-
Zn	40	-	-	30	-

Ülkemizde su kaynaklarının korunmasında uygulanan başlıca mevzuatlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Yönergesi'dir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, SKKY, 2015'nin amacı, ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları belirlemektir (Anonim, 2015).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2015) ile sular kullanım amaçlarına göre dört kalite sınıfına ayrılmıştır.

Sınıf I - Yüksek kaliteli su:

1) Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini

2) Rekreasyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil)

3) Alabalık üretimi

4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı

5) Diğer amaçlar

Sınıf II - Az kirlenmiş su:

1) İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini

2) Rekreasyonel amaçlar

3) Alabalık dışında balık üretimi

4) Teknik Usuller Tebliği'nde verilen olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak

5) Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar

Sınıf III - Kirlenmiş su: Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.

Sınıf IV- Çok kirlenmiş su: Yukarıda I, II ve III sınıfları için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzeysel suları ifade eder.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31.12.2004 tarih 25687 sayılı Resmi Gazete) Su Kalite Sınıflarına ait parametreler Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31.12.2004 tarih 25687 sayılı RG) Su Kalite Sınıfları

Su Kalite Parametreleri	**Su Kalite Sınıfları** [(a)]			
	I (çok iyi)	**II (iyi)**	**III (orta)**	**IV (zayıf)**
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
Çözünmüş oksijen (mg/L)	> 8	6	3	< 3
Sıcaklık (oC)	≤25	≤25	≤30	> 30
Oksijen doygunluğu (%)a	90	70	40	< 40
Cd (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
Pb (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
Cu (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
Cr (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
Zn (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000

Sedimandaki ağır metallerin birikim mekanizmalarını incelemek ve birikim konsantrasyonlarını belirlemek kirliliğin kontrolünde ve halk sağlığı için alınacak önlemler açısında büyük önem taşımaktadır (Yi vd., 2011; Hsu vd., 2016).

Sedimanları toksik ve toksik olmayan olarak sınıflandırmak için Sediman Kalitesi Rehberleri (SQG) kullanılmaktadır. Sediman Kalitesi Rehberleri kirlenmiş sediman sıcak noktalarını belirlemek ve kirlenmiş sedimanların bentik organizmalar üzerindeki olası etkilerini değerlendirmek için önemli araçlardır. Dünya çapında tatlısu ekosistemlerinde sediman örneklerinde belirlenen ağır metal türlerinin kirliliğini değerlendirmek için birçok kriter vardır ancak ülkemiz mevzuatında sediman kalitesi ile ilgili değerlendirmeler bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmamızda, MacDonald vd., (2000) tarafından geliştirilen fikir birliğine dayalı (Consensus-Based) yaklaşımlar kullanılmıştır. Bu rehberden TEC (Threshold Effect Concentrations) ve PEC (Probable Effect Concentrations) etki konsantrayonlarına ait eşik etki düzeyleri ele alınmıştır (Tablo 2.4.). Çalışmamızda tespit edilen konsantrasyonlar TEC eşik etki konsantrasyonları için Düşük Etki Düzeyi (LEL) ve Eşik Etki Düzeyi (TEL) ile karşılaştırılmıştır. LEL konsantrasyonun altında sedimanda yaşayan organizmaların çoğunda herhangi bir etki beklenmez ve sedimanlar temiz veya eser miktarda kirlenmiş olarak kabul edilir. TEL'den daha düşük konsantrasyonlarda çökeltideki canlı organizmalar üzerinde nadiren olumsuz etkiler gözlemlenir. PEC (Probable Effect Concentrations) Olası Etki Konsantrasyonları PEL (Probable Effect Level) ve SEL (Severe Effect Level) ile değerlendirilmiştir. Olası etki düzeyinden (PEL) daha büyük konsantrasyonlarda sedimanın canlı organizmalar üzerinde olası olumsuz etkileri görülebilirken SEL konsantrasyonu aşıldığında sedimanda yaşayan organizmaların çoğu üzerinde olumsuz etkiler beklenmekte ve sedimanın çok kirli olduğu düşünülmektedir.

Tablo 2.4. Tatlısu ekosistemlerinde sedimanda bulunan ağır metaller için TEC ve PEC değerleri (MacDonald vd.,2000)

		Pb	Cd	Cr	Cu	Zn
Eşik Etki Konsantrasyonları (TEC)	LEL Düşük Etki Düzeyi	31	0,6	26	16	120
	TEL Eşik Etki Düzeyi	35	0,596	37,3	35,7	123
	Konsensus Bazlı TEC	35,8	0,99	43,4	31,6	121
Olası Etki Konsantrasyonları (PEC)	PEL Olası Etki Düzeyi	91,3	3,53	90	197	315
	SEL Ciddi Etki Düzeyi	250	10	110	110	820
	Konsensus Bazlı PEC	128	4,98	111	149	459

2.1.6. Ekosistemde Ağır Metal Konsantrasyonlarının İzlenmesi ve Biyoindikatör Kullanımı

Sucul ortamlarda ağır metal kontaminasyonunun tespiti için kimyasal yöntemlerin yanında biyolojik indikatörler kullanılması ve balıkların indikatör olarak seçilmesi, ekolojik ve ekonomik açıdan giderek artan bir önem taşımaktadır. Hem fenotipik hem de analitik parametreleri içeren biyoizleme çalışmaları, ağır metal biyobirikimini anlamak için doğru ve hassas yöntemlerdir (Barrilli vd., 2015; Araújo vd., 2018; Bat vd., 2019b; O'Callaghan, 2019). Biyoindikatör kullanımı canlının ortamındaki kontaminasyonun varlığının yanı sıra, ekosistemdeki etkilerini de gösterebilir. Biyoizleme için uygun olabileceği düşünülen indikatör canlı temsil ettiği lokalitede olabildiğince az yer değiştirmeli ve bol miktarda bulunmalı, tanımlanması kolay olmalı, analiz için yeterince doku elde edilebilecek büyüklükte olmalı, nispeten uzun ömürlü, yer değişimine, laboratuvar koşullarına ve ortamdaki fizikokimyasal değişimlere dayanıklı (tuzluluk, sıcaklık, pH vs.) olmalı ve metali net olarak biriktirebilmelidir. Genel olarak sucul ortamlarda seçilen gruplar arasında balıklar, yengeçler, süngerler, poliketler, yumuşakçalar ve mikroorganizmalar yer almaktadır (Aksu vd., 2012; Rao vd., 2009; Padovan vd., 2011).

Balıklar yağda eriyen vitaminlere sahip olmaları, kolay sindirilme özellikleri, yüksek protein, omega yağ asitlerine ve düşük yağ oranına sahip olmaları sebebiyle bütün dünyada tüketilen kaliteli, sağlıklı ve ucuz protein kaynağını oluşturmaktadırlar (Uysal vd., 2008). Besin zincirinin üst kademesinde yer aldığı için ağır metal yükünü biriktirebilirler. Ayrıca endüstriyel ve evsel atıklarla kirlenmiş sularda sürekli olarak birçok kimyasal kirletici ve ağır metalin toksik etkisine maruz kalırlar. Bu gibi nedenlerle ağır metallerin insan sağlığı ve

ekosistem üzerindeki etkilerinin biyoizleme ile değerlendirilmesi çalışmalarında balık grupları sıklıkla kullanılmaktadır (Mangadze vd., 2019; Mota vd., 2019; Vieira vd., 2019; Venkateswarlu ve Venkatrayulu, 2020).

Biyoindikatör olarak balık türlerinin kullanılmasında avantaj ve dezavantajlar yer almaktadır. Yeterli doku sağlaması, metali biriktirebilmesi ve kolay tanımlanması avantaj sağlarken göç eden türlerde besin zincirinin çeşitlilik gösteriyor olması ise dezavantaj olarak sayılabilir (Araújo vd., 2018; Fierro vd., 2017; Ghisi ve Oliveira, 2019).

Ağır metallerin balık bünyesine girişi difüzyon yoluyla deriden, besinler ile sindirim sisteminden ve sudan solungaçlar aracılığı ile doğrudan olmaktadır (Özen ve Pak, 2020). Deri, fazla geçirgen olmamasına rağmen biriktirdiği yabancı maddelerin besin zincirinde taşınması açısından önemlidir. Solungaçlar, ilk hedef organı oluşturur. Lamellar yapısı ve geniş yüzey alanı ile su ile kan arasında kısa yoldan difüzyonu sağlar. Balıkların vücut yüzeyi ile sudan doğrudan alıp biriktirdiği ağır metal konsantrasyonlarının, besinden alıp biriktirdiğinden daha fazla olduğu bilinmektedir. Ağır metallerin en fazla karaciğer ve gonadlar gibi metabolik olarak aktif organlarda biriktiği bildirilmiştir (Kayhan vd., 2009; Uzel vd., 2019; Vardi ve Chenji, 2020). Ağır metal varlığının izlenmesi ve değerlendirilmesi çalışmalarında sıklıkla kullanılan indikatör dokular; solungaç, karaciğer, kas, böbrekler ve gonadlardır (Cao vd., 2012; Yeşilbudak ve Erdem, 2014; Özen ve Pak, 2020).

Organizmalarda belirlenen ağır metal konsantrasyonları metalin türüne, incelenen dokuya (Bahnasawy vd., 2009; 2011; Sani, 2011; Milanov vd., 2016), canlının habitatına, beslenme davranışına veya varsa göç davranışına bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Taylan ve Özkoç, 2007; Özen ve Pak, 2020). Ayrıca sucul ortamlarda metal toksisitesi oksijen (Huang vd., 2017), pH (Wang vd., 2016), tuzluluk (Zhang vd., 2018) ve su kütlelerinin sıcaklığı (Atkinson vd., 2007; Aston vd., 2010) gibi çeşitli abiyotik faktörlerden etkilenebilir (Zhang vd., 2013; Singh vd., 2017). Örneğin Ho vd. (2012), yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonlarındaki bakırın hızlı salınım ve oksidasyondan sonra daha kararsız hale geldiğini ve Zhang vd. (2019), ağır metal toksititesinin tuzluluk ile doğrudan ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Ağır metaller sucul ortamda çözünme-çökelme, sorpsiyon-desorpsiyon gibi birçok değişim ve dönüşüm geçirirler. Bu reaksiyonları etkileyen en önemli parametreler arasında sucul ortamın redoks potansiyeli ve pH'sı olarak sayılabilir. Kiyani vd. (2013) tarafından ağır metallerin yumuşak sularda sert ve bazik sulara göre daha toksik olduğu belirtilmiştir. Suyun pH'sı ve redoks potansiyeli azaldıkça, sedimandan su kolonuna geçen metal miktarı artmaktadır (Dökmeci, 2005; Loska ve Wiechuła, 2000; Popenda, 2014).

Metallerin su içindeki çeşitli formlarının balıklara toksik etkileri farklılık göstermekle birlikte metallerin iyonik ya da basit inorganik formlarının, birleşik inorganik veya organik formlarına göre daha toksik olabildiği belirtilmiştir (Authman vd., 2015).

2.2. *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)

Domain (Üst Alem) : Eukarya
Regnum (Alem) : Animalia
Phylum (Şube) : Chordata
Subphylum (Alt Şube) : Vertebrata (Craniata)
Superclassis (Üst Sınıf) : Gnathostomata
Classis (Sınıf) : Actinopterygii
Subclassis (Alt Sınıf) : Neopterygii
Superorder (Üst Takım) : Ostariophysi
Order (Takım) : Cypriniformes
Famılya (Aile) : Cyprinidae
Genus: (Cins) : *Carassius* Nilsson, 1832
Species (Tür) : *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) (Kottelat ve Freyhof, 2007; Fricke vd., 2020)

Carassius gibelio türünü tanımlamada literatürde farklı kullanımlar bulunmaktadır. Türkçe olarak; gümüşi havuz balığı (İlhan ve Sarı, 2013; Dağtekin ve Baştürk, 2014), israil sazanı (Uslu vd., 2016), gümüşi sazan (Ekmekçi vd., 2013; Ergüden, 2018), havuz balığı (Bostancı vd., 2007 a;b; Yılmaz vd., 2007 a;b), japon balığı (Geldiay ve Balık, 2007), Çin sazanı (Çiçek vd., 2015), İngilizce olarak; Prussian carp (Geldiay ve Balık, 2007; Perdikaris vd., 2012), silver crucian carp (Manaşırlı, 2019), gibel carp (Wang vd., 2011) kullanılmıştır.

Geldiay ve Balık (2007)'a göre *Carassius gibelio* türünü tanımlamada kullanılan diagnostik özellikler arasında bulunan ışın formülleri: D: III – IV 15 – 19, A: II – III 5 – 6, P : I 12 – 14, V: I – II 7 – 8 şeklindedir. Pul sayıları L. lateral: 27 – 31, L. transversal: 4 – 7 / 6 – 7, Farinks dişleri: 4 – 4 ve Solungaç dikenleri: 35 – 48 adettir.

Carassius gibelio'nun genel vücut yapısı Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Yanlardan yassılaşmış ve görece yüksek yapılı vücut, başın gerisinden itibaren keskin bir yükselme gösterir. Gözler, ağıza yakın ve iricedir. Terminal konumlu ağız nispeten küçüktür. Üst dudakları ince ve gelişmemiş, alt dudakları etli ve gelişmiştir. Dorsal ve anal yüzgeçlerin 3. basit ışını testere dişlidir, farinks dişleri tek sıralıdır ve ağızlarında bıyık yoktur (Geldiay ve Balık, 2007; Uğurlu ve Polat, 2006).

Şekil 2.1. *Carassius gibelio'nun* genel görünümü (Beyşehir Gölü, 2019)

Cyprinidae familyasının bir üyesi olarak *Carassius* cinsi Avrasya'da geniş bir yayılış göstermektedir. *C. auratus* (Linnaeus, 1758), *C. carassius* (Linnaeus, 1758), *C. cuvieri* (Temminck ve Schlegel, 1846), *C. gibelio* (Bloch, 1782) ve C. *langsdorfii* (Temminck ve Schlegel, 1846) türlerini kapsadığı kabul edilmektedir (Yerli vd., 2014).

Carassius gibelio (Bloch, 1782) istilacı bir türdür ve bulunduğu ortamlarda doğal olarak bulunan balık toplulukları için tehdit oluşturduğu bilinmektedir (Özuluğ vd., 2005, İlhan vd., 2014a, Saç ve Özuluğ, 2017).

Carassius gibelio türünün Türkiye iç sularındaki varlığı ilk olarak Baran ve Ongan (1988) tarafından Gala Gölü'nden bildirilmiştir. Bu tür, nehir sistemleri boyunca doğal yollarla ya da insanlarca taşınarak zaman içinde Anadolu'da geniş bir yayılım göstermiştir (Özuluğ vd., 2013). İstilacı özelliği ile dikkat çeken tür, birçok araştırmacı tarafından çeşitli lokalitelerden bildirilmiştir. Bunlardan bazıları; Eğirdir Gölü (Balık vd., 2004a; Özkök vd., 2007; Yerli vd., 2013), Beyşehir Gölü (Çınar vd., 2007), Bafra Balık Gölü (Bostancı vd., 2007 b;c), Buldan Baraj Gölü (Sarı vd., 2008), Aksu Nehri (İnnal, 2012), Ulubat Gölü (Emiroğlu vd., 2012), Gelingüllü Baraj Gölü (Kırankaya ve Ekmekçi, 2013), Seyitler Baraj Gölü (Bulut vd., 2013), Ladik Baraj Gölü (Yazıcıoğlu vd., 2013), İznik Gölü (Uysal vd., 2015), Büyükçekmece Baraj Gölü (Saç ve Okgerman, 2015), Marmara Gölü (İlhan ve Sarı, 2013), Seyhan Nehri (Ergüden, 2015 a;b), Kızılırmak (Birecikligil vd., 2016), Karataş Gölü (İnnal vd., 2020) ve Denizli Gökpınar Baraj Gölü (Topkara vd., 2020)'dür.

Carassius gibelio, geniş fizyolojik tolerans aralıkları, farklı üreme özellikleri ve geniş besin aralığına sahip olması ile istilacı türlerin genel karakteristik özelliklerini taşımaktadır (Tarkan vd., 2012). Hızlı yayılımı ve başarılı yerleşme potansiyeli ile Avrupa ve Türkiye'de lentik ve lotik sistemlerde istilacı bir tür olarak kabul edilir ve geniş bir yayılışa sahiptir

(Özdilek vd., 2019). Bu tür, özellikle son yıllarda bulunduğu su sistemlerinde baskın balık türünü oluşturmaktadır (Perdikaris vd., 2012; Özuluğ vd., 2013; 2019).

Carassius gibelio bireylerinin herbivor-omnivor olduğu ve çoğunlukla bentik ve planktonik omurgasızlarla beslendiği belirtilmiştir (Yerli vd., 2014; Özdilek ve Jones, 2014; Ruppert vd., 2017). Sindirim kanalından çıkan besin organizmaları arasında Cladocera, Copepoda Diptera, Gastropoda, Ostracoda, Rotatoria (Balık vd., 2003), Heterokontophyta (Kırankaya, 2007; Özdilek ve Jones, 2014; Partal ve Özdilek, 2017) ve Amphipoda (Partal ve Özdilek, 2017) üyeleri ile ipliksi algler (Özdilek ve Jones, 2014) yer almaktadır.

Düşük oksijen konsantrasyonlarını ve kirliliği önemli ölçüde tolere edebildiği (Kottelat ve Freyhof, 2007; Small vd., 2014) dayanıklılığı sayesinde çeşitli olumsuz çevre koşullarına dayanabildiği ve bu şekilde yerli balık faunası üzerinde ekolojik açıdan olumsuz etkilere neden olduğu bilinmektedir (Perdikaris vd., 2012). Yaşam alanı olarak bitkilerin yoğun olduğu bölgeleri tercih ederler ve soğuk dönemlerde yumuşak bentik çamuruna gömülerek korunurlar (Geldiay ve Balık, 2007)

Carassius gibelio bireylerinde Mayıs-Temmuz ayları arasında ilkbaharda suların ısınmasıyla birlikte üreme faaliyeti görülmektedir (Geldiay ve Balık, 2007, Yılmaz vd., 2007b; İlhan vd., 2014b). Ancak çoklu yumurtlama yaptığı ve abiyotik faktörler uygun olduğunda tüm yıl boyunca olgun yumurtalı dişi bireylere rastlandığı ve üreme faaliyetlerini sürdürdüğü de gözlenmiştir (İlhan vd., 2014b). Ginogenetik ve biseksüel olmak üzere iki farklı üreme özelliğine sahip ayrı eşeyli bir türdür (Pakosta vd., 2018). Alloginogenetik ve/veya gonokoristik biyotipleri (veya biyoformları) içeren benzersiz bir üreme moduna sahiptir (Perdikaris vd., 2012). Dişiler, *Cyprinus carpio* ve *Carassius carassius* gibi farklı türlerin spermleriyle etkileşerek yumurta meydana getirirler (Başkurt vd., 2020). Fakat yumurtalar döllenmeden gelişir ve ağırlıklı olarak sadece dişi bir populasyon (%98'si dişi ve %2'si erkek) ortaya çıkar (Fan ve Shen,1990). Biseksüel üreme de gösterdikleri için populasyonlar (yaklaşık %15'i erkek bireyler) arasında büyüme oranı ve renklenmede bazı genetik değişimler olduğu belirtilmektedir. 10 yıla kadar yaşayabilirler (Kottelat ve Freyhof, 2007).

Carassius gibelio 1990'lı yılların başında Eğirdir Gölü'ne bırakılmış ve 10 yıl içinde hızlı bir şekilde artış göstererek gölde en baskın tür haline gelmiş ve ticari avcılığına başlanmıştır (URL-1). Bu göldeki baskın tür olan sudak populasyonunun yerine geçmiştir (Balık vd., 2004a).

Carassius gibelio Türkiye iç sularına girişinden bu yana araştırmacıların dikkatini çekmiş ve birçok araştırmaya konu olmuştur. Özuluğ (1999) Büyükçekmece Baraj Gölü'nden,

Şaşı ve Balık (2003) Topçam Baraj Gölü'nden bireylerle türün taksonomik özelliklerini incelemişlerdir. Balık vd. (2004a) tarafından Eğirdir Gölü'nden toplanan bireylerde türün populasyon özellikleri çalışılmıştır. Boroń vd., (2011) türe ait karyotip analizlerini yapmıştır. Szabelska vd., (2017) türe ait 5S RNA dizilimleri ve hibridizasyonlarını belirlemiştir. Bostancı (2005) *Carassius gibelio*'nun farklı kemiksi yapılarından yaş tayinini, Ergüden, (2015a) Seyhan Baraj Gölü *Carassius gibelio* populasyonunun kondisyon faktörü ve boy-ağırlık ilişkisini; Saç ve Okgerman (2015) Büyükçekmece Gölü'ndeki populasyonun büyüme ve üreme özelliklerini, Partal ve Özdilek (2017) beslenme ekolojisini çalışmışlardır. İnnal (2011) ve Yerli vd., (2014) tarafından yapılan çalışmalar ile *Carassius gibelio'nun* Türkiye sularındaki dağılımı ortaya konulmuştur.

Arslan ve Emiroğlu (2011) Uluabat Gölü, Öztürk (2011) Emre Baraj Gölü, Kır ve Samancı (2012) Karacaören II Baraj Gölü, Çolak (2013) Sığırcı Gölü, Demir ve Karakişi (2016) Marmara Gölü lokalitelerinden türün parazit faunasını bildirmişlerdir. İnnal vd. (2020), Karataş Gölü (Burdur)'nde *Carassius gibelio* bireylerinde parazit bir tür olan *Contracaecum rudolphii*'i ilk kez tespit etmişlerdir.

Carassius gibelio türüne ait dokularda ağır metal konsantrasyonlarının tespiti ile ilgili bildirilen çalışmalar arasında Ebrahimpour vd. (2011) Anzali Lagun Gölü (İran); Köse (2012; 2015) Porsuk Baraj Gölü; Skoric vd. (2012) Ečka Balık çiftliği (Sırbistan); Syasina vd. (2012) Amur Nehri (Rusya), Özparlak vd. (2012) Beyşehir Gölü; Yabanlı vd. (2014) Marmara Gölü; Köse vd. (2015) Porsuk Çayı; Bulut (2015) Eğirdir Gölü; Özparlak vd. (2016) Suğla Gölü; Kaya ve Türkoğlu (2018) Keban Baraj Gölü; Katip (2019) Doğu Atıksu Arıtma Tesisleri (Bursa) ve Köse vd. (2020) Sakarya Nehri ve Baraj göllerinde yapılan araştırmalar yer almaktadır.

2.3. Balık Dokusunda Tespit Edilen Ağır Metal Konsantrasyonlarının İnsan Sağlığı Üzerine Risk Değerlendirilmesinin Yapılması

Balık eti protein, peptid ve amino asitlerce zengin bir besin kaynağıdır. Ayrıca D vitamini başta olmak üzere birçok vitamini, iyot, selenyum, fosfor ve kalsiyum gibi mineralleri de barındırır. Diğer hayvansal kökenli protein kaynakları ile karşılaştırıldığında daha az kalori yoğunluğu içermesi ve içeriğinde uzun zincirli çoklu doymamış omega-3 yağ asitleri bulundurması nedeni ile insan sağlığı açısından önemi artmaktadır (Fernandes vd. 2012, Khalili Tilami ve Sampels, 2018). Balık başta olmak üzere su ürünlerinin tüketimi ve insan sağlığı üzerine olumlu etkileri arasındaki güçlü bağlantılar uzmanlar tarafından sıklıkla belirtilmektedir. Özellikle kardiyovasküler hastalık riskinin azalması, kalp damar hastalıkları,

inflamatuar hastalıklar, artrit ve kanserin önlenmesi gibi etkileri birçok araştırmacı tarafından gösterilmiştir (Stone, 1996; Miyasaka vd., 1998; Kris-Etherton, 2003; Özkan ve Koca, 2006; Gülcen vd., 2014).

İnsan tüketiminde değerli ve besleyici bir yeri olan balıkların bulunduğu suların antropolojik faaliyetlerle kontamine olması bu canlıları doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Gıda olarak bu balıkların tüketilmesiyle sudaki kirletici unsurların besin zincirinin üst basamaklarında bulunan insana ulaşması sağlık açısından risk oluşturmaktadır (Chan ve Egeland, 2004; Agarwal vd., 2007; Pandey vd., 2012).

Sudaki organizmalar, tüketicisine sağladığı yararlarının yanı sıra, yaşam ortamlarının genel özelliklerinden dolayı ağır metaller de dahil olmak üzere çeşitli kirleticilerin insana aktarılmasında önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle hem gıda hem de çevre güvenliği açısından su ürünlerinin yenilebilir kısımlarındaki toksik madde seviyelerini rutin olarak belirlemek çok önemlidir. Bu bağlamda her bir metalin kanserojen ve kanserojen olmayan olası etkilerini belirlemek için risk analizleri yapılmaktadır. Bu amaçla Tahmini Günlük Ağır Metal Alım Miktarı (EDI: Estimated Daily Intake), Hedef Tehlike Oranı (THQ: Target Hazard Quotients) ve Kanserojenik Risk (CR: Carcinogenic risk) değerleri hesaplanmaktadır. Tahmini günlük alım (EDI) değerlerine ve hedef tehlike oranına (THQ) dayalı potansiyel sağlık riski değerlendirmeleri, bu balık türlerini tüketerek metal alımlarının insan vücudu için kayda değer bir tehlike riski ile sonuçlanıp sonuçlanmayacağını gösterebilmektedir.

Mevcut Çalışmada Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar gölleriden temin edilen *Carassius gibelio* bireylerinde Pb, Cd, Cu, Cr ve Zn elementlerine ait konsantrasyonlara bağlı olarak EDI, THQ ve CR değerleri hesaplanarak bu balığın tüketilmesi durumunda insan sağlığı üzerinde olası risk oranları tahmin edilmeye çalışılmıştr.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

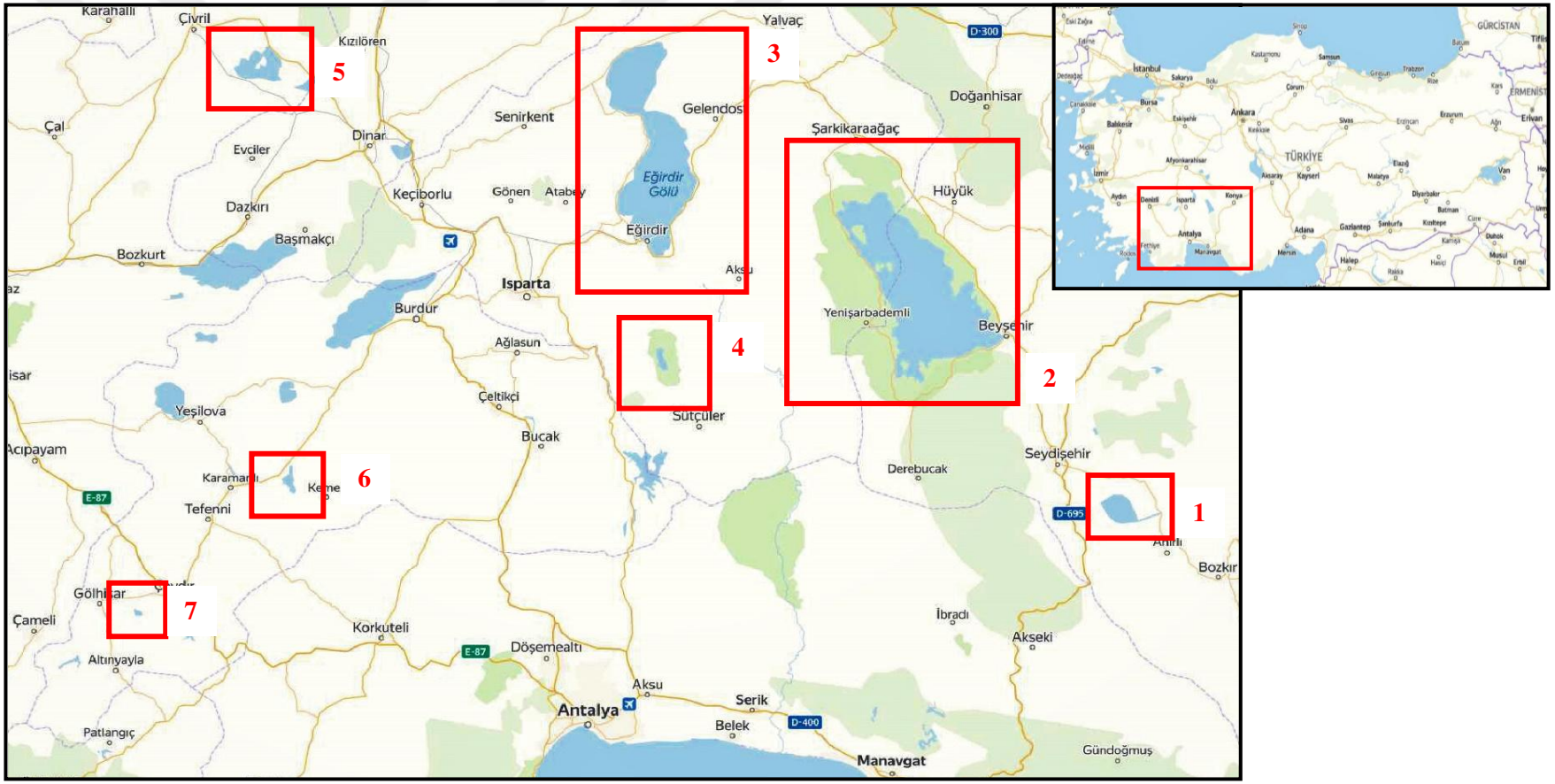
3.1. Materyal

3.1.1. Örnekleme Bölgesi ve Çalışma İstasyonları

Türkiye'de sulak alanların en çok bulunduğu bölge Göller Bölgesi'dir. Bu bölge, hem floristik hem de faunistik bakımdan oldukça zengindir**.** Bu tez çalışmasında örnekleme sahasını Göller Bölgesi için ekonomik ve ekolojik önem arz eden Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar gölleri oluşturmaktadır. Numune temini yağışlı ve kurak dönemler olarak iki kez yapılmıştır. Arazi çalışması her örnekleme döneminde aynı noktadan

olacak şekilde Eğirdir ve Beyşehir göllerinde 5'er, Çivril, Gölhisar, Karataş, Kovada ve Suğla Göllerinde 3'er istasyon olmak üzere toplam 25 istasyondan su ve sediman numunesi alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. (Tablo 3.1). Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar göllerinden örnekleme yapılan istasyonların bazı özellikleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

C. gibelio numuneleri yağışlı ve kurak örneklem dönemlerinde 15'er birey olmak üzere toplamda 210 birey söz konusu göllerde avlanan balıkçılardan satın alma yolu ile temin edilmişitir.



Şekil 3.1. Göller Bölgesi

1. Suğla Gölü 2. Beyşehir Gölü, 3. Eğirdir Gölü, 4. Kovada Gölü 5. Çivril Gölü, 6. Karataş Gölü, 7. Gölhisar Gölü

Tablo 3.1. Örnekleme yapılan istasyonların tanımı.

No.	İstasyon Kodu	Göl	Koordinatlar	Lokasyon
1	B- 1	Beyşehir	37° 36' 28" K 31° 29' 21" D	Yeşildağ- İskele (Hacıakif Güneyi)
2	B-2	Beyşehir	37° 40' 48"K 31° 43' 1.59"D	Jandarma Burnu (Beyşehir Merkez)
3	B-3	Beyşehir	37° 43' 17" K 31° 40' 58" D	Çiftlik Köyü- Arasazı mevkisi
4	B-4	Beyşehir	37° 56' 9.28" K 31° 23' 35" D	Karayaka- Fele (Kızıldağ Karşısı)
5	B-5	Beyşehir	37° 56' 54" K 31° 26' 5" D	Kıyakdede Köyü (su pompası civarı)
6	E-1	Eğirdir	37° 52' 0.89" K 30° 51' 30.1" D	Eğirdir – Merkez
7	E-2	Eğirdir	37° 51' 29" K 31° 52' 33"D	Eğirdir – Merkez
8	E-3	Eğirdir	38°09' 2.54" K 30°47 2.12' "D	Akkeçeli Çıkışı- Kayaağzı Mevkii
9	E-4	Eğirdir	38°12' 34,69"K 30°49' 14,8 "D	Gençali Köyü- Kanal Bölgesi
10	E-5	Eğirdir	38°15' 15.73" K 30°52' 9.33" D	Aşağı Kaşıkaraya 5 km Sulama için pompaya giden su
11	Ç-1	Çivril	38° 15' 8.49" K 29° 54' 59.7" D	Beydilli Köy Karşısı
12	Ç-2	Çivril	38°13'18.7" K 29° 53' 58.04"D	Göl ortası
13	Ç-3	Çivril	38°12'30.79" K 29° 54' 56.87"D	Dinar Suyu Girişi
14	S-1	Suğla	37°20' 13.43" K 31°57' 51.82" D	Battı- Çıktı Bölgesi
15	S-2	Suğla	37°19' 42.92" K 31°59' 45.64" D	Orta Bölge
16	S-3	Suğla	37°18' 21.36" K 32°2' 4.67" D	Gököyük ırmağı birleşme çatalı
17	Ka-1	Karataş	37°22' 4.15" K 29°58' 47.83" D	Ovacık-Korkuteli tarafından gelen akarsuyun girişi
18	Ka-2	Karataş	37°22 '44.12 "K 29°58' 35 "D	Gölün orta bölgesi
19	Ka-3	Karataş	37°23' 12.52 "K 29°58 '43.95 "D	Balıkçı barınağı karşısı
20	Kov-1	Kovada	37°36' 52.4 "K 30°53' 39.58 "D	Akbelen Köyü Denizaltı mah.
21	Kov-2	Kovada	37°37' 19.78 "K 30°52 '19.01 "D	Küçük deniz yarımada
22	Kov-3	Kovada	37°37 '57.15 "K- 30°52 '53.41 "D	Karaburun
23	G-1	Gölhisar	37°6' 44.20" K 29°36' 21.23" D	Uylupınar
24	G-2	Gölhisar	37°6' 50.16" K 29°35' 41.45" D	Yapraklı barajı tahliye bölgesi
25	G-3	Gölhisar	37°07' 12.48" K 29°35' 37.62" D	Su çıkış bölgesi

Tablo 3.2. Örnekleme yapılan istasyonların özellikleri

İstasyon No:	Endüstriyel Atık	Tarımsal/ Hayvansal Atık	Evsel Atık	Akarsu Girişi	Su çıkışı	Kaynak Su Girişi
B-1						
B-2	x		x	x		
B-3	x	x				
B-4		x				
B-5		x				
E-1	x		x			
E-2	x		x			
E-3		x		x		
E-4		x				
E-5			x			
Ç-1						
Ç-2						
Ç-3			x			
S-1	x					
S-2		x	x			
S-3				x		
Ka-1		x	x	x		
Ka-2	x	x				
Ka-3		x				
Kov-1		x				
Kov-2		x				
Kov-3		x				
G-1		x				x
G-2		x				x
G-3		x			x	x

3.1.1.1. Beyşehir Gölü

Beyşehir Gölü, Isparta-Şarkikaraağaç ve Konya'nın Beyşehir ilçesi (37^0 46′ 39" K-31^0 31′ 21" D) sınırlarında Sultan Dağları ile Anamas Dağları arasındaki tektonik çukurlukta yer alır. Türkiye'nin en büyük tatlısu gölü olan Beyşehir Gölü tektonik kökenli olup yaklaşık olarak 650 km^2'lik bir yüzey alanına sahiptir. Gölün en derin yeri yaklaşık 11 m, ortalama su derinliği 6 m civarındadır (Didinen ve Boyacı, 2014). Deniz seviyesinden yüksekliği 1124 m, boyu 45 km ve maksimum genişliği 25 km olan göl takriben dört köşedir (Numann, 1958). Verimlilik bakımından oligotrofik karakterdedir (Tümgelir vd., 2007). Göl, Orta Anadolu'ya sulama ve içme suyu temininde oldukça önemli konumdadır. "A" grubu sulak alan ve SİT alanı kapsamı altındadır (Didinen ve Boyacı, 2014). Göl birinci derece içme suyu kıstasına uyması nedeniyle İçme ve Kullanma Suyu Koruma Sahası statüsüne sahiptir. Beyşehir Gölü Havzası (BGH) kirlilik açısından

değerlendirildiğinde su miktarında azalma, su kirliliği, biyolojik çeşitlilikte azalma vb. çevresel sorunlar yanında, sosyo-ekonomik sorunlarla karşı karşıya olduğu bildirilmiştir (Yavuz ve Baycan, 2013).

Su kaynaklarını soğuksu dereleri, göl tabanından çıkan sular, yağmur ve kar suları oluşturur. Su çıkışını ise; buharlaşma, Çarşamba Kanalı ile Apa Barajı'na verilen su, sulama suyu ve Beyşehir ilçesine alınan içme suyu oluşturmaktadır (Balık vd., 1997; Balık, 1997).

Beyşehir Gölü balıkçılığı üzerine çalışmalar 1950'lilerden bu yana devam etmektedir (Numann, 1958; Erdemli, 1982; Balık, 1997; Yeğen vd., 2006; Çubuk vd., 2006; Geldiay ve Balık, 2007; Küçük vd., 2009; İlhan vd., 2014a; Çiçek vd., 2015). Beyşehir Gölü'nde yaşayan türler son olarak Bayçelebi vd. (2020) tarafından ele anınmış ve göl için endemik türler *Gobio battalgilae*, *Gobio microlepidotus*, *Alburnus akili*, *Chondrostoma beysehirense*, *Pseudophoxinus anatolicus*, *Pseudophoxinus battalgilae*, *Pseudophoxinus caralis*, *Pseudophoxinus hittitorum*, *Squalius anatolicus*, *Cobitis bilseli, Oxynoemacheilus atili, Aphanius cf. iconii, Capoeta mauricii, Garra kemali* ve *Cobitis battalgilae* olarak belirtilmiştir**.** *Alburnus escherichii, Atherina boyeri, Tinca tinca* ve *Sander lucioperca* transloke türler, *Carassius gibelio, Cyprinus carpio, Gambusia holbrooki, Knipowitschia caucasica* ve *Pseudorasbora parva* egzotik türler olarak bildirilmiştir.

1978 yılında göle aşılanan sudak balığından sonra Beyşehir Gölü'ne 1990'lı yılların başlarında aşılanan ikinci balık türü ise kadife (*Tinca tinca*) balığıdır. 1990'lı yılların sonlarında bu göle *Carassius gibelio* ve 2002 yılında da *Atherina boyeri* aşılanmıştır. Bu balık türleri ortama hızla uyum sağlayarak çoğalmışlardır. Sudak balığının 1980'li yılların sonlarında baskın tür haline gelmesi sonucu bazı balık türlerinin nesli tükenmiş, bazılarının da populasyonları oldukça azalmıştır (Tümgelir vd., 2007). Beyşehir Gölü'nden bilinen *Alburnus akili* türünün doğada nesli tükenmiş olduğu bilinmektedir (Küçük, 2012).

Şekil 3.2. Beyşehir Gölü istasyonları

3.1.1.2. Eğirdir Gölü

Eğirdir Gölü, Isparta İli sınırları içinde (38° 01′ 35″ K- 30° 52′ 24″ D), Eğirdir, Senirkent, Yalvaç ve Gelendost ilçe sınırları ile çevrili, denizden tektonik kökenli tatlısu gölüdür. Türkiyenin ikinci büyük gölüdür. Gölün ekolojik yapısı, çevresindeki 81 yerleşim alanının etkisi altındadır. 917,7 m rakımda Kuzey-Güney uzanımlı büyük bir çöküntü alanını doldurmaktadır. Uzunluğu 48 km, toplam kıyı uzunluğu 150 km, en geniş yeri 16 km'dir. Ortalama derinliği 7 m olup en derin yeri 13 m'dir. Dik kayalara, düz ve sığ bir tabana sahiptir. Eğirdir Gölü'nün yüzey alanı maksimum 479 km^2, havza alanı 3321 km^2 dir. Göl, 2.6 km genişliğindeki bir boğazla Eğirdir ve Hoyran olmak üzere iki ana bölüme ayrılmaktadır (Balık vd., 2006; Yerli vd., 2013).

Eğirdir Gölü'nün su kaynaklarını 40'a yakın sayıdaki yüzey akarsuları oluşturmaktadır. Buharlaşma haricinde gölün su kaybını Kovada Gölü'ne açılan Kovada Kanalı, göl dibinde bulunan 20 kadar obruk ve sulama amacıyla pompalanan drenaj suyu oluşturmaktadır.

Eğirdir Gölü'nün maksimum su kotu ile çevrelenen su alanı "I. Derece Doğal Sit Alanı" olarak belirlenmiştir. Maksimum su kotundan itibaren 300 metrelik bir bant ise "III. Derece Doğal Sit Alanı" olarak kabul edilmiştir. Eğirdir Gölü, "A Sınıfı Sulak Alan" listesindedir (Anonim, 2010a).

Gülle ve Küçük (2016) tarafından yapılan "Isparta İli İçsu Balıkları Faunası ve Ekolojik Durumu" adlı çalışmada Eğirdir Gölü'nden 7 familyaya ait 12 tür bildirmiştir. Bu türler *Cyprinus carpio*, *Capoeta pestai*, *Pseudophoxinus egridiri*, *Pseudophoxinus handlirschi*, *Pseudorasbora parva*, *Vimba vimba*, *Knipowitschia caucasica, Aphanius anatoliae*, *Sander lucioperca, Seminemacheilus ispartensis*, *Atherina boyeri* ve *Gambusia holbrooki* türleridir. Aynı zamanda bu türleri IUCN tehlike kategorisi ve göreli bolluk durumlarına göre değerlendirmiştir. *P. handlirschi* Eğirdir Gölü'nde nesli tükenmiş, *C. pestai* ise kritik tehlikede olarak bildirilmiştir (Küçük, 2012; Gülle ve Küçük, 2016).

Eğirdir Gölü'ne 1955 yılında *Sander lucioperca,* 1970'de *Gambusia affinis*, 1966 yılında *Astacus leptodactylus,* 1994 yılında *Carrasius auratus*, 1996 yılında *Tinca tinca,* 1999 yılında *Knipowitschia caucasica* ve 2002 yılında *Atherina boyeri* balıklandırma amaçlı bırakılmıştır (Kesici ve Kesici, 2006). Eğirdir Gölü'ne yabancı türlerin aşılanması, gölün yerli balık faunasının değişmesine yol açmış, göl ekosisteminin besin zinciri yapısının bozulmasının yanı sıra endemik türler de zarar görmüş, bölgedeki sosyo-ekonomik yapı da etkilenmiştir (İnnal ve Erk'akan, 2006; Yerli vd., 2013).

Eğirdir Gölü çevresinde tarım alanlarında uygulanan sulama teknikleri, pestisitler ve kimyasal gübreler, tarımsal, evsel ve endüstriyel atıklar, gereksiz su israfı, toprak erozyonu, kaçak yapılaşma ve nüfus artışı gölü tehlikeye atan en önemli unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Gençer vd., 2015).

Şekil 3.3. Eğirdir Gölü istasyonları

3.1.1.3. Çivril (Işıklı) Gölü

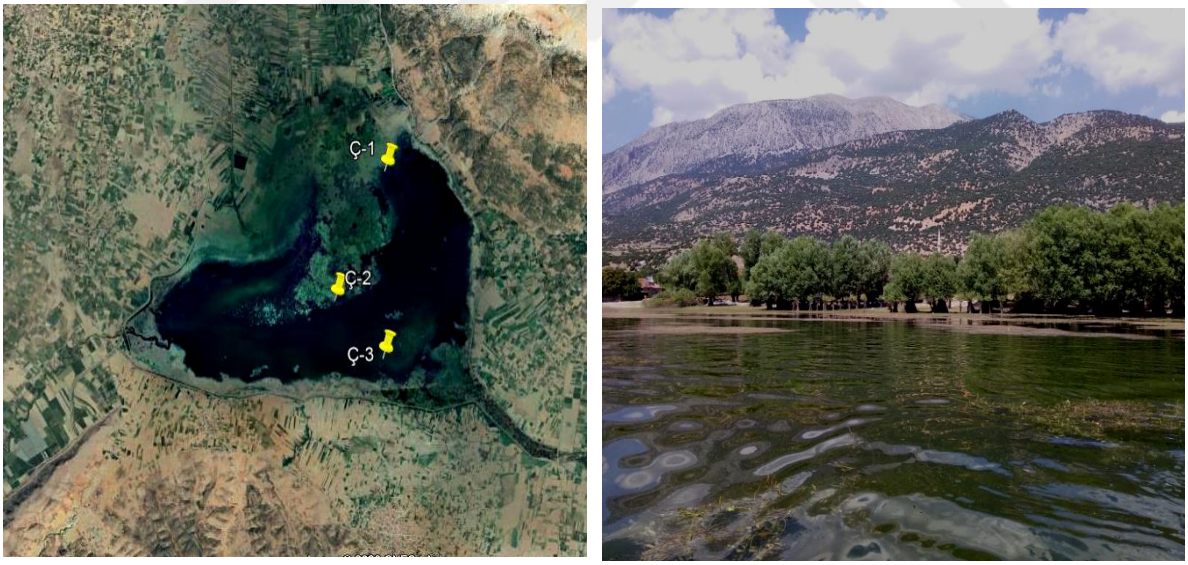
Çivril Gölü, Türkiye'nin batısındaki Büyük Menderes Nehri havzasında ve Akdağ'ın güneyinde yer almaktadır (38° 14′ 01″ K- 29° 53′ 60″ D). Çivril Gölü'nün ortalama derinliği mevsimsel olarak 1,60-3,15 m arasında değişmektedir (Bulut vd., 2012). En derin yeri 7 m, alanı 4000 hektardır. Deniz seviyesinden yüksekliği 850 m'dir. Göl, Çivril Ovası'ndadır ve ovanın sulanması için kullanılmaktadır. Doğudan Menderes Deresi ve kuzey-kuzeybatıdan Kufi Deresi tarafından beslenir (Anonim, 2012; Bulut vd., 2012; Aygen ve Balık, 2005).

"Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"ne göre değerlendirilmiş, Çivril Gölü ve Çivril Çayı, yüzey aktif madde yönünden II. Sınıf (az kirlenmiş su), fosfat ve bor parametreleri yönünden I. Sınıf (kirlenmemiş su) olarak belirlenmiştir (Çakır ve Minareci, 2015).

Balıkçılık, Çivril Gölü'nün çevre köyleri için büyük önem taşıyan bir etkinliktir. Kerevit (*Astacus leptodactylus*) bir zamanlar göldeki en yaygın ve en çok gelir getiren tür olduğu halde, 1980'lerde Türkiye'de ilk kez bu gölde ortaya çıkmış olan mantar (*Aphanomyces astaci*) hastalığı nedeniyle büyük zarar görmüştür (Aygen ve Balık, 2005). Yağışların bol olduğu zamanlarda göl alanının genişlemesi, civardaki yerleşim yerleri ve

tarım alanlarına zarar vermesinden dolayı 1949 yılında DSİ tarafından taşkından koruma çalışmaları başlatılmıştır. 1968 yılında gölün batı, güney ve doğu kıyıları setle çevrilmiştir (Yarar ve Magnin, 1997). Suların kontrol altına alınması için yapılan Işıklı Barajı, çevredeki ovalarda yapılan sulamalar için su depolanan bir rezervuar olarak kullanılmaktadır (Çakır ve Minareci, 2015). Gölde en çok bulunan balık türleri *Squalius carinus*, *Oncorhynchus mykiss*, *Carassius gibelio*, *Hemigrammocapoeta menderesensis*, *Cyprinus carpio (*Yağcı vd., 2008; Küçük vd., 2015 Soylu vd., 2017*), Aphanius anatoliae*, *Barbus capito*, *Barbus plebejus*, *Chondrostoma meandrense*, *Esox lucius*, *Gambusia affinis*, *Gobio gobio*, *Hemigrammocapoeta kemali*, *Leuciscus cephalus*, *Orthrias angorae*, *Pseudophoxinus meandricus* ve *Tinca tinca* (Kuru vd., 2001; Balık vd., 2004b) olarak sıralanabilir. Bu türler arasında *Carassius gibelio*, *Gambusia affinis* ve *Tinca tinca* göle bırakılmıştır ancak diğer türler göl için lokal türlerdir (Alp vd., 2008). *Carassius gibelio* türünün göldeki yerli türler üzerine olumsuz etkisinin olduğu bilinmektedir (Gaygusuz vd., 2013).

Çivril Gölü, endüstriyel, tarımsal ve evsel atıkların yağmurla taşınması sonucu kirlenmeye maruz kalmaktadır (Tekin Özan ve Aktan, 2012).



Şekil 3.4. Çivril Gölü istasyonları

3.1.1.4. Suğla Gölü

Suğla Gölü, Konya'nın 85 km Güneybatısında, Beyşehir Gölü'nün 43 km güneydoğusunda bulunur (37° 20′ 15″ K- 32° 01′ 54″ D). Tuz Gölü ve Beyşehir Gölü'nü takiben Konya Drenaj Havzası'nın üçüncü büyük tatlısu sistemidir. 18600 hektar alanı kaplamaktadır. Suğla Gölü tektonik kökenli bir tatlısu sistemidir. Sığ sulardan oluşan göl su ürünleri ve sulama açısından önemli bir kaynaktır. Yüzey alanı 38 km^2 (orijinali 80 km^2), su derinliği ise 4 m kadardır. Gölün alanı yağmurlu dönemlerde genişlerken kurak dönemlerde daralır ve alüvyal göl tabanı yüzeye doğru çıkar. Göle yılda ortalama 145 milyon m^3 su ulaşmaktadır. Suğla Gölü Beyşehir Gölü, Apa Barajı ve May Barajı suları ile birlikte Çumra Ovası'nın sulamasında kullanılmaktadır. Çarşamba Kanalı yaklaşık 150 km uzunluğundadır ve Beyşehir Gölü'nden Çumra Ovası'na akarken Suğla Gölü, Apa Barajı ve May Barajı ile temas halindedir (Zengin vd., 2002). Göl suları kontrollü olarak Çarşamba Çayı'na aktarılarak Çumra Ovası'na (Konya) iletilmektedir. Orta Torosların İç Anadolu tarafında bulunuşu ve Beyşehir Gölü ile Tuz Gölü havzaları arasındaki geçiş konumu oluşturması Suğla Gölü'nün önemini artırmaktadır (Ataselim ve Kazancı, 2014; Akköz ve Çağlar, 2013; 2016). Suğla Gölü balık faunası üyeleri *Cyprinus carpio*, *Pseudophoxinus anatolicus*, *Carassius gibelio*, *Sander lucioperca*, *Tinca tinca*, *Vimba vimba tenella* ve *Capoeta capoeta* olarak bildirilmiştir (Çakmak vd., 2012; Akköz ve Çağlar, 2013).

Şekil 3.5. Suğla Gölü istasyonları

3.1.1.5. Karataş Gölü

Karataş Gölü, Türkiye'nin güneybatısında Burdur Gölü kapalı havzası (37° 23′ 14″ K- 29° 58′ 02″ D)'nda bulunur. Alanı yaklaşık 800 ha, derinliği yaklaşık 2 m ve rakımı 1050 m'dir. Gölün ana kaynağı Bozçay'dır. Sulama için kullanılır ve balıkçılık faaliyetleri için yüksek potansiyel taşır (Kır vd., 2006; Başyiğit ve Tekin Özan, 2013). Karataş Gölü'nde bulunan önemli balık türlerini *Cyprinus carpio*, *Scardinius erytrophthalmus*, *Sander lucioperca*, *Knipowitschia caucasica*, *Aphanius anatoliae anatoliae*, *Capoeta capoeta bergamae* ve *Chondrostoma fahirae* oluşturur (Geldiay ve Balık, 2002; Kır, 2005; Yeğen vd., 2006; Küçük vd., 2016). Karataş Gölü *Oxyura leucocephala* gibi önemli kuş türleri için kışlama ve üreme bölgesidir. Göl çevresinde çok sayıda tahıl ve şeker pancarı tarlaları bulunur.

Karataş Gölü, 1974'te seddelenerek daha fazla su tutabilen bir rezervuara dönüştürülmüş ve suyunun çok büyük kısmı tarım alanlarına yönlendirilmiştir. Karamanlı Barajı ve Karataş Gölü, Burdur Gölü'nden sonra havzada yer alan en büyük su kütleleridir ve toplam 90 hm^3 su tutmaktadırlar (Ataol, 2010). Karataş Gölü, 1995 yılında Göl Yaban Hayatı Koruma Alanı olarak belirlenmiştir.

Burdur ili genelinde ekonomik balıkçılık yapılan bu ekosistemde ekonomik türler üzerine yoğun av baskısı vardır. Aşırı bitki gelişimi ve su seviyesinde mevsimsel dalgalanmalar yaşanmaktadır (Küçük vd., 2016).

Şekil 3.6. Karataş Gölü istasyonları

3.1.1.6. Kovada Gölü

Kovada Gölü, Eğirdir Gölü'nün 8 km güneyinde olup, Isparta il sınırları içerisinde yer alır (37° 38′ 34″ K- 30° 52′ 41″ D). Kuzey-Güney doğrultusunda uzanır. Deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 908 m ve yüzölçümü yaklaşık 9 km^2'dir. Tektona-karstik bir göldür. Göl ve çevresi zengin bir bitki örtüsüne sahip olup, bünyesinde barındırdığı endemik türler nedeni ile 1970 yılında Milli Park olarak koruma altına alınmıştır. 1992 yılında 1. Derece Doğal Sit Alanı olarak ilan edilmiştir. Göl, Eğirdir Gölü'nden gelen bir kanal suyu ile beslenmekte ve fazla suları alınarak Kovada Hidroelektrik Santrali'ne gönderilmektedir. Gölün derinliği en fazla 5 m'dir (Kazancı, 1999, Bahadır, 2012). Gölün barındırdığı önemli balık türleri *Carassius carassius*, *Carassius gibelio*, *Cyprinus carpio* ve *Tinca tinca'* dır (Kır ve Tekin Özan, 2005; Tekin Özan ve Kır, 2005).

Şener ve Şener (2016), göl su kalitesinin bozulmasında en önemli kaynağın Kovada Kanalı olduğunu ve göl çevresindeki tarım alanlarından negatif olarak etkilendiği ve gölün ötrofik seviyede olduğu belirtmişlerdir.

Şekil 3.7. Kovada Gölü istasyonları

3.1.1.7. Gölhisar Gölü

Gölhisar Gölü, Dalaman Çayı Havzası içinde Burdur ilinin güneybatısında yer almaktadır (37° 06′ 53″ K- 29° 36′ 10″ D). 1505 km^2'lik bir drenaj alanına sahiptir ve Dalaman sulu tarımsal faaliyetlerin yapıldığı bir bölgedir (Davraz ve Yılmaz, 2016).

Gölhisar Gölü, Uylupınar ve Yamadı köyleri arasında bulunan 400 ha alana ve en fazla 2 m derinliğe sahip bir su kaynağıdır (Alp ve Balık, 2000). Gölü sürekli olarak besleyen bir dere bulunmamaktadır. Asıl su kaynaklarını yeraltı zemindeki su kaynakları ve Yapraklı Baraj Gölü oluşturmaktadır (Yağcı, 2014). Doğal yapısı korunmuş olan gölde en önemli sorun, aşırı bitki gelişimidir. Ayrıca göl faunasında yabancı tür baskısı da bulunmaktadır. (Küçük vd., 2016). Gölün balık faunasında *Cyprinus. carpio*, *Sander lucioperca*, *Silurus glanis*, *Gambusia affinis*, *Cobitis simplicispina*, *Scardinius erythrophthalmus* ve *Carassius gibelio* türlerinin bulunduğu belirtilmiştir (Alp ve Balık, 2000; Bostancı vd.,2007d; Küçük vd., 2012; 2016, İlhan vd., 2014a).

Şekil 3.8. Gölhisar Gölü istasyonları

3.1.2. Su, Sediman ve Balık Örneklemesi

Su ve sediman numunelerinin toplama işlemleri, dip sedimanının ve su örneğinin aynı noktadan alınması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Balık numuneleri, göllerdeki yerel balıkçılardan satın alma yolu ile temin edilmiştir. Su, sediman ve balık örneklemeleri, Ocak-Mart 2019 tarihleri arasında yağışlı dönem örneklemesi olacak şekilde, Haziran-Ağustos 2019 tarihleri arasında kurak dönem örneklemesi olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca istasyonların sıcaklık (˚C), çözünmüş oksijen (DO %, DO mg/L) ve tuzluluk (TDS, ppt) durumları, YSI Professional Plus çoklu parametre ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Sechi görünürlüğü (m) belirlenmiştir. İstasyonların koordinatları, Magellan Explorist 600 GPS cihazı ile kaydedilmiştir.

Su numuneleri, PP Amber su numune şişeleri (500 ml) kullanılarak yüzeyin yaklaşık 50 cm aşağısından alınmış, ağır metal analizi için konsantre nitrik asitle asitlendirilerek

(<pH:2) analize hazır hale getirilmiştir (AWWA, 2017). Sediman numuneleri USEPA (2001)'de verilen standart protokol doğrultusunda, Hydro-Bios marka Ekman Sediman Kepçesi ile sediman yüzeyinin yaklaşık 5-10 cm'lik katmanından toplanarak steril polipropilen poşetlere konulmuştur. Tüm örnekler, taşıma sırasında standartlara uygun olarak bir buz kutusuna konulmuş ve analiz tarihine kadar soğuk koşullarda saklanmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Laboratuvar Analizleri

3.2.1.1. Boy-Ağırlık Ölçümü ve Cinsiyet Tayini

Her bir *Carassius gibelio* bireyinin toplam boyu (TL) cm olarak 1 mm hassasiyetle digital kumpas ile ölçülmüştür. Toplam ağırlık (W) 0,1 g duyarlılıklı hassas terazi ile ölçülerek kaydedilmiştir. Bireylerin cinsiyetleri gonadların makroskobik ve mikroskobik olarak incelenmesi ile belirlenmiştir.

3.2.1.2. Su Numunelerinde Ağır Metal Tayini

Su örneklerinde metal analizleri doğrudan yapılabilmektedir. Bu nedenle su numuneleri nitrik asit kullanılarak (1-2 mL) pH<2 olacak şekilde ayarlanmış ve analiz gününe kadar 4°C'de buzdolabında ışık görmeyecek şekilde saklanmıştır. (AWWA, 2017). Toplam 50 adet su numunesi analiz edilmiştir.

3.2.1.3. Sedimanda Ağır Metal Analizleri

Sediman örnekleri, her bir istasyondan yağışlı ve kurak dönem örneklemesi olacak şekilde alınarak uygun koşullarda (ortalama 4°C deki soğutucu içerisinde) laboratuvara getirilmiştir. Önişleme kadar soğuk koşullarda saklanmış sediman numuneleri etüvde 50°C' de 48 saat süre ile kurutulmuştur. Kuru numuneden tartılan 0,2 g sediman mikrodalga çözünürleştirme tüpüne yerleştirilmiş, üzerine 4 ml nitrik asit (HNO_3 %65 suprapur), 2 ml hidroflorik asit (HF ≥ %40)ve 2 ml sülfirik asit (H_2SO_4 %95-97) ilave edilerek mikrodalga fırında çözünürleştirme işlemi yapılmıştır. Fırından çıkarılan tüpler oda sıcaklığında soğutulup tüplerdeki çözelti 50 ml'lik polipropilen falcon tüplerine aktarılmış ve çözelti miktarı ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır (ASTM, 2000). Analiz gününe kadar 4°C'de buzdolabında ışık görmeyecek şekilde saklanmıştır. Toplam 50 adet sediman numunesi analiz edilmiştir.

3.2.1.4. Balık Dokusunda Ağır Metal Analizleri

Balıkların kas dokuları ve sindirim kanalı içerikleri diseksiyon yöntemi ile elde edilmiştir. Ölçümleri yapılan bireyler diseksiyondan önce deiyonize su ile yıkanmış, paslanmaz steril bisturi yardımı ile kas dokusu çıkarılmış ve steril polipropilen deney tüplerinde -20°C'de muhafaza edilmiştir. Yaş yakım işlemi için çözündürülen kas doku ve sindirim kanalı numuneleri TFM tüpler içerisinde yaklaşık 1g yaş ağırlıklı homojenize doku tartılarak üzerine 9 mL nitrik asit (HNO_3 %65 suprapur) ve 1 ml hidrojen peroksit (H_2O_2 %35 ekstrapur) eklenerek Milestone marka mikrodalga cihazı ile çözünürleştirme işlemleri yapılmıştır. Numuneler falcon tüplerinde ultra saf su ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. Analiz gününe kadar 4°C'de buzdolabında ışık görmeyecek şekilde saklanmıştır. Toplam 210 adet kas doku, 14 adet sindirim kanalı numunesi analiz edilmiştir.

Sediman ve balık dokuları için her bir yakma işleminde blank (kör tüpü) hazırlanmıştır. Mikrodalga Cihazı Yaş Yakma Çözümleme Prosesleri Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Mikrodalga Cihazı Yaş Yakma Çözümleme Programı

Mikro dalga yakma prosesi		
Faz	1	2
Sıcaklık (°C)	190	190
Basınç (pressure, bar)	40.0	40.0
Süre (dk.)	10	15
E (W)	1000	1000

Ağır metal konsantrasyonlarının ölçümü Perkin Elmer Optima 8000 marka-model indüktif olarak eşleştirilmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) cihazı ile gerçekleştirilmiştir Analizlerin bu kısmı, hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Sonuçlar balıklar için mg/kg yaş ağırlık cinsinden verilmiştir. Homojenize edilmiş numunelerden üç tekrar çalışılmıştır. Ayrıca çalışmanın güvenilirliğinin belirlenmesi amacıyla da sertifikalı referans standart madde kullanılmıştır. Geri kazanım oranları, referans maddeye örnek hazırlama işleminin aynı şekilde uygulanması ile elde edilen sonuçlara göre hesaplanmıştır. ICP–OES analiz parametreleri Tablo 3.4'te, okuma yapılan ağır metallerin dalga boyu ve tespit limitleri Tablo.3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.4. ICP–OES Analiz Parametreleri

ICP–OES analiz parametreleri	
Güç	1450 W
Plazma	Aksial plazma
Numune hacmi	10 mm
Akış hızı	1,50 µL/dk
Nebulizatör hızı	0,55 L/dk

Tablo 3.5. Ağır Metallerin Dalga Boyu ve Tespit Limitleri

Ağır Metallerin Dalga Boyu ve Tespit Limitleri			
Ağır Metal	Dalga Boyu (nm)	Tespit Limiti (µg/L)	Kantitasyon Limti (µg/L)
Pb	220,356	5,0	16,6
Cd	226,502	2,5	8,3
Cr	205,563	2,5	8,3
Cu	324,757	2,5	8,3
Zn	213,857	2,5	8,3

3.3. İstatistiksel Analizler

Su, sediman ve doku örneklerinden elde edilen ağır metal konsantrasyonlarına ilişkin sonuçların istatistiksel analizi yapılmış ve analizler sonucunda önemli olduğu tespit edilen değerler yorumlanmıştır. Yağışlı ve kurak mevsimlerde alınan numunelerin ağır metal konsantrasyonları arasındaki farklılıkların önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla dönemsel olarak su, sediman ve doku için göl bazında yapılan ikili karşılaştırmalarda t-testi yapılmıştır. Göller arası Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn konsantrasyonları bakımından istatistiki farkların belirlenmesi için tek yönlü varyans analizleri (ANOVA) uygulanmıştır. İstatistiki analizlerin tümü için Windows için GraphPad Prism 8 programı (Sürüm 8.0.2) kullanılmıştır.

3.4. Risk Değerlendirmesinin Yapılması

3.4.1. İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmeleri

USEPA (2016a)'ya göre İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmeleri kontamine olmuş bir ortamda kimyasallara maruz kalabilecek insanların sağlığı üzerinde mevcut veya gelecekte oluşabilecek olumsuz etkilerin olasılığını tahmin etme sürecidir. Bu süreç, planlama ve araştırmayı takip eden 4 temel aşamadan oluşur.

Aşama 1: Tehlikenin Tanımlaması: Bir stres faktörünün insanlara ve/veya ekolojik sistemlere zarar verme potansiyeline sahip olup olmadığını, hangi koşullarda zararlı olduğunu inceler.

Aşama 2: Doz-Tepki Değerlendirmesi: Stres faktörüne maruziyet ve etkileri arasındaki sayısal ilişkiyi inceler.

Aşama 3: Maruziyet Değerlendirmesi: Stres etkeni ile temas sıkılığı ve seviyesi hakkında bilinenleri inceler.

Aşama 4: Risk Karakterizasyonu: Stres faktörlerine maruz kalma sonucu risk verilerini değerlendirir.

Ağır metallerin insan sağlığı üzerine olası risklerinin değerlendirilmesinde tüketiciler tarafından söz konusu türün tüketimi göz önüne alınarak Hedef Tehlike Oranı (Target Hazard Quotient, THQ), toplam THQ (Total Target Hazard Quotient, TTHQ), tahmini günlük ağır metal alım miktarı (Estimated Daily Intake, EDI) ve Kanserojenik Risk Faktörü (Carcinogenic Risk, CR) metodları kullanılmıştır (Islam vd., 2014, Şaşı vd., 2018). Bu metodlar için kullanılan faktörler ve birimleri Tablo 3.6'da listelenmiştir.

Tablo 3.6. İnsan sağlığı risk değerlendirmeleri için kullanılan faktörler ve birimleri

Faktör	Tanımı	Birimi	Kullanılan Değer	Kaynak
EF	Exposure Frequency; Maruziyet Frekansı	Gün	365	USEPA, 2000
ED	Exposure Duration; Maruziyet Süresi	Yıl	70	USEPA, 2000
IRd	Daily Fish Consumption; Günlük Balık Tüketimi	g/gün	16,7	BSGM, 2019
FIR	Besin alma oranı	g/gün	0.019	
MC	Metal Concentration; Metal Konsantrasyonu	µg/g		Mevcut çalışma sonuçları
RfDo	Oral Reference Dose: Günlük Alım Dozu	$\mu g kg^{-1}/day$	Pb:4; Cd:1; Cr:3; Cu:4; Zn:300	USEPA, 2000
BWa	Body Weight; Vucut Ağırlığı	kg	Yetişkinler:70 kg; 1 yaş: 10 kg; 2 yaş: 15 kg; 6 yaş: 20 kg; 12 yaş: 44 kg	USEPA, 2000
ATn	Average Exposure Time For Non-Carcinogens Effects Kanserojenik Olmayan Etkiler İçin Ortalama Maruziyet Süresi	gün × ED	365x26	USEPA, 2020
AT	Average Exposure Time For Carcinogens Effects Kanserojenik Etkiler İçin Ortalama Maruziyet Süresi	gün × ED	365x70	USEPA, 2020
CSFo	Oral Carcinogenic Slope Factor; Kanser Eğim Faktörü	$(mg/kg/day)^{-1}$	As: 5 Pb: 0.0085	USEPA, 2020

3.4.1.1. EDI (Estimated Daily Intake): Tahmini Günlük Alım Miktarı

Tolere edilebilir günlük alım miktarı, bir elementin insan vücut ağırlığına bağlı olarak, tüm yaşam boyunca herhangi bir risk oluşmadan günlük tüketilebilir miktarıdır. Analiz edilen metaller için tahmini günlük alım miktarları (EDI), balık numunelerinde tespit edilen metallerin ortalama konsantrasyonları (MC) ile ortalama bir birey tarafından tüketilen günlük su ürünleri miktarının (IRd) ortalama vücut ağırlığına (BWa) (Tablo 3.6.) oranı şeklinde hesaplanır (3.4) (JECFA, 2006). Tolere edilebilir günlük alım miktarları (µg/kg bw/day) olarak ifade edilebilir. Yetişkinler için tahmini günlük alım değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$EDI = MC(\mu g/g) \times IRd\ (g)/\ BWa\ (kg) \quad (3.4)$$

Metallerin tahmini günlük alım (EDI) değerleri hesaplanarak, Gıda Katkıları FAO/WHO Ortak Uzman Komitesi (JECFA), Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından önerilen tolere edilebilir günlük ve/veya haftalık/aylık alım değerleri veya ile karşılaştırılmıştır.

3.4.1.2 THQ (Target Hazard Quotients): Hedef Tehlike Oranı

Metallerin insanlar tarafından balıkların tüketilmesi sonucu neden oldukları kanser dışındaki sağlık riskleri, hedef tehlike oranı (THQ) ile hesaplanmaktadır. USEPA (US Environmental Protection Agency) tarafından balıklardaki ağır metal birikiminin insan sağlığı riski açısından değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Kanserojenik olmayan hedef tehlike oranı ile risk tahmin metodu, aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır

$$THQ = [(EF \times ED \times IRd \times MC) / (RfD \times BW \times AT)] \times 10^{-3} \quad (3.4)$$

Denklemde kullanılan ve USEPA tarfından belirlenen faktörler Tablo 3.6.'da verilmiştir. Kanserojenik Olmayan Etkiler İçin Ortalama Maruziyet Süresi 365 x 26 olarak kabul edilmektedir (USEPA, 2000; Varol ve Sünbül, 2020)

THQ değeri 1'den küçük olduğu durumda ağır metal besin olarak tüketildiğinde insan sağlığı üzerinde önemli etki beklenmediği yönünde değerlendirilir. THQ> 1 ise 'uzun süreli maruziyette insan sağlığı üzerinde olumsuz etki görülebilir' olarak değerlendirilir.

Total Target Hazard Quotients (Toplam Hedef Tehlike Oranı): Tespit edilen tüm ağır metallerin THQ değerlerinin toplamı olarak ifade edilmektedir. TTHQ >1 olması durumu konsantrasyonları belirlenen ağır metallerin birlikte oluşturabilecekleri olası olumsuz etkilerden söz edilebilir.

$$TTHQ = THQ\ toksikant_1 + THQ\ toksikant_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots THQ\ toksikant_n \quad (3.4)$$

3.4.1.3 CR (Carcinogenic risk): Kanserojenik Risk Faktörü

Potansiyel bir kanserojene maruz kalması nedeniyle bir bireyin kansere yakalanma olasılığının USEPA(1998) tarafından tanımlanan 'Cancer Slope Factor (CSF) kullanılarak hesaplanmasıdır (Tablo 3.6).

Hayat boyu Pb ve/veya As'e maruz kalma üzerinde kanser riski formülü aşağıda verilmiştir.

$$CR = [(EF \times ED \times IRd \times MC \times CSF) / (BW \times AT)] \quad (3.4)$$

CSF; As için 5 $(mg/kg/day)^{-1}$, Pb için 0.0085 $(mg/kg/day)^{-1}$ olarak alınır (USPEA, 1989). Bir insanın yaşamı boyunca bir kanser olma riski 1:10000 1ile 1:1000000 arasında değişmektedir. CR hesaplamalarına ait sonuçlar;

CR: $<10^{-6}$ (ihmal edilebilir)

CR : 10^{-6} ve 10^{-4} (kabul edilebilir aralık)

CR: $>10^{-4}$ (riskli aralık) olarak değerlendirilir.

Türkiye'de ve dünyada araştırmacılar tarafından farklı tatlısu ve deniz türlerinin, tüketicilerin sağlığı üzerine olası risklerinin değerlendirilmesi için balık dokularında ağır metal konsantrasyonları çeşitli yöntemlerle (ICP-MS/ICP-OES/AAS) belirlenmiş ve sonuç olarak halk sağlığı açısından etkileri belirtilmiştir. Amirah vd. (2013), Pahang'daki Kuantan'da seçilen balık türlerinde; Yipel ve Yarsan (2014), Antalya Körfezi'nden avlanan (*Mullus barbatus*, *Mugil cephalus* ve *Panaeus semisulcatus*) bireylerinde; Türk-Çulha vd. (2016), Sinop limanından elde ettikleri *Scorpaena porcus* türünde; Naji vd. (2016), Basra Körfezi'nden 4 türde; Ullah vd. (2017) Bangladeş-Dhaka şehrinin dört toptan pazarından toplandıkları sık tüketilen 8 balık türünde (*Labeo rohita*, *Clarias gariepinus*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Cyprinus capio*, *Puntius sarana*, *Oreochromis mossambicus*, *Pangasius pangasius* ve *Anabas testudineus*); Mol vd. (2017), Karadeniz'den kırmızı kefal (*Mullus barbatus*), mezgit (*Merlangius merlangus*) ve kalkan (*Psetta maxima*) bireylerinde; Alipour ve Banagar (2018), Hazar Denizi'nin güneydoğusundaki Gorgan Körfezi'nden beş balık türünde (*Sander lucioperca*, *Liza auratus*, *Alosa caspia*, *Cyprinus carpio* ve *Liza saliens*); Salam vd. (2019), *Euthynnus affinis, Pampus argenteus*, *Descapterus macrosoma*, *Portunus pelagicus*, *Fenneropenaeus indicus* ve *Leiognathus daura*) Tok Bali Liman'ında (Kelantan, Malaysia), Ezemonye vd. (2019), Benin Nehri (Nijerya)'nden *Macrobrachium macrobrachion* ve *Brycinus longipinnis* türlerinde; Korkmaz vd. (2019), Taşucu (Mersin)'nda 6 örnekleme istasyonundan 16 farklı balık türünde örneklem yapmışlardır. İnsanların bu türleri tüketim yoluyla metale maruz kalması sonucu; bireysel olarak günlük veya haftalık (EDI-EWI) olarak ağır metal alımının tolere edilebilir olup olmadığını ve tek tek veya kombine olarak ağır metallerin tüketiminin insan sağlığı için potansiyel risk oranılarını (THQ-TTHQ-CR) bildirmişlerdir.

3.4.2. Ekolojik Risk Değerlendirmeleri

Ekolojik risk değerlendirmeleri çeşitli kimyasalların, arazi değişikliğinin, bazı hastalıkların, istilacı türlerin ve iklim değişikliği gibi bir veya daha fazla çevresel baskıya maruz kalmanın bir sonucu olarak ortamın etkilenme olasılığının değerlendirilmesi sürecidir (USEPA, 2016b). EPA'ya göre ekolojik risk değerlendirme süreci planlama ve araştırma ile başlar ve 3 aşamadan oluşur:

Aşama 1: Problem Formülasyonu: Bitkiler ve hayvanlar açısından risk altındaki ve korunması gereken unsurları belirlemeye yardımcı olmak için bilgi toplanır.

Aşama 2: Analiz: Çevresel baskıya maruz kalan unsurları, maruziyet derecelerini ve bu maruziyet seviyesinin zararlı ekolojik etkilere neden olup olmayacağının belirlenmesidir.

Aşama 3: Risk Karakterizasyonu: Risk karakterizasyonu iki ana bileşen içerir: risk tahmini ve risk açıklaması. "Risk tahmini", maruz kalma profillerini ve maruz kalma etkilerini birleştirir. "Risk açıklaması", risk sonuçlarının yorumlanması için bilgiler sağlar ve ilgili canlılar üzerinde zararlı etkiler için bir seviye belirler.

Biyotada ağır metallerin birikme derecesini ölçmek için belirli bazı formüller kullanılmaktadır (Ali vd., 2019). Bu bölümde söz konusu değerlendirme araçları özetlenmiştir.

3.4.2.1. Biyoakümülasyon Faktörü

Biyoakümülasyon Faktörü**;** Doğal ortamlardan organizmalar tarafından adsorbe edilen kimyasal madde konsantrasyonları, organizmalar içerisindeki toksik element birikim etkinliğinin nicelik olarak belirlenmesinde kullanılabilir. Dokudaki metal konsantrasyonlarının balığın bulunduğu su içerisindeki metal konsantrasyonuna oranı şeklinde ifade edilmektedir (Ali vd., 2019).

Mevcut çalışmada balık kas dokusunda biyoakümülasyon faktörleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$BAF = C_{org/} C_{su} \quad (3.4.)$$

Formülde; C_{org}; Balık dokusunda tespit edilen ağır metal konsantrasyonunu, C_{su}; Suda tespit edilen ağır metal konsantrasyonunu temsil etmektedir (USEPA, 2016).

Liu vd., (2005 ve 2018)'e göre BAF≤1 olarak hesaplandığında söz konusu ağır metalin balıklarda biyoakümüle olmadığını, BAF >1 olduğu durumlarda ise balıklarda ağır metal biyobirikimini işaret etmektedir.

Yabanlı vd. (2014), Marmara Gölü'nden aldıkları su örnekleri ve *Carassius gibelio* balık dokusunda; Vu vd. (2017), Houjing Nehri (Güney Tayvan)'nde 5 balık türünde; Lakra vd. (2019), Rajrappa kömür madenlerinden (Jharkhand, Hindistan) aldıkları yenebilen kedi balığı *Clarias batrachus* türünde; Xu vd. (2019), Chengdu (Çin)'deki tipik polikültür havuz balıklarında (*Carassius auratus*, *Cyprinus carpio* ve *Ctenopharyngodon idellus*); Ionescu vd. (2019) Romanya Colentina Nehri'nde *Alburnus alburnus*, *Carassius gibelio*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Ameiurus nebulosus*, *Perca fluviatilis* ve *Lepomis gibbosus* türlerinde Ravanbakhsh vd. (2020), Musa, Basra Körfezi'nde *Johnius belangerii* ve *Cynoglossus arel* türlerini incelemişler ve doğal ortamlarından ağır metal biyoakümülasyon durumunu belirlemişlerdir.

3.4.2.2. Aktarım Faktörü (Transference Factor=TF)

Aktarım Faktörü (Transference Factor=TF); Balıklarda trofik düzeyde biyoakümülasyon oranlarını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Mackay ve Fraser'e (2000) göre;

$$TF = Cc / Cp \quad (3.4)$$

Cc, avcıda belirlenen (balık kas dokusu) ağır metal konsantrasyonunu temsil ederken Cp, avdaki (tüm mide içeriği) aynı elementin konsantrasyonudur. TF>1, metalin biyolojik olarak katlanarak artan bir konsantrasyonda birikim gösterdiğini (biyomagnifikasyon) ve TF <1 ise biyoseyrelmeyi (biyodilüsyonu) ifade eder (Gray, 2002).

3.4.2.3. Tatlısu Sediman Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Ekolojik Risk Faktörleri

Göl sedimanı üzerine etkili kirleticilerin kaynaklarını doğal veya antropolojik olarak belirlemek ve sedimandaki ağır metal kirliliğinin potansiyel ekolojik etkilerini değerlendirmek amacı ile çalışmamız kapsamında tatlısu sediman kalitesinin değerlendirilmesi ve ekolojik risk faktörleri indeksleri uygulanmıştır. Bu uygulamada EF (Enrichment Factor); Normalize Edilmiş Zenginleştirme Faktörü, C_F (Contamination Factor); Kirlilik Faktörü, Igeo (Geo-Accumulation Index); Jeoakümülasyon İndeksi, C_D (Contamination Degree); Kirlilik Derecesi, I_{PL} (Pollution Load Index); Kirlilik Yükü İndeksi, PERI (Potential Ecological Risk Index); Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarla sedimandaki kirlilik dereceleri ve sediman kalitesi üzerindeki antropojenik etkilerin derecesi belirlenmiştir ve bunun için

indekslere ait sınıflandırmalar kullanılmıştır. Kullanılan indeksler ekolojik çalışmalarda yaygın kullanılan çevresel indekslerdir. Bu indekslere ait denklemler ve sınıflandırma dereceleri Tablo 3.7' de özetlenmiştir.

Tablo 3.7. Sediman ekolojik risk indeksleri, formülleri ve sonuçlarına ait sınıflandırma dereceleri

İndeks	Eşitlik	Kalite / Kirlilik Sınıflandırmaları
C_F	$C_{F=}=[Cn]_o/[Cn]_b$	$C_F < 1$ Düşük oranda kirlenme $1 \leq C_F < 3$ Orta seviyede kirlenme $3 \leq C_F < 6$ Kayda değer kirlenme $C_F \geq 6$ Çok yüksek oranda kirlenme
I_{PL}	$IPL = \sqrt[n]{\prod_i^n CFi}$	I_{PL} = 0-1 Kirlenme yoktur, I_{PL} = 1 Lokal kirlilik (dışardan kirleten olmadan) I_{PL}. > 1 Yüksek kirlilik.
C_D	$CD = \sum_{i=1}^{n} CF$	$C_D < 8$ Düşük oranda kirlenme $8 \leq C_D < 16$ Orta derecede kirlenme $16 \leq C_D < 32$ Orta derecenin üzerinde kirlenme $C_D \geq 32$ Çok yüksek
mC_D	$mC_D = C_D/n$	$mC_D < 1.5$ Çok düşük oranda kirlenme $1.5 \leq mC_D < 2$ Düşük oranda kirlenme $2 \leq mC_D < 4$ Orta derecede kirlenme $4 \leq mC_D < 8$ Yüksek oranda kirlenme $8 \leq mC_D < 16$ Çok yüksek kirlenme $16 \leq mC_D < 32$ Aşırı yüksek kirlenme $mC_D \geq 32$ Son derece yüksek kirlenme
EF	$EF = (C_o/Fe_o)/(C_b/Fe_b)$	EF = 1- 2 Az zenginleşme, EF = 2-5 Orta zenginleşme, EF = 5-20 Önemli ölçüde zenginleşme, EF = 20-40 Çok yüksek zenginleşme EF > 40 Aşırı zenginleşme şeklinde
Igeo	$Igeo=\log2\ [C_o/1.5\ G_b]$	Igeo < 0 Sınıf 0 (kirlenmemiş) 0 < Igeo < 1 Sınıf 1 (bir dereceye kadar kirli) 1 < Igeo < 2 Sınıf 2 (orta derecede kirli) 2 < Igeo < 3 Sınıf 3 (Orta seviyenin üzerinde kirli) 3 < Igeo < 4 Sınıf 4 (yoğun olarak kirli) 4 < Igeo < 5 Sınıf 5 (ağır derecede kirli) Igeo ≥ 5 Sınıf 6 (aşırı kirli)
PERI	$Er_i = Tr_i \times (C_F)$	PERI < 110 Düşük risk PERI = 110 - 220 Orta derecede risk PERI = 220 - 440 Yüksek risk PER > 440 Önemli derecede yüksek risk

CF = Contamination Factor =Kirlilik Faktörü
I_{PL} = Pollution Load Index= Kirlilik Yükü İndeksi
CD = Contamination Degree =Kirlilik Derecesi
EF = Enrichment Factor= Zenginleşme Faktörü
Igeo = Geo-Accumulation Index =Jeoakümülasyon İndeksi
PERI= Potential Ecological Risk Index = Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi
Co = Observed Element Concentration = Örnekte analiz edilen ağır metal içeriği
Cb = Background Concentration of the Element = Analiz edilen ağır metalin referans içeriği
T = Toxic Response Factor = Toksik Risk Faktörü
n: Hesaplanan ağır metal sayısı

Kirlilik Faktörü (C_F; Contamination Factor): Bir havzadaki belirli bir toksik maddenin kontaminasyonunu tanımlamak için kontaminasyon faktörü uygulanmaktadır (Shirani vd., 2020). Her bir metalin örnekte tespit edilen konsantrasyonunun yeryüzü referans konsantrasyonuna bölünmesi ile elde edilir (Kowalska vd., 2018) (Tablo 3.7).

Kirlilik Derecesi (C_D; Contamination Degree): Kirlilik derecesi, kirlilik kontrolünü sağlamak amacıyla ilk olarak Hakanson (1980) tarafından öne sürülen ekolojik göstergelerden biridir. Araştırma alanına ait hesaplanan tüm kirlilik faktörlerinin toplamıdır (Tablo 3.7).

Uyarlanmış Kirlilik Derecesi (mC_D; Modified Contamination Degree): Araştırma alanındaki toplam kirlilik derecesini değerlendirmek amacıyla öne sürülen ekolojik göstergelerden biridir (Devanesan vd., 2017). Alana ait kirlilik derecesinin analiz edilen metal sayısına oranı ile hesaplanmaktadır (Tablo 3.7).

Kirlilik Yükü İndeksi (I_{PL}, Pollution Load Index): Örneklem alanlarındaki farklı ağır metallerin ortamdaki bileşik etkisini gösteren bir derecelendirme yöntemidir. Örneklem alanı için hesaplanan tüm ağır metal kontaminasyon faktörleri kullanılarak hesaplanmaktadır (Pesantes, 2019) (Tablo 3.7).

Normalize Edilmiş Zenginleştirme Faktörü (EF; Enrichment Factor): Ağır metal konsantrasyonlarının sedimanlar üzerindeki antropojenik etkilerini belirleyebilmek için normalize edilmiş zenginleşme faktörünün hesaplanmasıdır. Sedimanlardaki element yükü bakımından antropojenik etkinin derecesini değerlendirmek ve ayrıca doğal veya antropojenik aktivitelerden kaynaklanan elementler arasında ayrım yapmak için kullanılır. Ölçülen ağır metal miktarı aynı örneğe ait Fe ve/veya Al miktarları ile normalize edilerek sedimanın söz konusu metal bakımından zenginleşme faktörü hesaplanmaktadır (Barbieri, 2016) (Tablo 3.7). Zenginleşme faktörü hesaplamalarında jeokimyasal olarak aktif olmayan elementler tercih edilmektedir ve demir dağılımının diğer ağır metallerle bağlantılı olmadığı düşünüldüğü için kabul edilebilir normalizasyon elementi olarak demir kullanımı önerilmiştir (Rodríguez-Barroso vd., 2009).

Jeoakümülasyon İndeksi (I_{geo}, Geo-Accumulation Index): Sedimanlardaki element yükünün derecesi ve kirlilik boyutu hakkında bilgiler sağlar ve bireysel elementler için oluşturulmuştur. Formülde (Tablo 3.7) kullanılan '1,5' değeri litosferik etkilerin bir sonucu olarak arka plan matrisi düzeltme faktörü olarak kullanılır (Muller, 1969). Yedi jeoakümülasyon indeks sınıfı belirlemiştir (Tablo 3.7)

Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI= Potential Ecological Risk Index): Sucul sistemlerin dip sedimanlarında çok elementli kirliliklerin oluşturduğu ekolojik riski nicel olarak değerlendirmek içindir. Elementlerin kirlilik faktörleri ve sedimantolojik toksik tepki faktörlerinin (TRF) çarpımlarının tüm elementleri kapsayan toplamıdır (Tablo 3.7). Potansiyel Risk hesaplamalarında kullanılan toksik risk fakörleri (TRF) Pb = 5; Cd = 30; Cr=2; Cu =5 ve Zn = 1 şeklindedir (Li vd., 2017).

Kirlilik indeksleri, ayrı ayrı belirlenen ve sedimanın genel kalitesini belirtmek için birleştirilen formüllerden oluşur. C_F ve EF bireysel elementler için hesaplanırken; I_{PL}, C_D ve PERI entegre indekslerdir. C_F, EF, I_{PL} ve C_D hesaplamaları, elementlerin konsantrasyonunun jeokimyasal arka plan referans değerleriyle karşılaştırılmasını ve ardından indekslerin hesaplanmasını içerir. Sonuçlar, çalışma sahalarının sediman kontaminasyonu hakkında genel bilgi sağlar. I_{PL} sedimantolojik toksisite faktörünü hesaba katmazken, PERI hesaplanması için elementlerin toksisite faktörü kullanır. I_{PL}, kontaminasyon durumunu ve PERI ekolojik riski gösterir (Manoj ve Padhy, 2014).

Miller vd. (2007), Anacostia Nehiri'nde (Maryland) 2 istasyondan; Abrahim ve Parker (2008), Yeni Zelanda'da Tamaki Nehri'nden 8 lokalitede; Sarı ve Balkıs (2009), Marmara Denizi'nin güneyinde Kocasu Nehri ile Gönen ve Biga çaylarından; Şener vd. (2011), Eğirdir Gölü'nden; Rabee vd. (2011), Dicle Nehri (Bağdat); Varol (2011), Dicle Nehri (Türkiye); Kalender ve Uçar (2013), Fırat Nehri kollarından; Iqbal vd. (2016), Pakistan bazı tatlısu kaynakları; Ünlü ve Alpar (2016) İznik Gölü; Hammoud ve Rabee (2017), Shatt Al-Hilla (Babil, Irak); Duodu vd. (2016), Brisbane Nehri (Avusturalya)'nde; García-Ordiales vd. (2016), Almadén (Kuzey İspanya) maden bölgesinden; Abija ve Abam (2018), Forcados Nehri (Kuzey Nijerya); Kormoker vd. (2019), Louhajang Nehiri (Bangladeş); Ali vd. (2018), kömür madenciliği etkisi altındaki (Sydney, Australia) bazı nehir tabanlarından; Pesantes vd. (2019), Ponce Enríquez maden bölgesi (Kuzey Ekvator) 214 örneklem alanından; Selvaggi vd. (2020), Nestore Nehri (İtalya); Ustaoğlu ve Islam (2020), Giresun'un bazı nehirlerinde, Christophoridis vd. (2020), Doirani, Volvi ve Kerkini (Yunanistan) göllerinin sediman örneklerinde metal konsantrasyonlarını belirleyerek sediman kalite indekslerinden bir veya birkaçını kullanarak sedimanda önemli oranda kirlenme olup olmadığını ve zenginleşme oranlarını tespit etmişlerdir. Yine indeksler yardımı ile risk durumlarını belirleyerek sedimanlarındaki yüksek metal değerlerinin jeolojik veya antropojenik kökenli olabileceğini belirtmişler; hızlı şehirleşme, endüstriyel veya tarımsal atıkların etkilerini tartışmışlardır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) Bazı Biyolojik Özellikleri

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinden örneklenen balıklarda toplam boy, ağırlık verileri ölçülmüş ve eşey oranı hesaplanmıştır.

4.1.1. Eşey Oranı

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinden 2019 yılında yağışlı ve kurak dönemlerde temin edilen toplam 210 *Carassius gibelio* bireyinden % 70 'ini (147) dişi, %30'unu (63) erkek bireyler oluşturmuştur (Tablo 4.1) Dişi-Erkek oranı ise 1:0,43 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.1. *Carassius gibelio* eşey sayıları, eşey yüzdeleri ve oranları

	Dönem	n	Dişi Sayısı	Dişi yüzdesi	Erkek Sayısı	Erkek Yüzdesi	Eşey Oranı
Beyşehir Gölü	Yağışlı	15	12	%80	3	% 20	1:0,25
	Kurak	15	9	%60	6	% 40	1:0,66
	T	30	21	%70	9	%30	1:0,43
Eğirdir Gölü	Yağışlı	15	12	% 80	3	%20	1:0,25
	Kurak	15	10	% 67	5	%33	1:0,5
	T	30	22	% 73	8	%27	1:0,36
Çivril Gölü	Yağışlı	15	15	% 100	0	%0	1:0
	Kurak	15	10	%67	5	%33	1:0,5
	T	30	25	% 83	5	%17	1:0,2
Suğla Gölü	Yağışlı	15	8	% 53,33	7	%47	1:0,88
	Kurak	15	9	%60	6	%40	1:0,66
	T	30	17	%56	13	% 44	1:0,76
Karataş Gölü	Yağışlı	15	14	%93,3	1	% 6,6	1:0,07
	Kurak	15	12	%80	3	% 20	1:0,25
	T	30	26	%86	4	%14	1:0,15
Kovada Gölü	Yağışlı	15	7	% 46,6	8	%53,3	1:1,4
	Kurak	15	8	%53,3	7	%46,6	1:0,88
	T	30	15	% 50	15	50%	1:1
Gölhisar Gölü	Yağışlı	15	9	60%	6	40%	1:0,66
	Kurak	15	12	80%	3	20%	1:0,25
	T	30	21	70%	9	30%	1:0,43
Toplam		210	147	70%	63	30%	1:0,43

N: Birey sayısı
T: Toplam

Carassius gibelio türünün dişi bireyleri triploid ginogenetik, erkek bireyler ise diploittir (Liasko vd.,2010) Bu türün dişileri erkek bireylerinin spermleriyle bir gen alış verişi olmadan da döllenebilmektedir. Bu özelliği ile *Carassius gibelio* türünün dişi bireyleri genetik materyalini oldukça hızlı ve korunaklı olarak aktarmaktadır (Tarkan vd., 2006). Çoğu dişilerden oluşan populasyonların oluşmasının sebebi ginogenetik üremedir. Ginogenetik üreme sonucu 3n kromozoma sahip olan ve bireylerin çoğu dişilerden oluşan populasyonlar oluşur (Emiroğlu 2010; 2011).

Çivril Gölü'nden yağışlı dönemden elde edilen bireylerin tümü dişilerden oluşmaktadır. Kovada Gölü yağışlı dönem bireyleri hariç diğer tüm örneklemlerde dişi popülasyonlarının baskın olduğu görülmektedir (Tablo 4.1).

Carassius gibelio'nun bulunduğu birçok alanda yapılan geçmiş çalışmalarda da dişi bireylerin baskın olduğu belirlenmiştir. Son 10 yılda yapılan çalışmalar arasında farklı populasyonlarda dişi:erkek oranları, Beyşehir Gölü'nde 1:0,92 (Çınar vd., 2007); Büyükçekmece Gölü'nde 1:0,05 (Saç, 2010); Aksu Nehri'nde 1:0,58 (İnnal, 2012); Demirköprü Baraj Gölü'nde 1:0,35 (Ölçek, 2019) olarak ve İkizcetepeler Baraj Gölü'nde dişi birey yüzdesi %77,92 (Güngör, 2012) olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte türe ait erkek bireylerin baskın olduğu belirlenmiş çalışmalar da bulunmaktadır. Mevcut çalışmanın da alanları arasında bulunan Beyşehir ve Eğirdir Gölü populasyonlarında erkek baskın oranlar elde edilmiştir. Balık vd. (2004a); Bostancı vd. (2007a); Özkök vd. (2007) Eğirdir Gölü'nde dişi:erkek oranlarını sırası ile 1:1,14; 1:1,46 ve 1:1,08 olarak belirlemişlerdir. Beyşehir Gölü populasyondaki erkek birey oranları %52 olarak bildirilmiştir (Dinçtürk, 2014). Gelingüllü Baraj Gölü'nde dişi:erkek oranı 0,73:1 olarak tespit edilmiştir (Kırankaya ve Ekmekçi, 2013).

4.1.2. Boy ve Ağırlık Değerleri

Mevcut çalışmada elde edilen, göllere göre boy ve ağırlık verileri Tablo 4.2'de verlmiştir.

Tablo 4.2. *Carassius gibelio* bireylerinde boy (TL, cm) ve ağırlık (g) ölçümleri

Yağışlı Dönem														
	Beyşehir Gölü		Eğirdir Gölü		Çivril Gölü		Suğla Gölü		Karataş Gölü		Kovada Gölü		Gölhisar Gölü	
	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık
n	15		15		15		15		15		15		15	
e.d.	21,6	288,7	30	550,8	33,8	293,4	21,2	139,4	21,0	246,5	17,5	91,1	20,3	195,4
e.y.	28,6	474,3	33	807,4	24,1	703,8	28,1	325,7	27,5	443,9	29,5	543,5	31,6	656,9
ort	24,51	342,24	31,72	687,7	28,92	551,9	24,3	251,03	24,48	335,06	23,72	247,96	26,03	329,4
std s	1,99	61,75	1,08	74,98	2,32	117,05	1,97	46,64	2,21	64,8	3,80	130,94	3,31	130,59
Kurak Dönem														
	Beyşehir Gölü		Eğirdir Gölü		Çivril Gölü		Suğla Gölü		Karataş Gölü		Kovada Gölü		Gölhisar Gölü	
	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık	Boy	Ağırlık
n	15		15		15		15		15		15		15	
e.d.	25,5	268,3	22	219,2	19,8	121,8	16,6	72,3	20,4	235	17,3	77	27,4	366,3
e.y.	29,5	448,5	27,8	345,7	27,1	310,4	21	130,4	36	904,4	33,5	704	34,8	713,3
ort	26,81	323,46	24,31	271,84	23,49	204,99	18,43	95,35	25,09	385,34	24,86	315,25	31,43	538,49
std s	1,20	48,45	1,32	33,52	1,88	47,42	1,15	17,10	4,74	191,72	5,20	187,75	2,71	116,89

Carassius gibelio bireylerinde boy (TL ve FL) değerleri ve önceki çalışmalarla karşılaştırılması Tablo 4.3'de, *Carassius gibelio* bireylerinde ağırlık (g) değerleri ve önceki çalışmalarla karşılaştırılması Tablo 4.4'de bildirilmiştir.

Tablo 4.3. *Carassius gibelio* bireylerinde boy (TL ve FL) değerleri ve önceki çalışmalarla karşılaştırılması

	n	TL/FL	Lmin-Lmax(cm)	
Beyşehir Gölü	30	TL	21,6-29,5	Mevcut Çalışma
Eğirdir Gölü	30	TL	22-33	
Çivril Gölü	30	TL	19,8-33,8	
Suğla Gölü	30	TL	16,6-28,1	
Karataş Gölü	30	TL	20,4-36	
Kovada Gölü	30	TL	17,3-33,5	
Gölhisar Gölü	30	TL	20,3-34,8	
Volvi Gölü	102	TL	8,2-25,2	Kleanthidis (1999)
İznik Gölü	363	TL	5,2-30,2	Tarkan vd. (2006)
Ömerli B.G.	730	TL	3-35,7	
Chimaditis Gölü	600	TL	21,9-37,0	Leonardos (2008)
Mikri Prespa	49	TL	8,3-33,5	Bobori (2010)
Volvi	43	TL	12,9-32,3	
Doirani	205	TL	8,4-30,7	
Flemnish sulak alanları	-	TL	1,8-46,6	Verreycken vd. (2011)
Vransko Gölü	15	TL	37,5-42,3	Treer (2011)
Anzali Sulak alanları	95	TL	11,3-35,5	Moradinasab (2012)
Aksu Nehri	128	TL	10,3-30,5	İnnal (2012)
Danube Nehri	314	TL	13,0-35,0	Gheorghe vd. (2012)
İkizcetepeler	480	TL	23,0–31,4	Erdoğan vd. (2014)
Seyhan B.G.	160	TL	11-29,30	Ergüden (2015a)
Marmara Gölü	2213	TL	6,80-27,5	İlhan ve Sarı (2015)
Ain Zada R.	93	TL	24,6-37,5	Mimeche (2015)
Seyhan R.B.	317	TL	10,7-31,0	Ergüden (2015b)
Kızılırmak	144	TL	12,2-39,5	Birecikligil vd. (2016)
Onaç Nehri	127	TL	3,4-27,9	İnnal vd. (2019)
Sakarya Nehri	179	TL	9,3-32,4	Reis vd. (2020)
Karataş Gölü	38	TL	20-33	İnnal vd. (2020)
Beyşehir Gölü	30	FL	18,4-24,1	Mevcut Çalışma
Eğirdir Gölü	30	FL	18-34	
Çivril Gölü	30	FL	156,9-26,9	
Suğla Gölü	30	FL	13,2-24,4	
Karataş Gölü	30	FL	16,5-28,8	
Kovada Gölü	30	FL	13,9-28,8	
Gölhisar Gölü	30	FL	16,4-28,4	
Eğirdir Gölü	616	FL	9-33	Balık vd. (2004a)
Eğirdir Gölü	1717	FL	7,5-33,3	Özkök vd. (2007)
Beyşehir Gölü	482	FL	7,1-27,4	Çınar vd. (2007)
Bafra Balık Gölü	173	FL	16,9-30,0	Bostancı vd. (2007c)
Buldan Dam Gölü	2325	FL	9,7-25,5	Sarı vd. (2008)
Gelingüllü Barajı	344	FL	5,6-26,8	Kırankaya ve Ekmekçi (2013)
Seyitler	149	FL	14,8-32,5	Bulut vd. (2013)
Ladik Dam Gölü	155	FL	13,4-26,5	Yazıcıoğlu vd. (2013)
İznik Gölü	3114	FL	7,8-32,2	Uysal vd. (2015)
Büyükçekmece B.G.	487	FL	4,4-31,4	Saç ve Okgerman (2015)

Tablo 4.4. *Carassius gibelio* bireylerinde ağırlık (g) değerleri ve önceki çalışmalarla karşılaştırılması

	n	Wmin-Wmax(g)	
Beyşehir Gölü	30	268,3-474,3	Mevcut Çalışma
Eğirdir Gölü	30	219,2-807,4	
Çivril Gölü	30	121,8-703,8	
Suğla Gölü	30	72,3-325,7	
Karataş Gölü	30	235-904,4	
Kovada Gölü	30	91,1-704	
Gölhisar Gölü	30	195,4-713,3	
Eğirdir Gölü	616	ort 1038,1	Balık vd. (2004a)
Eğirdir Gölü	1717	8,0-1073	Özkök vd. (2007)
Beyşehir Gölü	482	6,0-495	Çınar vd. (2007)
Bafra Balık Gölü	173	125-730	Bostancı vd. (2007c)
Buldan Baraj Gölü	2325	23,6-269	Sarı vd. (2008)
Aksu Nehri	128	25-607	İnnal (2012)
Danube Nehri	314	50-900	Gheorghe vd. (2012)
Gelingüllü Barajı	344	3,8 -597	Kırankaya ve Ekmekçi (2013)
Seyitler	149	43,1-807,3	Bulut vd. (2013)
Ladik Baraj Gölü	155	58-550	Yazıcıoğlu vd. (2013)
İkizcetepeler	480	150,88-622,02	Erdoğan vd. (2014)
Seyhan B.G.	160	40,10-412,9	Ergüden (2015a)
Marmara Gölü	2213	4,90-372,20	İlhan ve Sarı (2015)
Ain Zada Nehri	93	281,9-870	Mimeche (2015)
Seyhan	317	26-450	Ergüden (2015b)
İznik Gölü	3114	5-829	Uysal vd. (2015)
Büyükçekmece B.G.	487	1,44-774,4	Saç ve Okgerman (2015)
Kızılırmak	144	26,31-445,5	Birecikligil vd. (2016)
Onaç Nehri	127	0,5-470,4	İnnal vd. (2019)
Sakarya Nehri	179	13.76-592,7	Reis vd. (2020)
Karataş Gölü	38	153-560	İnnal vd. (2020)

Türe ait boy değerleri incelendiğinde; tüm örnekleme dönemi birlikte değerlendirildiğinde; türün boy değerleri (TL) 16,6 - 36 cm arasında değişkenlik göstermiştir ve ortalama toplam uzunluk 25,58 cm olarak ölçülmüştür. Türe ait ağırlık değerleri 72,3 g ve 904,4 g arasındadır ve ortalama ağırlık 348,58 g'dir.

Çalışmamızda ortalama olarak en ağır bireylere (ort. 538,49 g) Gölhisar Gölü'nde en uzun bireylere (ort. 31,72 cm) ise Eğirdir Gölü'nde rastlanmıştır. Tablo 4.4 incelendiğinde en düşük ağırlık 0,5 g ile Onaç Nehri'nde (İnnal vd., 2019), en yüksek 1073 g ile Eğirdir Gölü'nde (Özkök, 2007) tespit edilmiştir. En kısa birey (1,8 cm) ve en uzun birey (46,6) cm Belçika iç sularından kaydedilmiştir (Verreycken vd., 2011).

Beyşehir, Eğirdir ve Karataş göllerinde boy aralığı ve ağırlık değerlerine ait mevcut veriler, daha önce yapılan çalışmaların değer aralıkları ve güncel veriler (İnnal vd.,2020; Reis vd.,2020) ile uyumludur. Literatüre bakıldığında çalışmayı oluşturan göllerde ölçülen boy ve ağırlık değerleri ülkemizde ve dünya çapında yapılan diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Farklılıkların ise incelenen birey sayısı, göllerin fizikokimyasal durumları ve ölçüm yöntemlerinden (TL/FL) kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamız Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinde yaşayan *Carassius gibelio* türünün önemli biyolojik özellikleri hakkında temel bilgiler içermektedir. Ancak *Carassius gibelio* ve kommunitelerini tanımlayabilmek için daha fazla deneysel çalışmaya ihtiyaç vardır.

4.2. Fizikokimyasal parametreler

Tez çalışması kapsamında Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinde belirlenen 25 farklı istasyondan yağışlı ve kurak dönemlerde göl suyu sıcaklığı, çözünmüş oksijen miktarı, oksijen doygunluğu değeri, tuzluluk ve TDS değerleri ölçülerek sonuçlar Tablo 4.5 ’de verilmiştir.

Tablo 4.5. Araştırma sahasına ait istasyonların bazı fizikokimyasal değerleri

No	İstasyon Kodu	Dönem	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş Oksijen Doygunluğu DO %	Çözünmüş Oksijen DO mg/l	TDS (mg/L)	Tuzululuk (ppt)	Sechi Diski Gör.ünürlüğü (m)
1	B- 1	Yağışlı	3	3,3	48,8	6,54	244	0,18	1,40
		Kurak	3,3	24,7	10,7	0,87	228,80	0,17	1,40
2	B-2	Yağışlı	3	4,0	45,7	5,89	250,9	0,18	1,90
		Kurak	3	25,7	7,4	0,59	215,80	0,16	2
3	B-3	Yağışlı	2	4,6	50,1	6,30	397,8	0,30	1,50
		Kurak	1,5	23,6	10,4	0,85	275,6	0,20	1,50
4	B-4	Yağışlı	1,70	3,7	40,5	5,27	247,0	0,18	0,5
		Kurak	6	25,3	14,0	11,4	241,8	0,18	1
5	B-5	Yağışlı	1,80	5,0	37,0	4,66	265,8	0,20	0,6
		Kurak	1,70	25,1	11,7	0,96	239,85	0,18	1,70
6	E-1	Yağışlı	8	3,8	81,6	10,49	252	0,19	1,90
		Kurak	7,5	26,3	38,0	3,03	239,0	0,17	5,5
7	E-2	Yağışlı	5	3,8	79,0	10,20	247	0,18	1,90
		Kurak	6	26,3	32,5	2,62	239,20	0,17	4,5
8	E-3	Yağışlı	1,5	6,7	50,3	6,6	276	0,21	1,5
		Kurak	0,5	29,7	31,4	2,38	200,85	0,15	0,5
9	E-4	Yağışlı	1,5	4,8	22,5	4,35	245,5	0,18	1,5
		Kurak	1,5	27,2	11,0	0,87	218,4	0,16	1,5
10	E-5	Yağışlı	1	3,5	19,0	2,75	264,4	0,20	1
		Kurak	1	25,3	6,8	0,55	249,6	0,18	1
11	Ç-1	Yağışlı	2	7,6	6,6	0,79	261,3	0,19	0,5
		Kurak	2,70	26,9	8,9	0,70	260,0	0,19	2,70
12	Ç-2	Yağışlı	4	8,1	9,0	1,05	245,7	0,18	3.10
		Kurak	3,20	26,0	8,8	0,71	235,95	0,17	3
13	Ç-3	Yağışlı	3	8,2	6,7	0,77	299,6	0,22	0,70
		Kurak	3	22	8,3	0,70	304,2	0,23	2,70
14	S-1	Yağışlı	2,5	8,5	9,5	1,08	231,4	0,17	0,7
		Kurak	0,5	26,2	5,0	0,40	160,55	0,12	0,3
15	S-2	Yağışlı	5	7,8	8,7	1,0	229,4	0,17	1,40
		Kurak	2	26,7	5,6	0,44	148,20	0,11	1,30
16	S-3	Yağışlı	2,8	7,2	9,5	1,11	224,0	0,17	1,50
		Kurak	2	26,6	6,1	0,48	153,40	0,11	0,7

Tablo 4.5(devamı). Araştırma sahasına ait istasyonların bazı fizikokimyasal değerleri

No	İstasyon Kodu	Dönem	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş Oksijen Doygunluğu DO %	Çözünmüş Oksijen DO mg/l	TDS (mg/L)	Tuzululuk (ppt)	Sechi Diski Gör.ünürlüğü (m)
17	Ka-1	Yağışlı	0,5	12,7	10,2	1,0	304,2	0,23	0,20
		Kurak	2,7	24,7	100,5	8,12	416,0	0,31	0,20
18	Ka-2	Yağışlı	2	11,8	3,9	0,42	345,15	0,26	1,50
		Kurak	2,10	23,6	88,8	7,50	416,0	031	0,3
19	Ka-3	Yağışlı	2,30	11,2	3,8	0,43	342,55	0,26	0,5
		Kurak	1	25,4	79,5	6,47	416,0	0,31	0,1
20	Kov-1	Yağışlı	4	10,4	4,0	0,44	241,15	0,18	0,5
		Kurak	2,7	25,4	37,9	3,06	177,45	0,13	0,5
21	Kov-2	Yağışlı	1,5	11,5	3,1	0,33	239,20	0,18	0,45
		Kurak	2,7	27,2	14,0	1,11	176,8	0,13	0,4
22	Kov-3	Yağışlı	4	10,5	4,3	0,46	241,15	0,18	0,40
		Kurak	3,5	25,9	12,9	1,03	179,4	0,13	0,45
23	G-1	Yağışlı	4	8,2	11,6	1,26	440	0,33	4
		Kurak	4,1	26,7	39,7	3,19	487,5	0,36	1
24	G-2	Yağışlı	4,5	8,4	8,8	1,06	428,3	0,32	4
		Kurak	4	27	52,2	4,4	487,5	0,36	0,8
25	G-3	Yağışlı	4,5	8,4	9,2	1,0	435,5	0,33	4,3
		Kurak	4,5	26,7	75,6	5,92	487,50	0,36	0,5

Mevcut çalışma kapsamında arazi ortamında yerinde ölçülen fizikokimyasal parametrelerin Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerine göre ortalama değerleri, önceki çalışmalar ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2015) Su Kalite Sınıfları SKKY (2015) kriteri Tablo 4.6.'da sunulmuştur.

Tablo 4.6. Göllere ait fizikokimyasal değerlerin en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri ile önceki çalışmaların ve SKKY (2015) limit değerlerinin karşılaştırılması

	Sıcaklık (°C)	DO %	DO (mg/L)	TDS (mg/L)	Tuzluluk (ppt)	
Beyşehir	3,3- 25,7 14,5	7,4-50,1 27,63	0,59- 11,4 4,33	215,80-397,8 260,735	0,16- 0,3 0,195	Mevcut Çalışma
Beyşehir	5,33-27,78 16,48	x	6,36-11,63 8,88	301-484 392	x	Fakıoğlu ve Demir (2011)
Beyşehir	11,8	x	4,68	391	0,19	Tunca (2016)
Eğirdir	3,5-29,7 15,73	6,8-81,6 37,21	0,55-10,49 4,385	200,85-276 243,195	0,15-0,21 0,18	Mevcut Çalışma
Eğirdir	4,64-24,71	x	6,20-11,60	X	x	Bulut vd. (2009)
Eğirdir	20,8-27,7	x	5,1-11,2	331-465	x	Şener vd. (2010)
Eğirdir	16,86	93,72	9,46	346	x	Yağcı vd. (2016)
Eğirdir	15,15	x	8,98	399,38	x	Kaçıkoç ve Beyhan (2014)
Eğirdir	3,00-23,50	x	7,40-14,60	221,0-381,60	0-0,21	Coşkun ve Ertan (2016)
Eğirdir	0,7-25,8 14,1	x	6,9-18,9 12,23	314,3-451,6 390,95	0,2	Çiçek vd. (2017)
Eğirdir	14,2	90%	9,05	383,4	0,28	Bulut ve Kubilay (2019)
Çivril	7,6-26,9 16,47	6,6-9,0 8,05	0,7-1,05 0,785	235,95-304,2 267,795	0,17-0,23 0,2	Mevcut Çalışma
Çivril	14,01-15,02	x	6,57-10,96	X	0	Bulut vd. (2012)
Çivril	5,35-26,8	x	6,25-11,7	254-762	x	Akbaba ve Boyacı (2015)
Çivril	13,5	x	6,9	362	x	Çakır ve Minareci (2015)
Suğla	7,2-26,7 17,165	5-9,5 7,4	0,4-1,11 0,75	148,2-231,4 191,16	0,11-0,17 0,14	Mevcut Çalışma
Suğla	9-26,3	x	7,0-11,0	X	x	Akköz ve Yılmaz (2009)
Karataş	11,2-25,4 18,235	3,8-100,5 47,785	0,42-8,12 3,99	304,2-416 373,315	0,23-0,31 0,28	Mevcut Çalışma
Karataş	6,65-30,75	x	4,86-9,52	275,0-512,0	x	Başyiğit ve Tekin Özan (2013)
Karataş	10,6-17,1	x	3,3-7,7	454-549	x	Apaydın-Yağcı (2013)
Kovada	10,4-27,2 18,75	3,1-37,9 12,7	0,33-3,06 1,07	176,8-241,15 209,19	0,13-0,18 0,155	Mevcut Çalışma
Kovada	8,09-23,39	x	1,91-5,24	260,60-499,90	x	Sancer ve Tekin Özan (2016)
Kovada	3,2-23,7	x	2,9-13,45	X	x	Çiçek ve Yamuç (2017)
Gölhisar	8,2-27 17,565	8,8-75,6 32,85	1-5,92 2,805	428,3-487,5 461,05	0,32-0,36 0,345	Mevcut Çalışma
Gölhisar	11,3-22,3	x	3,11-6,6	647-714	x	Yağcı (2014)
I. SINIF	<25	90	>8	SKKY (2015) Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2015)		
II. SINIF	25	90-70	8-6			
III. SINIF	30	70-40	6-3			
IV. SINIF	>30	<40	<3			

Beyşehir Gölü'nde yağışlı ve kurak dönemlerde alınan ölçümlerde, en yüksek su sıcaklığı B-2 kodlu istasyondan 25,7°C, en düşük su sıcaklığı B-1 kodlu istasyondan 3,3°C olarak ölçülmüştür (Tablo 4.6). Göle ait sıcaklık değerleri SKKY (2015) kriterlerine göre I. ve II. sınıfa ait limit değerlerinde bulunmuştur. En yüksek çözünmüş oksijen değerleri B-4 istasyonundan 11,4 mg/L, en düşük ise B-2 nolu istasyonda 0,59 mg/L'dir. SKKY (2015) kriterine göre çözünmüş oksijen bakımından göl suyu, I., II., II. ve IV. Sınıf kalitede bulunmuştur. Oksijen doygunluğu değerleri en yüksek %50,1, en düşük %7,4 olarak ölçülmüştür. En yüksek değer yağışlı dönemde B-3 kodlu istasyondan, en düşük değer B-2 kodlu istasyonda kurak dönemde ölçülmüştür. Ortalama çözünmüş oksijen doygunluğu değerleri en düşük kurak dönemde %10,84, en yüksek yağışlı dönemde ise %44,42 olarak ölçülmüştür. Oksijen doygunluğu açısından istasyonlar SKKY (2015) kriterine göre III. ve VI. kalitede sınıflandırılmıştır.

Eğirdir Gölü'nde yağışlı ve kurak dönemlerde alınan ölçümlerde en yüksek sıcaklık E-3 kodlu istasyonda 29,7°C, en düşük E-5 kodlu istasyonda 3,5°C'dir. SKKY (2015) kriterlerine göre kurak dönemde ölçülen tüm sıcaklık değerleri istasyonların II. Sınıf su kalitesine uygun iken yağışlı dönemde ölçülen tüm değerler Sınıf (I) su kriterlerine uygundur. Çözünmüş oksijen değerleri bakımından değerler en yüksek 10,49 mg/L ile yağışlı dönemde, E-1 kodlu istasyonda, en düşük 0,55 mg/L ile E-5 kodlu kurak dönemdedir. Eğirdir göl suyu çözünmüş oksijen bakımından SKKY (2015) kriterine göre I., II., III. ve IV. Sınıf su kalitesindedir. Oksijen doygunluğu değerleri en yüksek E-1 istasyonunda %81,6 ile yağışlı dönemde, en düşük E-5 kodlu istasyonda %6,8 ile kurak dönemdedir. Oksijen doygunluğu SKKY (2015) kriterine göre II., III. ve IV. sınıflarda bulunmuştur.

Çivril Gölü'nde yağışlı ve kurak dönemlerde alınan ölçümler; en yüksek su sıcaklığı 26,9°C, en düşük 7,6°C'dir. Su sıcaklığı açısından SKKY (2015) kriterlerine göre istasyonlar I. ve II. Sınıf sulardır. Çözünmüş oksijen değerleri göl suyunda en yüksek Ç-2 kodlu istasyonda 1,05 mg/L ile yağışlı dönemde, Ç-1 ve Ç-3 kodlu istasyonlarda en düşük 0,70 mg/L ile kurak dönemdedir. Göl suyu çözünmüş oksijen bakımından SKKY (2015) kriterine göre IV. Sınıf sular kalitesinde bulunmuştur. Çivril Gölü'nde yağışlı ve kurak dönemlerde alınan oksijen doygunluğu değerleri en yüksek değer Ç-2 istasyonunda %9,0 ile yağışlı dönemde, en düşük %6,6 ile değer Ç-1 kodlu istasyonda, yağışlı dönemdedir. Oksijen doygunluğu bakımından göl suyu, SKKY (2015) kriterine göre IV. Sınıf sular kalitesinde bulunmuştur.

Suğla Gölü'nde yağışlı ve kurak dönemlerde alınan ölçümlerde, su sıcaklığı en yüksek değer S-2 kodlu istasyonda 26,7°C, S-3 kodlu istasyonda en düşük 7,2°C olarak ölçülmüştür.

İstasyonlar SKKY (2015) kriterlerine göre I. ve II. Sınıf su kalitesindedir. Çözünmüş oksijen değerleri en yüksek 1,11 mg/L ile yağışlı dönemde S-3 istasyonunda, en düşük 0,40 mg/L kurak dönemde S-1 kodlu istasyonda ölçülmüştür. Oksijen doygunluğu SKKY (2015) kriterine göre IV. Kalitede bulunmuştur. Çözünmüş oksijen doygunluğu değerleri en yüksek 9,5 % ile yağışlı dönemde, en düşük %5,0 kurak dönemde ölçülmüştür. En yüksek ve en düşük değerler S-1 kodlu istasyonlara aittir. Çözünmüş oksijen SKKY (2015) kriterine göre IV. Kalitede bulunmuştur.

Karataş Gölü su sıcaklığına ait ölçümlerde, en yüksek değer 25,4°C, en düşük ise 11,2°C'dir. Her iki değer de Ka-3 kodlu istasyonlara aittir. SKKY (2015) kriterlerine göre göl suyu I. ve II. Kalite su sınıfındadır. Göl suyunda çözünmüş oksijen değerleri en yüksek 8,12 mg/L ile Ka-1 istasyonunda, kurak dönemde, en düşük 0,42 mg/L ile Ka-2 istasyonunda, yağışlı dönemde ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen SKKY (2015) kriterine göre I. II. ve IV. su kalitesinde bulunmuştur. Oksijen doygunluğu değerleri en yüksek %100,5 ile kurak dönemde, en düşük ise yağışlı dönemde %3,8'dir. SKKY (2015) kriterine göre oksijen doygunluğu bakımından göl suyu I. II. ve IV kalitede bulunmuştur.

Kovada Gölü'nde alınan ölçümlerde, en yüksek değer 27,2°C Kov-2 kodlu istasyondan, en düşük ise Kov-1 kodlu istasyondan 10.4°C'dir. Su sıcaklığı bakımından göl suyu SKKY (2015) kriterlerine göre I. ve II. Su Kalite Sınıfındadır. Göl suyunda çözünmüş oksijen değerleri en yüksek 3,06 mg/L ile kurak dönemde, Kov-1 istasyonunda, en düşük 0,33 mg/L ile yağışlı dönemde Kov-2 kodlu istasyondan ölçülmüştür. SKKY (2015) kriterine göre çözünmüş oksijen açısından göl suyu II. ve IV. Sınıf kalitede bulunmuştur. Kovada Gölü'nde oksijen doygunluğu değerleri en yüksek %37,9 ile kurak dönemde Kov-1 istasyonunda, en düşük %3,1 ile yağışlı dönemde Kov-2 istasyonundandır. Göl suyu oksijen doygunluğuna ait SKKY (2015) kriterine göre IV. Sınıf kalitededir.

Gölhisar Gölü'ne ait ölçümlerde, en yüksek su sıcaklığı değeri 27,0°C ile G-2 kodlu istasyonda, en düşük değer G-1 kodlu istasyonda 8,2°C'dir. Su sıcaklığı bakımından göl suyu SKKY (2015) kriterlerine göre I. ve II. Kalite Su Sınıfındadır. Çözünmüş oksijen değerlerinden en yükseği kurak dönemde 5,92 mg/L, en düşüğü yağışlı dönemde 1,0 mg/L'dir. Her iki değer de G-3 istasyonunda ölçülmüştür. Göl suyu çözünmüş oksijen bakımından SKKY (2015) kriterine göre III. ve IV. Kalitede bulunmuştur. Oksijen doygunluğu değerleri en yüksek %75,6 ile kurak dönemde, en düşük %8,8 yağışlı dönemde ölçülmüştür. Oksijen doygunluğu değerleri ile SKKY (2015) kriterlerine göre sular III. ve IV. kalitede bulunmuştur.

Akarsular ve göllerdeki balık potansiyeli ortam şartları ile ilişkilidir. Balık ile yaşadığı ortam arasındaki ilişkinin iyi bilinmesi populasyonun ve onu tüketen insanların sağlığına olası etkisinin tahmin edilebilmesi için önemlidir. Bu nedenle yakından ilişkili olduğu su ve sedimanın fiziksel ve kimyasal durumunun araştırılması önem kazanmaktadır.

Su ürünlerinde ağır metallerin toksik etkisi ve birikimi üzerine sıcaklık, pH, suyun sertliği gibi bir çok fizikokimyasal faktörün önemi araştırmacılar tarafından ele alınmıştır (Witeska ve Jezierska, 2003; Sancer ve Tekin Özan, 2016; Huang vd., 2017; Khan vd., 2017; Mutlu vd., 2016; Hassimi vd., 2019).

Su kütlesinin fizikokimyasal özelliklerinin değişmesi ile ağır metallerin sediman içerisinde sürekli sabit kalmayarak su kütlesine geçiş yaptığı da bilinmektedir (Şener ve Şener, 2015; Dereli vd., 2017).

Göllere ait su sıcaklığı en yüksek 29,7°C Eğirdir Gölü'nde ve en düşük Beyşehir Gölü'nde 3,3°C olarak ölçülmüştür. Tüm göllerde ortalama sıcaklık değerleri 15°C ve üzerindedir. Tablo 4.6 incelendiğinde, değerler genel olarak eski çalışmalar ile uyum sağlamaktadır. Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Karataş göllerinde çözünmüş oksijen (mg/L) değerlerinin yıldan yıla düşmüş olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak çalışılan dönemlere ait mevsimsel sıcaklık farklılıkları ölçüm cihazlarındaki farklılıklar veya dönemsel stres faktörlerindeki değişimler düşünülebilir.

Göl ekosistemleri için tuzluluk değerleri yağışlı dönemde düşerken, kurak dönemde buharlaşmanın etkisiyle artması beklenmektedir (Kocataş, 2006). Mevcut çalışmada Kovada ve Gölhisar göllerinden alınan ölçümler bu genellemeye uyum sağlarken, Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Kovada göllerinde beklenenden farklı olarak tuzluluk değerleri yağışlı örneklem dönemlerinde daha fazla ölçülmüştür.

Çalışma alanını oluşturan göllerin bulunduğu illere göre mevsim sıcaklıkları ve yağış durumlarına ait veriler Tablo 4.7 'de verilmiştir. Eğirdir ve Kovada gölleri için Isparta, Gölhisar ve Karataş Gölleri için Burdur, Çivril Gölü için Denizli, Beyşehir ve Suğla Gölleri için Konya ve bulundukları coğrafik bölgelere ait veriler ele alınmıştır.

Tablo 4.7. Çalışma alanını oluşturan göllerin bulunduğu illere göre ortalama en yüksek ve en düşük sıcaklıklar ve yağış miktarları

	Yağışlı Dönem			Kurak Dönem		
	Ocak '19	Şubat '19	Mart '19	Haziran '19	Temmuz '19	Ağustos '19
Burdur						
Ort. e.d.-e.y Sıcaklık (°C)	0/7	-1/7	1/10	11/25	16/31	16/31
Toplam Yağış (mm)	86,8	18,6	36,7	36,1	19,6	0,3
Konya						
Ort. e.d.-e.y Sıcaklık (°C)	-4/5	-4/4	-2/8	11-24	14-28	13-28
Toplam Yağış (mm)	60,7	30,7	32,7	28,3	15,5	8,9
Isparta						
Ort. e.d.-e.y Sıcaklık (°C)	0/7	-1/7	0/10	14-30	15-30	16-31
Toplam Yağış (mm)	87,8	20,4	37	36,4	18,6	0
Denizli						
Ort. e.d.-e.y Sıcaklık (°C)	-3/7	-3/8	-1/11	9-25	13-30	14-32
Toplam Yağış (mm)	69,8	17	11,4	33,8	14,5	1,0

Örneklem dönemleri içinde en düşük sıcaklık -19°C Ocak ayında, en yüksek sıcaklık 38°C Temmuz ayında bildirilmiştir (Anonim 2019a;e) Yağışlı dönem örneklem çalışmaları, Akdeniz ve Ege bölgelerinde normallerin 2 katından fazla yağış aldığı bir dönemde gerçekleştirilmiştir. Ocak ayında çalışma alanlarımız 15 günün üzerinde yağış almıştır (toplam 305,1 mm). Şubat ve Mart ayları, yağış ve sıcaklık bakımından mevsim normallerinde seyretmiştir. Yağışlı gün sayısı ortalama 19 olup toplam 204,5 mm kadar yağış almıştır (Anonim, 2019 a;b;c).

Kurak örneklem dönemi Haziran ayında ortalama sıcaklıları, İç Anadolu Bölgesi'nde Seydişehir çevreleri ve Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Göller Bölgesi'nde mevsim normallerinde gerçekleşmiştir. Yağışlı gün sayısı 5 ve daha azdır. Temmuz ayı ortalama sıcaklıkları Ege ve Akdeniz Bölgelerinde en yüksek değerlerine ulaşırken; Burdur Havzası'nın normalden daha az yağış aldığı kaydedilmiştir (Anonim, 2019 d;e). 2019 yılı Ağustos ayında ortalama sıcaklıklar, yurdun batı bölgelerinde (Akdeniz, Ege) mevsim normallerinin üzerinde iken diğer bölgelerinde mevsim normalleri civarında gerçekleşmiştir. 2019 yılı Ağustos ayında Burdur, Batı Akdeniz ve Büyük Menderes havzalarının normallerinden az yağış aldığı kaydedilmiştir (Anonim 2019 f).

Çalışma kapsamında örneklem dönemlerine ait meteorolojik verilere bakıldığında kurak dönemde yurdun batı kesimlerinde yağışlı gün az sayıda ve sıcaklık mevsim normallerinin üzerinde seyretmiştir. Özellikle yaz aylarında Göller Bölgesi'nde görülen bu ısınma aşırı buharlaşma ile sonuçlanmaktadır (Kantarcı, 2008; Büyükyıldız ve Yılmaz, 2011; Gözükara vd., 2019). Sıcaklık artışları ve yağış miktarı göllerdeki fiziksel ve kimyasal

özellikleri etkilemektedir ve dönemsel olarak suda ve sedimanda ağır metal konsantrasyonlarının değişkenlik göstermesinde önemli bir rol oynar. Yağmurlu dönemlerde sudaki çözünmüş metal konsantrasyonlarının azaldığı bilinmektedir. Bunun sebebinin gölde gerçekleşen yatay karışımlar ve dip sedimanı ile olan karışım olduğu düşünülebilir. Bir diğer nedeni de inorganik ve organik maddelerle gerçekleşen adsorbsiyondan dolayı çözünmüş metallerin partikül maddelere tutunması ile konsantrasyonların azalması olabilir (Katip ve Karaer, 2011; Seven vd., 2018). Sıcak mevsimlerde eriyen karların veya hızlı buharlaşmanın sonucu sucul ortamlarda ağır metal konsantrasyonlarında farklılıklar oluşabilir. Ayrıca sıcak mevsimlerde suyun ısınması ile balık aktivitelerindeki artış da metal alınımını artırabilir (Canpolat and Çalta, 2003). Mevcut çalışmamızda Eğirdir Gölü'nde Cd konsantrasyonları bakımından mevsimler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,02$). Cd konsantrasyonlarının çoğunlukla kurak dönemde görülmesi bahsi geçen durumlarla ilişkilendirilebilir.

4.3. Ağır Metal Konsantrasyonları

Tez çalışması kapsamında örneklem alanlarını oluşturan göllerden alınan su, sediman ve doku numunelerinde yapılan ağır metal analizleri sonucu tespit edilen Pb, Cd, Cr, Cu, Zn konsantrasyonlarının en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri belirtilerek önceki çalışmalar ve bu konsantrasyonların ulusal ve uluslar arası limitler ile karşılaştırılması yapılmış ve sonuçlara bu bölümde yer verilmiştir.

ICP-OES cihazında ağır metal analizi sonuçlarının doğruluğunu kontrol etmek için standart referans madde kullanılmıştır. Doku için referans madde (China National Analysis Center for Iron and Steel, NACIS, prawn standarts, NCS ZC73034) ve sediman numuneleri için referans madde (CRM031, Sigma Aldirich) analiz sonuçları ve geri kazanım oranları Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Referans madde analiz sonuçları

	DOKU		SEDİMAN	
Element	Sertifika Değeri	Geri Kazanım Oranı %	Sertifika Değeri	Geri Kazanım Oranı %
Pb	0,20 ±0.05	82	171 ± 21	98
Cd	0,039 ±0.002	76,9	266 ± 20	98
Cr	0,35 ±0.11	94,29	296 ± 14,2	94
Cu	10,3 ±0.7	92	638 ±28,5	100,21
Zn	76 ± 4	95	740	101,25

4.3.1. Göl Sularında Ağır Metal Konsantrasyonları (µg/L)

Tez çalışması kapsamında Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinde belirlenen 25 istasyondan yağışlı ve kurak dönemlerde temin edilen su örneklerinde yapılan ağır metal analizleri sonucu tespit edilen Pb, Cd, Cr, Cu, Zn elementlerinin µg/L olarak belirlenen konsantrasyonları dönemsel ve ortalama verileri sırasıyla Tablo 4.9 'da verilmiştir.

Tablo 4.9. İstasyonlara göre su numunelerinde ağır metal konsantrasyonları ve ortalamaları (µg/L)

No.	İst. Kodu	Dönem	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn
1	B-1	Yağışlı	3,91	ALA	0,19	ALA	4,75
		Kurak	5,32	0,04	0,80	4,38	3,78
		Ortalama	4,62	0,02	0,50	2,19	4,27
2	B-2	Yağışlı	8,02	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	10,00	0,89	ALA	3,70	20,98
		Ortalama	9,01	0,45	ALA	1,85	10,49
3	B-3	Yağışlı	2,67	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	5,82	0,07	ALA	0,55	ALA
		Ortalama	4,25	0,04	ALA	0,28	ALA
4	B-4	Yağışlı	5,51	ALA	ALA	ALA	0,40
		Kurak	5,16	0,68	ALA	0,45	ALA
		Ortalama	5,34	0,34	ALA	0,23	0,20
5	B-5	Yağışlı	5,45	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	6,40	0,11	ALA	0,20	ALA
		Ortalama	5,93	0,06	ALA	0,10	ALA
Beyşehir Gölü Ortalama			5,83	0,18	0,10	0,93	2,99
6	E-1	Yağışlı	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	6,75	0,59	ALA	0,68	ALA
		Ortalama	3,38	0,30	ALA	0,34	ALA
7	E-2	Yağışlı	1,47	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	3,28	0,58	ALA	ALA	ALA
		Ortalama	2,38	0,29	ALA	ALA	ALA
8	E-3	Yağışlı	2,55	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	9,98	0,58	ALA	0,16	31,20
		Ortalama	6,27	0,29	ALA	0,08	15,60
9	E-4	Yağışlı	2,75	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	6,52	0,14	ALA	0,02	12,34
		Ortalama	4,64	0,07	ALA	0,01	6,17
10	E-5	Yağışlı	9,85	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	6,25	0,08	ALA	ALA	25,55
		Ortalama	8,05	0,04	ALA	ALA	12,78
Eğirdir Gölü Ortalama			4,94	0,20	ALA	0,09	6,91

Tablo 4.9(devam). İstasyonlara göre su numunelerinde ağır metal konsantrasyonları ve ortalamaları (µg/L)

11	Ç-1	Yağışlı	4,65	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	7,74	0,08	ALA	ALA	ALA
		Ortalama	6,20	0,04	ALA	ALA	ALA
12	Ç-2	Yağışlı	7,96	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	7,65	ALA	ALA	ALA	29,91
		Ortalama	7,81	ALA	ALA	ALA	14,96
13	Ç-3	Yağışlı	9,49	ALA	ALA	ALA	0,72
		Kurak	2,25	0,01	ALA	ALA	21,84
		Ortalama	5,87	0,01	ALA	ALA	11,28
Çivril Gölü Ortalama			6,62	0,02	ALA	ALA	8,75
14	S-1	Yağışlı	5,26	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	5,26	ALA	ALA	ALA	4,93
		Ortalama	5,26	ALA	ALA	ALA	2,47
15	S-2	Yağışlı	6,62	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	12,33	0,05	ALA	ALA	ALA
		Ortalama	9,48	0,03	ALA	ALA	ALA
16	S-3	Yağışlı	5,02	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	14,33	ALA	ALA	0,13	2,51
		Ortalama	9,68	ALA	ALA	0,07	1,26
Suğla Gölü Ortalama			0,25	ALA	ALA	0,02	1,24
17	Ka-1	Yağışlı	9,25	ALA	3,47	ALA	ALA
		Kurak	5,33	0,01	ALA	0,48	31,00
		Ortalama	7,29	0,01	1,74	0,24	15,50
18	Ka-2	Yağışlı	9,95	ALA	1,22	ALA	ALA
		Kurak	7,55	0,41	ALA	0,05	ALA
		Ortalama	8,75	0,21	0,61	0,03	ALA
19	Ka-3	Yağışlı	8,08	ALA	1,22	ALA	ALA
		Kurak	8,94	0,58	ALA	ALA	30,33
		Ortalama	8,51	0,29	0,61	ALA	15,17
Karataş Gölü Ortalama			8,18	0,17	0,99	0,09	10,22
20	Kov-1	Yağışlı	9,06	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	4,83	0,60	ALA	0,02	9,17
		Ortalama	6,95	0,30	ALA	0,01	4,59
21	Kov-2	Yağışlı	19,84	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	5,00	ALA	ALA	1,36	7,10
		Ortalama	12,42	ALA	ALA	0,68	3,55
22	Kov-3	Yağışlı	6,45	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	5,62	0,10	ALA	ALA	ALA
		Ortalama	6,04	0,05	ALA	ALA	ALA
Kovada Göü Ortalama			8,46	0,12	ALA	0,23	2,71
23	G-1	Yağışlı	5,39	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	7,76	0,58	ALA	ALA	ALA
		Ortalama	6,58	0,29	ALA	ALA	ALA
24	G-2	Yağışlı	4,35	ALA	ALA	ALA	2,11
		Kurak	6,28	ALA	ALA	ALA	ALA
		Ortalama	5,32	ALA	ALA	ALA	1,06
25	G-3	Yağışlı	2,98	ALA	ALA	ALA	ALA
		Kurak	7,70	0,58	ALA	ALA	37,70
		Ortalama	5,34	0,29	ALA	ALA	18,85
Gölhisar Gölü Ortalama			5,74	0,19	ALA	ALA	6,63

4.3.1.1. Göl Sularında Kurşun Konsantrasyonları

Göl sularına ait numunelerde belirlenen ortalama Pb konsantrasyonları ile daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen değerler ve izin verilen resmi değerlerin karşılaştırılması Tablo 4.10 'da verilmiştir. Su numunelerinin tümünde Pb tespit edilmiştir. En yüksek Pb yoğunluğu 19,84 µg/L Kovada Gölü'nden yağışlı dönemde tespit edilmiştir. Çalışma sahasını oluşturan 7 adet gölün sularının içerdiği ağır metallerden ortamla Pb konsantrasyonu bakımından Gölhisar>Çivril>Suğla>Eğirdir>Beyşehir>Karataş>Kovada şeklinde bir sıralama belirlenmiştir.

Göllere göre su numunelerinde en düşük ve en yüksek Pb yoğunlukları; Beyşehir Gölü'nde 2,67 µg/L (yağışlı dönem)-10,00 µg/L (kurak dönem) Eğirdir Gölü'nde 1,47 µg/L (yağışlı dönem)- 9,98 µg/L (kurak dönem), Çivril Gölü'nde 2,25-9,49 µg/L (ikisi de yağışlı dönem) Suğla Gölü'nde 5,02 µg/L (yağışlı dönem) -14,33 µg/L (kurak dönem) Karataş Gölü'nde 5,33 µg/L (yağışlı dönem)- 9,95 µg/L (kurak dönem), Kovada Gölü'nde 4,83 µg/L (kurak dönem)- 19,84 µg/L (yağışlı dönem), Gölhisar Gölü'nde 2,98 µg/L (yağışlı dönem)- 7,76 µg/L (kurak dönem) olarak tespit edilmiştir.

Kurşun elementi için WHO, USEPA, EU, TSE-266, CODEX tarafından belirlenen limit değerleri ile tespit edilen ortalama Pb konsantrasyonları karşılaştırıldığında söz konusu ulusal ve uluslarası kuruluşlar tarafından belirlenen limitlerin aşılmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.10). Ancak istasyonlar bazında kurak döneme ait S-2 ve S-3 kodlu istasyonlarda (12,33 ve 14,33 µg/L) ve Kov-2 kodlu istasyonda (19,84 µg/L) belirtilen limit değerler aşılmıştır. Ayrıca kurak dönemde B-1 kodlu istasyonda rastlanan 10,00 µg/L'lik kurşun konsantrasyonu limit değerdedir. E-3, E-5 ve Ç-3 kodlu istasyonlarda belirlenen konsantrasyonlar (9,98; 9,85; 9,49) sınır değerlere yakınlığından dolayı dikkat çekmektedir (Tablo 4.9).

Tablo 4.10. Göl suyunda ortalama kurşun düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi değerlerle karşılaştırılması (µg/L)

Su	Pb	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	5,83 ± 2,03	Mevcut Çalışma	ICP-OES
Eğirdir Gölü	4,94 ± 3,44		
Çivril Gölü	6,62 ± 2,66		
Suğla Gölü	8,14 ± 4,11		
Karataş Gölü	8,18 ± 1,64		
Kovada Gölü	8,46 ± 5,78		
Gölhisar Gölü	5,74 ± 1,89		
Beyşehir Gölü	86	Altındağ ve Yiğit (2005)	AAS
Eğirdir Gölü	54	Yiğit ve Altındağ (2006)	AAS
Eğirdir Gölü	0,05	Kelek ve Çınar (2011)	
Eğirdir Gölü	ALA	Kır, Erdoğan ve Engin (2014)	ICP-OES
Eğirdir Gölü	ALA	Kaptan ve Tekin Özan (2014)	ICP-AES
Eğirdir Gölü	ALA	Bulut (2015)	ICP-MS
Çivril Gölü	ALA	Gülcü Gür ve Tekin Özan (2017b)	ICP-AES
Suğla Gölü	0,3	Akköz ve Çağlar (2016)	AAS
Karataş Gölü	ALA	Başyiğit ve Tekin Özan (2013)	ICP-AES
Kovada Gölü	ALA	Kır, Tekin Özan ve Tuncay (2007)	AAS
Kovada Gölü	0,09	Kelek ve Çınar (2010)	
Kovada Gölü	ALA	Kayrak ve Tekin Özan (2018)	ICP-AES
Limit Değerler	10	TSE 266 (2005)	
	10	WHO (2017)	
	15	USEPA (2018)	
	10	EU (1998)	
	10	CODEX 108-1981 (2019)	
	10 (I.Sınıf)	SKKY, 2015 (Anonim, 2015)	
	20 (II.Sınıf)		
	50 (III.Sınıf)		
	>50 (IV.Sınıf)		

A.L.A = Analiz limitinin altında

4.3.1.2. Göl Sularında Kadmiyum Konsantrasyonları

Analiz edilen göl su numunelerinden yalnızca kurak dönem numunelerinde (tüm numunelerin %40'ı) kadmiyuma rastlanmıştır. En yüksek Cd konsantrasyonu 0,89 µg/L Beyşehir Gölü'nden kurak dönemde tespit edilmiştir. Sularının ortalama Cd konsantrasyonu bakımından göller Eğirdir>Gölhisar>Beyşehir>Karataş>Kovada>Çivril>Suğla şeklinde sıralanmıştır. Göllerde su örneklerinde saptanan ağır metal yoğunlukları ile daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen yoğunluklar ve izin verilen resmi yoğunluk değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.11'de verilmiştir.

Beyşehir Gölü suyunda kurak dönem en düşük ve en yüksek Cd değerleri; 0,04-0,89 µg/L Eğirdir Gölü'nde 0,08-0,59 µg/L ve Karataş Gölü'nde 0,01-0,58 µg/L olarak tespit

edilmiştir. Ayrıca Cd konsantrasyonları Çivril Gölü kurak dönem iki istasyondan 0,01 µg/L ve 0,08 µg/L, Suğla Gölü kurak dönem S-2 kodlu istasyondan 0,05 µg/L, Kovada Gölü Kov-1 ve Kov-3 istsayonlarından 0,60 µg/L ve 0,10 µg/L, Gölhisar Gölü G-1 ve G-3 istasyonlarından her ikisinde 0,58 µg/L olarak tespit edilmiştir

Kadmiyum elementi için WHO, USEPA, EU, TSE-266, CODEX tarafından belirlenen limit değerleri ile tespit edilen ortalama Cd konsantrasyonları karşılaştırıldığında söz konusu ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen limitlerin aşılmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Göl suyunda ortalama kadmiyum düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması (µg/L)

Su	Cd	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	0, 18 ± 0,33	Mevcut Çalışma	ICP-OES
Eğirdir Gölü	0,20 ± 0,27		
Çivril Gölü	0,02 ± 0,03		
Suğla Gölü	0,01 ± 0,02		
Karataş Gölü	0,17 ± 0,26		
Kovada Gölü	0,12 ± 0,24		
Gölhisar Gölü	0,19 ± 0,30		
Beyşehir Gölü	110	Altındağ ve Yiğit (2005)	AAS
Eğirdir Gölü	113	Yiğit ve Altındağ (2006)	AAS
Eğirdir Gölü	0,62-3,29 ort 2,25	Kaptan ve Tekin Özan (2014)	ICP-AES
Eğirdir Gölü	ALA	Kır vd. (2014)	ICP-OES
Eğirdir Gölü	ALA	Bulut (2015)	ICP-MS
Eğirdir Gölü	0,005	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS
Çivril Gölü	0,1-3,2	Tekin Özan ve Aktan (2012)	ICP-AES
Çivril Gölü	0,03	Gülcü Gür ve Tekin Özan (2017b)	ICP-AES
Suğla Gölü	ALA	Akköz ve Çağlar (2016)	AAS
Karataş Gölü	0,01-0,32	Başyiğit ve Tekin Özan (2013)	ICP-AES
Kovada Gölü	ALA	Kır vd. (2007)	AAS
Kovada Gölü	ALA	Kelek ve Çınar (2010)	
Kovada Gölü	0,01-0,41	Kayrak ve Tekin Özan (2018)	ICP-AES
Limit Değerler	5	TSE 266 (2005)	
	3	WHO (2017)	
	5	USEPA (2018)	
	5	EU (1998)	
	3	CODEX 108-1981 (2019)	
	3 (I.Sınıf)	SKKY, 2015 (Anonim, 2015)	
	5 (II.Sınıf)		
	10 (III.Sınıf)		
	>10 (IV.Sınıf)		

A.L.A = Analiz limitinin altında

4.3.1.3. Göl Sularında Krom Konsantrasyonları

Göl su numunelerinde saptanan ortalama krom konsantrasyonları ile daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen değerler ve izin verilen resmi değerlerin karşılaştırılması Tablo 4.12' de verilmiştir.

Eğirdir, Çivril, Suğla, Kovada ve Gölhisar göllerinde Cr konsantrasyonları analiz limitlerinin altında kalırken; en yüksek Cr yoğunluğu 3,47 µg/L ile Karataş Gölü'nden yağışlı dönemde tespit edilmiştir. Beyşehir Gölü su numunelerinde Cr elementine yalnızca B-1 kodlu istasyonda (0,19 ve 0,80 µg/L) rastlanmıştır. Karataş Gölü'nde Cr yağışlı dönemde 1,22 µg/L ve 3,47 µg/L olarak tespit edilmiştir.

Krom elementi için WHO, USEPA, TSE-266, CODEX tarafından belirlenen limit değerleri ile tespit edilen ortalama Cr konsantrasyonları karşılaştırıldığında söz konusu ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen limitlerin aşılmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Göl suyunda ortalama krom düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması (µg/L)

Su	Cr	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	0,10 ± 0,25	Mevcut Çalışma	ICP-OES
Eğirdir Gölü	ALA		
Çivril Gölü	ALA		
Suğla Gölü	ALA		
Karataş Gölü	ALA		
Kovada Gölü	0,99 ± 1,35		
Gölhisar Gölü	ALA		
Beyşehir Gölü	0,028	Altındağ ve Yiğit (2005)	AAS
Eğirdir Gölü	28	Yiğit ve Altındağ (2006)	AAS
Eğirdir Gölü	0,04-0,09 ort0,06	Kaptan ve Tekin Özan (2014)	ICP-AES
Eğirdir Gölü	ALA	Kır vd. (2014)	ICP-OES
Eğirdir Gölü	8,2	Bulut (2015)	ICP-MS
Çivril Gölü	0,01-14	Tekin Özan ve Aktan (2012)	ICP-AES
Çivril Gölü	0,01 -14,70	Gülcü Gür ve Tekin Özan (2017b)	ICP-AES
Suğla Gölü	290	Akköz ve Yılmaz (2009)	AAS
Suğla Gölü	13	Akköz ve Çağlar (2016)	AAS
Karataş Gölü	0,63-20,50	Başyiğit ve Tekin Özan (2013)	ICP-AES
Karataş Gölü	8,75	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS
Kovada Gölü	ALA	Kır vd. (2007)	AAS
Kovada Gölü	0,01	Kelek ve Çınar (2010)	
Kovada Gölü	0,09-1,66	Kayrak ve Tekin Özan (2018)	ICP-AES
Kovada Gölü	6,10	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS
Gölhisar Gölü	7,37	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS

Tablo 4.12 (devamı). Göl suyunda ortalama krom düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması

	Cr	Kaynak	
Limit Değerler	50	TSE 266 (2005)	
	50	WHO (2017)	
	10	USEPA (2018)	
	-	EU (1998)	
	50	CODEX 108-1981 (2019)	
	20 (I. Sınıf)	SKKY, 2015 (Anonim, 2015)	
	50 (II. Sınıf)		
	200 (III. Sınıf)		
	>200 (IV. Sınıf)		

A.L.A = Analiz limitinin altında

4.3.1.4. Göl Sularında Bakır Konsantrasyonları

Çalışma sahasını oluşturan 7 adet gölün sularının içerdiği en yüksek Cu yoğunluğu (4,38 µg/L) Beyşehir Gölü'nden kurak dönemde tespit edilmiştir. Çivril ve Gölhisar göllerine ait su numunelerinde Cu elementi analiz limitleri altında kalmış, ortalama Cu konsantrasyonları bakımından Beyşehir>Kovada>Eğirdir/Karataş>Suğla şeklinde bir sıralama belirlenmiştir. Göl su örneklerinde belirlenen ortalama bakır konsantrasyonları ile daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen değerler ve izin verilen resmi değerlerin karşılaştırılması Tablo 4.13' de verilmiştir.

Beyşehir, Eğirdir, Suğla, Karataş, Kovada göllerinde Cu elementi sadece kurak dönemde görülmüştür. Beyşehir göl suyunda Cu konsantrasyonları 0,20- 4,38 µg/L arasındadır. Eğirdir Gölü'nde 3 istasyonda 0,02- 0,16- 0,68 µg/L olarak, Suğla Gölü S-3 kodlu istasyonda 0,13 µg/L olarak, Karataş Gölü Ka-1 ve Ka-2 istasyonlarından sırası ile 0,05 ve 0,48 µg/L olarak, Kovada Gölü'nden iki istasyonda 0,02 µg/L ve 1,36 µg/L olarak tespit edilmiştir.

Bakır elementi için WHO, USEPA, TSE-266, EU ve CODEX tarafından belirlenen limit değerleri ile göllerden tespit edilen ortalama Cu konsantrasyonları karşılaştırıldığında söz konusu ulusal ve uluslarası kuruluşlar tarafından belirlenen limitlerin aşılmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Göl sularında ortalama bakır düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması (µg/L)

Su	Cu	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	0,93 ± 1,66	Mevcut Çalışma	ICP-OES
Eğirdir Gölü	0,09 ± 0,21		
Çivril Gölü	ALA		
Suğla Gölü	0,02 ± 0,05		
Karataş Gölü	0,09 ± 0,19		
Kovada Gölü	0,23 ±0,55		
Gölhisar Gölü	ALA		
Beyşehir Gölü	0,08-0,15	Tekin Özan (2008)	AAS
Eğirdir Gölü	0,04	Kelek ve Çınar (2011)	
Eğirdir Gölü	0,26-0,88 Ort 0,50	Kaptan ve Tekin Özan (2014)	ICP-AES
Eğirdir Gölü	20	Kır vd. (2014)	ICP-OES
Eğirdir Gölü	4	Bulut (2015)	ICP-MS
Eğirdir Gölü	0,87	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS
Çivril Gölü	1-100	Tekin Özan ve Aktan (2012)	ICP-AES
Çivril Gölü	14,31	Gülcü Gür ve Tekin Özan (2017b)	ICP-AES
Suğla Gölü	0,31	Akköz ve Yılmaz (2009)	AAS
Suğla Gölü	6	Akköz ve Çağlar (2016)	AAS
Karataş Gölü	5,36	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS
Karataş Gölü	6,47-146,39	Başyiğit ve Tekin Özan (2013)	ICP-AES
Kovada Gölü	ALA	Kır, Tekin Özan ve Tuncay (2007)	AAS
Kovada Gölü	0,05	Kelek ve Çınar (2010)	
Kovada Gölü	0,25-0,82	Kayrak ve Tekin Özan (2018)	ICP-AES
Kovada Gölü	0,53	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS
Gölhisar Gölü	0,78	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS
Limit Değerler	100	TSE 266 (2005)	
	200	WHO (2017)	
	130	USEPA (2018)	
	200	EU (1998)	
	100	CODEX 108-1981 (2019)	
	20 (I. Sınıf)	SKKY, 2015 (Anonim, 2015)	
	50 (II. Sınıf)		
	200 (III. Sınıf)		
	>200 (IV. Sınıf)		

A.L.A = Analiz limitinin altında

4.3.1.5. Göl Sularında Çinko Konsantrasyonları

Çalışma sahasını oluşturan 7 adet gölün sularının içerdiği en yüksek Zn yoğunluğu (37,7 µg/L) Gölhisar Gölü'nden kurak dönemde tespit edilmiştir. Ortalama Zn konsantrasyonları bakımından göl suları için Karataş> Çivril> Eğirdir > Beyşehir> Kovada > Suğla şeklinde bir sıralama belirlenmiştir (Tablo 4.14).

Beyşehir Gölü Zn elementi 10 örneklemin 4'ünde 0,40-20,89 µg/L arasında, Eğirdir Gölü'nde 10 numunenin 3'ünde 12,34-15,60-31,20 µg/L olarak tespit edilmiştir. Çivril Gölü Zn konsantrasyonları en düşük 0,72 µg/L yağışlı dönemden, en yüksek değerde 29,91 µg/L ile kurak dönemden tespit edilmiştir. Suğla Gölü'nde kurak dönem S-1 ve S-3 kodlu istsyonlarda 2,51 µg/L ve 4,93 µg/L olarak, Karataş Gölü'nde Ka-1 ve Ka-3 istasyonlarından 30,33 µg/L ve 31,00 µg/L olarak, Kovada Gölü'nde kurak dönemde 7,10 ve 9,17 µg/L olarak Kov-1 ve Kov-2 istasyonlarından, Gölhisar Gölü'nde 6 numunenin 2'sinde yağışlı dönemde 2,11 µg/L ve kurak dönemde 37,70 µg/L olarak tespit edilmiştir.

Çinko elementi için WHO ve TSE-266 tarafından belirlenen limit değerleri ile göllerden tespit edilen ortalama Zn konsantrasyonları karşılaştırıldığında söz konusu ulusal ve uluslarası kuruluşlar tarafından belirlenen limitlerin aşılmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.14).

Tablo 4.14. Göl sularında ortalama Çinko düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması (µg/L)

Su	Zn	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	2,99 ± 6,56	Mevcut Çalışma	ICP-OES
Eğirdir Gölü	6,91 ± 12,02		
Çivril Gölü	8,75 ± 13,51		
Suğla Gölü	1,24 ± 2,07		
Karataş Gölü	10,22 ± 15,84		
Kovada Gölü	2,71±4,25		
Gölhisar Gölü	6,63 ± 15,24		
Beyşehir Gölü	ALA-0,42	Tekin Özan (2008)	AAS
Eğirdir Gölü	0,08	Kelek ve Çınar (2011)	
Eğirdir Gölü	3,58-38,46 17,23 ort	Kaptan ve Tekin Özan (2014)	ICP-AES
Eğirdir Gölü	ALA	Kır vd. (2014)	ICP-OES
Eğirdir Gölü	ALA	Bulut (2015)	ICP-MS
Eğirdir Gölü	3,47	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS
Suğla Gölü	210	Akköz ve Çağlar (2016)	AAS
Çivril Gölü	40-700	Tekin Özan ve Aktan (2012)	ICP-AES
Çivril Gölü	3,96-460	Gülcü Gür ve Tekin Özan (2017b)	ICP-AES
Karataş Gölü	27,06-494,9	Başyiğit ve Tekin Özan (2013)	ICP-AES
Karataş Gölü	60,93	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS
Kovada Gölü	12,0-27,0	Kır vd. (2007)	AAS
Kovada Gölü	0,28	Kelek ve Çınar (2010)	
Kovada Gölü	3,45	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS
Kovada Gölü	3,14-7,20 ppb	Kayrak ve Tekin Özan (2018)	ICP-AES
Gölhisar Gölü	5,16	Oruçoğlu ve Beyhan (2019)	ICP-MS

Tablo 4.14 (devamı). Göl sularında ortalama Çinko düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması

	Zn	Kaynak	
Limit Değerler	3000	TSE 266 (2005)	
	3000	WHO (2017)	
	200 (I. Sınıf)	SKKY, 2015 (Anonim, 2015)	
	500 (II. Sınıf)		
	2000 (III. Sınıf)		
	>2000 (IV. Sınıf)		

A.L.A = Analiz limitinin altında

Su numuneleri için belirlenen konsantrasyonlar, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği eklerinde yer alan Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri temelinde değerlendirilerek göllerin su kalite sınıfları belirlenmiştir. Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla ve Gölhisar göllerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları bakımından göl suyu; Kıtaiçi Su Kaynakları Sınıflarına göre I. Su Kalite Sınıfına dahil olmaktadır.

Karataş Gölü'nde tespit edilen tüm ağır metal konsantrasyonları bakımından göl suyu; SKKY (2015)' e göre I. Su Kalite Sınıfına dahil olmaktadır. Ka-1 ve Ka-2 kodlu istasyonda tespit edilen kurşun konsantrasyonlarının (9,25 ve 9,95 µg/L) SKKY 'ye ait sınır değerlere (10 µg/L) oldukça yakın olması ile dikkat çekmektedir. Kovada Gölü'nde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları bakımından göl suyu; SKKY (2015)'e göre I. Su kalite sınıfı (Kov-1, Kov-3) ve II. Su Kalite Sınıfına (Kov-2) dahil olmaktadır. Kov-2 kodlu istasyonda kurşunun (19,84 µg/L) SKKY (2015) tarafından belirlenmiş olan limit değerlerini aşmış olması ve Kov-1 kodlu istasyonda tespit edilen Pb konsantrasyonunun (9,06 µg/L) limit değerlere oldukça yakın olması dikkat çekmektedir.

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinde su numunelerinde ağır metal konsantrasyonlarını belirlemeye yönelik önceki yıllara ait birçok çalışma bulunmaktadır. Altındağ ve Yiğit (2005), Beyşehir Gölü suyunda ağır metal konsantrasyonlarını Cd>Pb>Cr>Hg şeklinde tespit etmişlerdir. İçme ve sulama suyu olarak da kullanılan Beyşehir göl suyunun ulusal ve uluslararası (WHO, EU, EPA) kriterlere göre Pb ve Cd konsantrasyonları bakımından içme suyu için belirlenen ağır metal konsantrasyon limitlerini aştığını bildirmişlerdir. Yiğit ve Altındağ (2006), Eğirdir Gölü'ndeki çalışmalarında göl suyunda ağır metal konsantrasyonlarını Cd>Pb>Cr>Hg şeklinde sıralanmış ve Hg hariç belirlenen konsantrasyonların insan tüketimi için izin verilen maksimum seviyenin üzerinde olduğunu bildirilmişlerdir. Kır vd. (2007) tarafından Kovada Gölü su örneklerinde yapılan analizlerde en fazla bulunan metalin Fe olduğu ve tespit edilen

metallerin (Fe, Mn, Pb, Zn, Al, Ni) yaz ve ilkbahar aylarında arttığı saptanırken Cd, Cr ve Cu elementleri tespit edilememiştir. Benzer şekilde mevcut çalışmamızda Kovada Göl suyunda kurak dönemde Zn konsantrasyonlarında artış görülmektedir. Akköz ve Yılmaz (2009) Suğla Gölü suyundan en yüksek Cr ve Cu değerlerini ilkbahar yaz aylarında tespit etmişler, ölçülen parametrelerin ve metal konsantrasyonlarının su kalitesi indeksi ile karşılaştırılması ile Suğla Gölü su kalitesinin üçüncü sınıf sulama suyu olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir. Mevcut çalışmamızda krom elementine rastlanmazken Cu miktarı oldukça düşük bulunmuştur. Kelek ve Çınar (2010) Kovada Gölü'ne ait su numunelerinde yaptıkları ağır metal analizlerinin sonuçlarına göre Cu, Pb, Zn, Fe, Al, Mn ve Cr tespit edilirken Cd, Hg ve B elementlerine rastlanmamıştır. Mevcut çalışmamızda Kovada göl suyuda kroma rastlanmazken, Pb, Cd, Cu ve Zn konsantrasyonlarında artış gözlenmiştir. Kelek ve Çınar (2011) tarafından Eğirdir Gölü su numunelerinde yapılan ağır metal analizlerinin sonuçlarına göre, Mn, Fe, Cd, Cr, Hg ve B elementleri analiz limitleri altında kalırken; Cu, Pb, Zn, ve Al tespit edilmiştir. Mevcut çalışmamız ile karşılaştırılınca Cu, Cd, Cr, Pb ve Zn konsantrasyonlarında artış gözlenmektedir. Tekin Özan ve Aktan (2012), Çivril Gölü suyunda Ba, As, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn düzeylerinin mevsimsel değişiminin incelenmesi çalışmalarında en fazla biriken elementin Fe olduğunu tespit etmişlerdir. Göl suyu SKKY'e göre I. Sınıf olarak belirlenmiş ve As, Fe, Cu ve Zn konsantrasyonlarının WHO limitlerinin altında kaldığı belirtilmiştir. Mevcut çalışmamız ile uyumlu olarak Zn, sudaki Cu, Cr ve Cd elementinden daha fazla birikmiş ve yaz mevsiminde daha yüksek konsantrasyonlarda belirlenmiştir. Önceki çalışmada Cu ve Cr konsantrasyonları en yüksek değerlerde yaz aylarında belirlenirken, çalışmamızda analiz limitlerinin altında kalmıştır. Cd değerleri karşılaştırıldığında önceki çalışmada mevcut çalışmadan daha yüksek tespit edilmiştir. Başyiğit ve Tekin Özan (2013) tarafından Karataş Gölü'nün suyunda en fazla Fe, en az ise Cd konsantrasyonları tespit edilmiştir. Mevcut çalışmamız ile ortak elementlerden çinkonun suda Pb, Cd, Cu ve Cr elementlerinden daha fazla birikmesi bakımından benzerlik göstermektedir. Önceki çalışmada Cr kış mevsiminde, Pb ise tüm numunelerde analiz limitleri altında kalırken mevcut çalışmamızda Cr yalnızca yağışlı döneminde rastlanmış, Pb tüm numunelerde tespit edilmiştir. Cd ve Zn konsantrasyonlarının kış mevsiminde düşüş göstermesi de çalışmamız ile benzerlik göstermektedir. Kaptan ve Tekin Özan (2014), Eğirdir Gölü suyunda Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn konsantrasyonlarını belirleme çalışmalarında Pb dışında tüm metalleri tespit etmişlerdir. Suda en fazla biriken metal Mn, en az biriken metal ise Cr olarak bildirilmiştir. Mevcut çalışmamız ile karşılaştırıldığında Eğirdir göl suyunda kurşun konsantrasyonunda artma Cd, Cu, Cr ve Zn konsantrasyonlarında azalma gözlenmektedir.

Akköz ve Çağlar (2016) Suğla Gölü suyunda Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metal konsantrasyonlarının mevsimler arasında istatistiksel olarak farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir. Suda en fazla Fe elementi bulunurken Cd ve Co konsantrasyonları analiz limitlerinin altında kalmış, Pb'ye nadiren rastlanmıştır. Cr en yüksek değere kış aylarında ulaşırken, Cu, Pb ve Zn yaz aylarında ulaşmıştır. Bu sonuçlar mevcut çalışmamız sonuçları ile uyumlu iken Pb birikiminin görece daha fazla olması ve Cr'nin analiz limitleri altında kalması bakımından farklıdır. Oruçoğlu ve Beyhan (2019) Eğirdir, Karataş ve Gölhisar göllerine ait su numunelerinde Zn, Cr, Mn, Fe, Cu, Co, Ni, Al, As, Mo, B, Ti, V ve Ba ağır metal konsantrasyonlarını tespit ederek, yıllık ortalamalarını SKKY ve YSKY'ye göre değerlendirdikleri çalışmalarında Eğirdir Gölü'nde en yüksek konsantrasyonlarda Ba tespit edilirken, Zn: 3,45 µg/L, Cr: 6,10 µg/L ve Cu: 0,53 µg/ olarak tespit edilmiştir. Ortak elementler bakımından mevcut çalışmamızda Zn en yüksek değerde, Cu ve Cr daha düşük konsantrasyonlarda tespit edilmesi ile iki çalışma benzerlik göstermektedir. Eğirdir Gölü her iki çalışma sonucunda da SKKY'ye göre I. Sınıf su kalitesinde belirlenmiştir. Karataş Gölünde en yüksek konsantrasyon Fe olarak belirlenmiştir. Çinko, krom ve bakır, sırası ile 60,93 µg/L; 8,75 µg/L; 5,36 µg/L olarak belirlenmiştir. Ortak elementler bakımından mevcut çalışmamızda çinko en yüksek değerde, Cr ve Cu daha düşük konsantrasyonlarda tespit edilmesi ile iki çalışma benzerlik göstermektedir. Karataş Gölü her iki çalışma sonucunda da SKKY'ye göre I. Sınıf su kalitesinde belirlenmiştir. Çalışmacılar tarafından gölde yüksek oranda tespit edilen Cr, Zn Al ve Cu elelementlerinin insan kaynaklı en sık rastlanan ağır metaller olması nedeni ile bu durum Karataş Gölü'nde antropolojik kaynaklı birikim olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Gölhisar Gölü suyundan alınan numunelerde en yüksek konsantrasyonlar Ba, Fe ve Al için belirlenmiştir. Al elementinin yüksek değerlerde tespit edilmesi gölde insan kaynaklı kontaminasyon olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Bakır, krom ve çinko sırası ile 31,31 µg/L; 7,37 µg/L; 5,16 µg/L olarak belirlenmiştir. Mevcut çalışmamızda çinko en yüksek değerde iken Cr ve Cu analiz limitlerinin altında kalmıştır. Gölhisar Gölü her iki çalışma sonucunda da SKKY'ye göre I. Sınıf su kalitesinde belirlenmiştir.

4.3.2. Sedimanda Ağır Metal Konsantrasyonları (mg/kg)

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinde belirelenen toplam 25 istasyondan temin edilen sediman örneklerinde yapılan ağır metal analizleri sonucu tespit edilen Pb, Cd, Cr, Cu, Zn elementlerinin mg/kg olarak belirlenen konsantrasyonlarının dönemsel ve ortalama verileri sırasıyla Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15. İstasyonlara göre sedimanda ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

No.	İst. Kodu	Dönem	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn
1	B- 1	Yağışlı	ALA	ALA	125,38	72,38	76,19
		Kurak	ALA	ALA	55,05	15,31	45,71
		Ortalama	ALA	ALA	90,215	43,845	60,95
2	B-2	Yağışlı	0,63	0,44	76,34	22,98	80,88
		Kurak	ALA	ALA	3,65	8,11	93,20
		Ortalama	0,32	0,22	40,00	15,55	87,04
3	B-3	Yağışlı	3,56	0,94	43,43	8,18	39,87
		Kurak	ALA	ALA	48,28	7,02	33,87
		Ortalama	1,78	0,47	45,86	7,60	36,87
4	B-4	Yağışlı	ALA	1,50	96,35	15,12	56,88
		Kurak	ALA	ALA	72,87	13,17	44,37
		Ortalama	ALA	0,75	84,61	14,15	50,63
5	B-5	Yağışlı	ALA	1,48	65,19	11,91	43,40
		Kurak	ALA	ALA	57,35	ALA	21,78
		Ortalama	ALA	0,74	61,27	5,96	32,59
Beyşehir Gölü Ortalama			0,42	0,44	64,39	17,42	53,62
6	E-1	Yağışlı	ALA	0,32	48,12	15,81	42,29
		Kurak	ALA	ALA	ALA	ALA	39,70
		Ortalama	ALA	0,16	24,06	7,91	41,00
7	E-2	Yağışlı	ALA	ALA	34,26	20,09	34,04
		Kurak	ALA	ALA	89,92	20,16	60,85
		Ortalama	ALA	ALA	62,09	20,13	47,45
8	E-3	Yağışlı	ALA	0,59	24,00	5,64	22,17
		Kurak	ALA	ALA	50,02	10,56	18,29
		Ortalama	ALA	0,30	37,01	8,10	20,23
9	E-4	Yağışlı	0,76	0,29	20,57	23,14	17,20
		Kurak	ALA	ALA	21,17	19,24	20,43
		Ortalama	0,38	0,15	20,87	21,19	18,82
10	E-5	Yağışlı	ALA	0,19	26,60	2,20	13,67
		Kurak	2,21	ALA	102,28	9,65	20,92
		Ortalama	1,11	0,10	64,44	5,93	17,30
Eğirdir Gölü Ortalama			0,30	0,14	41,69	12,65	28,96
11	Ç-1	Yağışlı	ALA	ALA	9,06	9,24	8,37
		Kurak	0,18	ALA	52,76	10,32	59,84
		Ortalama	0,09	ALA	30,91	9,78	34,11
12	Ç-2	Yağışlı	ALA	ALA	105,00	28,55	39,15
		Kurak	1,10	ALA	40,05	11,33	26,53
		Ortalama	0,55	ALA	72,525	19,94	32,84
13	Ç-3	Yağışlı	ALA	ALA	142,39	27,14	72,80
		Kurak	ALA	ALA	300,80	32,16	93,68
		Ortalama	ALA	ALA	221,595	29,65	83,24
Çivril Gölü Ortalama			0,21	ALA	108,34	19,79	50,06

Tablo 4.15 (devamı). İstasyonlara göre sedimanda ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

No.	İst. Kodu	Dönem	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn
14	S-1	Yağışlı	ALA	ALA	77,08	20,66	72,82
		Kurak	ALA	ALA	49,86	15,55	32,86
		Ortalama	ALA	ALA	63,47	18,105	52,84
15	S-2	Yağışlı	ALA	ALA	80,20	20,98	72,25
		Kurak	ALA	0,00	34,86	9,86	35,24
		Ortalama	ALA	ALA	57,53	15,42	53,745
16	S-3	Yağışlı	ALA	ALA	71,65	20,48	70,45
		Kurak	1,51	ALA	37,14	10,24	40,18
		Ortalama	0,755	ALA	54,395	15,36	55,315
Suğla Gölü Ortalama			0,25	ALA	58,46	16,30	53,97
17	Ka-1	Yağışlı	ALA	ALA	155,85	24,70	34,13
		Kurak	ALA	ALA	248,33	42,81	67,60
		Ortalama	ALA	ALA	202,09	33,76	50,87
18	Ka-2	Yağışlı	ALA	ALA	154,03	25,39	47,08
		Kurak	ALA	ALA	10,66	1,78	4,60
		Ortalama	ALA	ALA	82,345	13,585	25,84
19	Ka-3	Yağışlı	ALA	ALA	145,24	24,24	36,76
		Kurak	ALA	ALA	275,25	36,25	59,48
		Ortalama	ALA	ALA	210,245	30,245	48,12
Karataş Gölü Ortalama			ALA	ALA	164,89	25,86	41,61
20	Kov-1	Yağışlı	ALA	ALA	68,68	29,95	57,24
		Kurak	1,37	ALA	79,31	30,86	64,48
		Ortalama	0,685	ALA	73,995	30,405	60,86
21	Kov-2	Yağışlı	ALA	ALA	104,00	45,39	86,33
		Kurak	ALA	ALA	81,20	33,40	68,05
		Ortalama	ALA	ALA	92,6	39,395	77,19
22	Kov-3	Yağışlı	ALA	ALA	104,68	138,11	100,21
		Kurak	ALA	ALA	73,81	27,71	65,10
		Ortalama	ALA	ALA	89,245	82,91	82,655
Kovada Gölü Ortalama			0,23	ALA	85,28	50,90	73,57
23	G-1	Yağışlı	ALA	ALA	196,93	26,80	36,50
		Kurak	ALA	ALA	74,84	12,10	43,32
		Ortalama	ALA	ALA	135,89	19,45	39,91
24	G-2	Yağışlı	ALA	ALA	145,39	26,61	42,66
		Kurak	ALA	ALA	153,29	22,45	41,21
		Ortalama	ALA	ALA	149,34	24,53	41,94
25	G-3	Yağışlı	ALA	ALA	173,48	31,45	48,98
		Kurak	ALA	ALA	145,03	21,10	34,95
		Ortalama	ALA	ALA	159,26	26,28	41,97
Gölhisar Gölü Ortalama			ALA	ALA	148,16	23,42	41,27

Göl sedimanında belirlenen ortalama kurşun, kadmiyum, bakır, krom ve çinko konsantrasyonları ile daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen veriler ve Sediman Kalite Rehberindeki (TEC ve PEC) değerlerin karşılaştırılması Tablo 4.16, 4.17, 4.18, 4.19 ve 4.20'de verilmiştir. Ayrıca göllere ait sediman numunelerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları Sediman Yer Kabuğu Ortalamaları ile karşılaştırılmıştır.

4.3.2.1. Sedimanda Kurşun Konsantrasyonları (mg/kg)

Kurşun konsantrasyonları bakımından en yüksek ortalama (0,42 mg/kg) Beyşehir Gölü'nden, tüm lokaliteler içinde en yüksek Pb değeri Beyşehir Gölü B-3 kodlu istasyonundan yağışlı dönemden tespit edilmiştir (3,56 mg/kg).

Pb elementi konsantrasyonları; Beyşehir Gölü'nden temin edilen yalnızca 2 numunede 0,63 mg/kg ve 3,56 mg/kg olarak yağışlı dönemden tespit edilmiştir. Eğirdir Gölü sedimanından 10 numuneden ikisinde 0,76 mg/kg (yağışlı dönemden) ve 2,21 mg/kg (kurak dönemden), Çivril Gölü sedimanından yalnızca kurak dönemden 2 istasyona ait numunelerde 0,18 mg/kg ve 1,10 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Suğla Gölü ve Kovada Gölü sedimanından yalnızca kurak dönemde sırasıyla S-3 kodlu istasyondan 1,51 mg/kg ve Kov-1 istasyonundan 1,37 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Karataş Gölü ve Gölhisar Gölü numunelerinde Pb elementi analiz limitleri altında kalmıştır.

Göllere ait sediman numunelerinde belirlenen kurşun konsantrasyonları Sediman Yer Kabuğu ortalamaları ile karşılaştırıldığında; tüm göllere ait sediman numunelerinde tespit edilen kurşun ortalama konsantrasyonları yer kabuğu ortalamasının altında kaldığı belirlenmiştir (Tablo 4.16).

Sediman kalite rehberindeki (SQG) Eşik Etki Konsantrasyonu (TEC) ve Olası Etki Konsantrasyonu (PEC) değerleri bakımından Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Kovada göllerinde ortalama kurşun konsantrasyonlarının limit değerler altında kaldığı belirlenmiştir.

Tablo 4.16. Sedimanda tespit edilen ortalama kurşun düzeylerinin diğer çalışmalar ve SKR limitleri ile karşılaştırılması (mg/kg)

Sediman	Pb	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	0,42 ± 1,12	Mevcut Çalışma	ICP-OES;dw
Eğirdir Gölü	0,30 ± 0,71		
Çivril Gölü	0,21 ± 0,44		
Suğla Gölü	0,25 ± 0,62		
Karataş Gölü	ALA		
Kovada Gölü	0,23 ± 0,56		
Gölhisar Gölü	ALA		
Beyşehir Gölü	32,65 (31,10–33,45)	Altındağ ve Yiğit (2005)	AAS
Eğirdir Gölü	10,25	Yiğit ve Altındağ (2006)	AAS
Eğirdir Gölü	0,25-6,53	Kaptan ve Tekin Özan (2014)	ICP_AES;dw
Eğirdir Gölü	13,02	Kır, Erdoğan ve Engin (2014)	ICP-OES;dw
Eğirdir Gölü	11,03	Bulut (2015)	ICP-MS;ww
Çivril Gölü	0,91-5,50	Gülcü-Gür ve Tekin Özan (2017b)	ICP-AES;ww
Suğla Gölü	5,55	Akköz ve Çağlar (2016)	AAS;dw
Karataş Gölü	0,10-1,93	Başyiğit ve Tekin Özan (2013)	ICP-AES;dw
Kovada Gölü	1,74-4,42	Kır, Tekin Özan ve Tuncay (2007)	AAS; ww
Kovada Gölü	12,97-21,12	Şener ve Şener (2015)	ICP-MS;ww
Kovada Gölü	0,05-4,45	Kayrak ve Tekin Özan (2018)	ICP-AES;ww
Limit Değerler			
Yer Kabuğu Ort.	20,00	Krauskopf (1971); Ustaoğlu ve Tepe (2018)	
TEC : Eşik Etki Konsantrasyonları	LEL:31	MacDonald vd. (2000)	
	TEL:35		
PEC: Olası Etki Konsantrasyonları	PEL: 91,3		
	SEL: 250		

*ww: yaş ağırlık **dw: kuru ağırlık

4.3.2.2. Sedimanda Kadmiyum Konsantrasyonları (mg/kg)

Kadmiyum konsantrasyonları bakımından en yüksek ortalama (0,44 mg/kg) Beyşehir Gölü örneklerinden, tüm lokaliteler içinde en yüksek Cd değeri (1,50 mg/kg) ise Beyşehir Gölü B-4 kodlu istasyondan yağışlı dönemden tespit edilmiştir. Beyşehir Gölü sedimanında Cd konsantrasyonları yalnızca yağışlı dönem numunelerinde 0,44-1,50 mg/kg arasında değer verirken, Eğirdir Gölü sedimanında yalnızca yağışlı dönem numunelerinde 0,19-0,59 mg/kg arasında tespit edilmiştir. Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar göllerine ait sediman numunelerinde Cd konsantrasyonları analiz limitleri altında kalmıştır.

Beyşehir ve Eğirdir göllerinde sedimanda tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ortalamaları ile Sediman Yer Kabuğu ortalamaları karşılaştırıldığında Beyşehir Gölü

kadmiyum ortalamasının fazla olduğu tespit edilmiştir (0,44 mg/kg). İstasyon bazında bakıldığında yağışlı dönem tüm Beyşehir numunelerinin ve yine yağışlı dönem E-1 ve E-3 kodlu istasyondan alınan numunelerin Cd açısından Sediman Yer Kabuğu Ortalamalarını (0,3 mg/kg) aştığı görülmektedir (Tablo 4.17).

Sediman kalite rehberindeki (SQG) Eşik Etki Konsantrasyonu (TEC) ve Olası Etki Konsantrasyonu (PEC) değerleri bakımından Beyşehir ve Eğirdir göllerinde belirlenen kadmiyum konsantrasyonlarının limit değerler altında kaldığı belirlenmiştir. İstasyon bazında karşılaştırıldığında yağışlı dönem B-3, B-4 ve B-5 kodlu istasyonlarda Eşik Etki Konsantrasyonu (TEC) değerlerini aştığı tespit edilmiştir. Bu değerin aşılması kadmiyum birkiminin muhtemel zararlı etkiye sahip olabileceği şeklinde yorumlanabilir (MacDonald vd. 2000).

Tablo 4.17. Sedimanda tespit edilen ortalama kadmiyum düzeylerinin diğer çalışmalar ve SKR limitleri ile karşılaştırılması (mg/kg)

Sediman	Cd	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	0,44 ± 0,63	Mevcut Çalışma	ICP-OES;dw
Eğirdir Gölü	0,14 ± 0,21		
Çivril Gölü	ALA		
Suğla Gölü	ALA		
Karataş Gölü	ALA		
Kovada Gölü	ALA		
Gölhisar Gölü	ALA		
Beyşehir Gölü	13,05 (12,10-14,25)	Altındağ ve Yiğit (2005)	AAS
Eğirdir Gölü	8,95	Yiğit ve Altındağ (2006)	AAS
Kovada Gölü	0,19-0,27	Kır, Tekin Özan ve Tuncay (2007)	AAS; ww
Çivril Gölü	0,09-3,06	Tekin Özan ve Aktan (2012)	ICP-AES;ww
Karataş Gölü	0,25 (0,001-0,32)	Başyiğit ve Tekin Özan (2013)	ICP-AES;dw
Eğirdir Gölü	0,003-0,08 ort 0,04	Kaptan ve Tekin Özan (2014)	ICP_AES;dw
Eğirdir Gölü	1,21	Kır, Erdoğan ve Engin (2014)	ICP-OES;dw
Eğirdir Gölü	0,13	Bulut (2015)	ICP-MS;ww
Suğla Gölü	0,06	Akköz ve Çağlar (2016)	AAS;dw
Çivril Gölü	0,09-0,30	Gülcü Gür ve Tekin Özan (2017b)	ICP-AES;ww
Kovada Gölü	0,01-0,30	Kayrak ve Tekin Özan (2018)	ICP-AES;ww
Limit Değerler			
Yer Kabuğu Ort.	0,3	Krauskopf (1971) Ustaoğlu ve Tepe (2018)	
TEC : Eşik Etki Konsantrasyonları	LEL: 0,6	MacDonald vd. (2000)	
	TEL: 0,9		
PEC: Olası Etki Konsantrasyonları	PEL: 3,53		
	SEL: 10		

*ww: yaş ağırlık **dw: kuru ağırlık

4.3.2.3. Sedimanda Krom Konsantrasyonları (mg/kg)

Krom konsantrasyonları bakımından göl sedimanında arasında en yüksek ortalama Karataş Gölü örneklerinden, tüm lokaliteler içinde en yüksek Cr değeri ise Çivril Gölü Ç-3 kodlu istasyonundan kurak dönemde tespit edilmiştir (300,80 mg/kg). Beyşehir, Suğla, Gölhisar göllerinde en düşük Cr değerleri sırası ile 3,65 mg/kg, 34,86 mg/kg, 74,84 mg/kg kurak dönemden ve en yüksek Cd değerleri 125,38 mg/kg, 80,20 mg/kg, 196,93 mg/kg olarak yağışlı dönemden tespit edilmiştir. Eğirdir ve Çivril göllerinde en düşük Cr değerleri 20,57 mg/kg ve 9,06 mg/kg olarak yağışlı dönemden, en yüksek değerler ise 102,28 mg/kg ve 300,80 mg/kg olarak kurak dönemden tespit edilmiştir. Cr konsantrasyonları Karataş Gölü'nde her ikisi de kurak dönemden olmak üzere en düşük 10,66 mg/kg, en yüksek 275,25mg/kg, Kovada Gölü sedimanından 68,68–104,68 mg/kg arasında her ikisi de yağışlı dönemden tespit edilmiştir.

Beyşehir, Eğirdir, Suğla, Kovada göllerinde ortalama krom konsantrasyonları yer kabuğu ortalamasının altındadır. Çivril, Karataş ve Gölhisar göllerinin sedimanından tespit edilen krom konsantrasyonları ortalamaları Sediman Yer Kabuğu ortalamalarını aşmaktadır. İstasyon bazında bakıldığında Karataş Gölü'nden alınan tüm numunelerin, Kovada Gölü sedimanında yağışlı dönem Kov-2 ve Kov-3 kodlu istasyondan alınan numunelerin krom açısından Sediman Yer Kabuğu ortalamalarının aştığı görülmektedir.

Beyşehir, Eğirdir, Suğla, Kovada göllerine ait sediman numunelerinde tespit edilen ortalama krom konsantrasyonlarının ayrıca istasyon bazında E-2 kodlu yağışlı ve kurak döneme ait krom konsantrasyonlarının TEC konsantrasyonlarını aştığı görülmektedir. Bu değerin aşılması söz konusu elementin birkiminin muhtemel zararlı etkiye sahip olabileceği şeklinde yorumlanabilir (MacDonald vd. 2000).

Karataş ve Gölhisar göllerinin sedimanında ortalama krom konsantrasyonlarının ayrıca Ç-2 ve Ç-3 kodlu istasyonların Şiddetli Etki Limitini (110 mg/kg) aştığı görülmektedir. Bu değerin aşılması söz konusu elementin birikiminin muhtemel zararlı etki eşiğini aşarak ekosistem üzerinde ciddi toksik etkiye sahip olabileceği şeklinde yorumlanabilir (MacDonald vd. 2000).

Tablo 4.18. Sedimanda tespit edilen ortalama krom düzeylerinin diğer çalışmalar ve SKR limitleri ile karşılaştırılması (mg/kg)

Sediman	Cr	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	64,39 ± 32,46	Mevcut Çalışma	ICP-OES;dw
Eğirdir Gölü	41,69 ± 32,16		
Çivril Gölü	108,34 ± 105,66		
Suğla Gölü	58,46 ± 20,39		
Karataş Gölü	164,89 ± 93,29		
Kovada Gölü	85,28 ± 15,40		
Gölhisar Gölü	148,16 ± 41,08		
Beyşehir Gölü	10,63 (9,93-11,12)	Altındağ ve Yiğit (2005)	AAS
Eğirdir Gölü	23,3	Yiğit ve Altındağ (2006)	AAS
Kovada Gölü	6,63-17,59	Kır vd. (2007)	AAS; ww
Çivril Gölü	11,60-269,55	Tekin Özan ve Aktan (2012)	ICP-AES;ww
Karataş Gölü	0,25-101,4	Başyiğit ve Tekin Özan (2013)	ICP-AES;dw
Eğirdir Gölü	0,3-7,20 ort 2,64	Kaptan ve Tekin Özan (2014)	ICP-AES;dw
Eğirdir Gölü	16,94	Kır vd. (2014)	ICP-OES;dw
Eğirdir Gölü	24,4	Bulut (2015)	ICP-MS;ww
Suğla Gölü	13,03	Akköz ve Çağlar (2016)	AAS;dw
Çivril Gölü	5,12-16,48	Gülcü Gür ve Tekin Özan (2017b)	ICP-AES;ww
Kovada Gölü	0,51-15,49	Kayrak ve Tekin Özan (2018)	ICP-AES;ww
Limit Değerler			
Yer Kabuğu Ort.	100	Krauskopf (1971) Ustaoğlu ve Tepe (2018)	
TEC : Eşik Etki Konsantrasyonları	LEL: 26	MacDonald vd. (2000)	
	TEL: 37,3		
PEC: Olası Etki Konsantrasyonları	PEL:90		
	SEL:110		

*ww: yaş ağırlık **dw: kuru ağırlık

4.3.2.4. Sedimanda Bakır Konsantrasyonları (mg/kg)

Bakır konsantrasyonları bakımından göller arasında sedimanda en yüksek ortalama Kovada Gölü örneklerinden (50,90 mg/kg), tüm lokaliteler içinde en yüksek değer (138,11 mg/kg) ise Kovada Gölü Kov-3 kodlu istasyonundan yağışlı dönemde tespit edilmiştir. Bakır konsantrasyonları en yüksek ve en düşük değerleri; Beyşehir Gölü sedimanında 7,02- 72,38 mg/kg (kurak ve yağışlı dönemden), Eğirdir Gölü sedimanından 2,20- 23,14 mg/kg (ikisi de yağışlı dönemden), Çivril Gölü sedimanından 9,24-28,55 mg/kg (ikisi de yağışlı dönemden), Suğla Gölü sedimanından 9,86-20,98 mg/kg (sırası ile kurak ve yağışlı dönemlerden), Karataş Gölü'nden 1,78-42,81 mg/kg (her ikisi de kurak dönemden), Kovada Gölü sedimanından

27,71-138,11 mg/kg (sırası ile kurak ve yağışlı dönemlerden), Gölhisar Gölü sedimanında 12,10 mg/kg-31,45 mg/kg (sırası ile kurak ve yağışlı dönemlerden) olarak tespit edilmiştir.

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Gölhisar gölleri sediman numunelerinden tespit edilen ortalama bakır konsantrasyonları yer kabuğu ortalamasının altındadır. Kovada Gölü sedimanında bakır konsantrasyonları yer kabuğu ortalamasını %1,8 oranında aşmıştır. İstasyon bazında bakıldığında yağışlı dönem B-1 kodlu istasyondan ve yine yağışlı dönem Kov-2 ve Kov-3 kodlu istasyondan alınan numunelerin krom açısından Sediman Yer Kabuğu Ortalamalarının aştığı görülmektedir.

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş ve Gölhisar numunelerinde ortalama bakır konsantrasyonlarının Sediman Kalite Rehberindeki (SQG) Eşik Etki Konsantrasyonu (TEC) ve Olası Etki Konsantrasyonu (PEC) değerleri bakımından limit değerler altında kaldığı belirlenmiştir. Kovada Gölü sedimanında ortalama bakır konsantrasyonları TEC (Eşik Etki Konsantrasyonları) değerini aşmıştır. Bu sınırın aşılması bakır elementinin birikiminin nadir de olsa ortamdaki canlılar üzerinde olumsuz etkisi olabilir şeklinde yorumlanmaktadır (Ustaoğlu ve Tepe, 2017).

Tablo 4.19. Sedimanda tespit edilen ortalama bakır düzeylerinin diğer çalışmalar ve SKR limitleri ile karşılaştırılması (mg/kg)

Sediman	Cu	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	17,42 ± 20,26	Mevcut Çalışma	ICP-OES;dw
Eğirdir Gölü	12,65 ± 8,21		
Çivril Gölü	19,79 ± 10,55		
Suğla Gölü	16,30 ± 19,74		
Karataş Gölü	25, 86 ± 14,00		
Kovada Gölü	50,90 ± 43,17		
Gölhisar Gölü	23,42 ± 6,64		
Beyşehir Gölü	5,44-10,47	Tekin Özan (2008)	AAS
Eğirdir Gölü	0,66-21,75 ort 7,14	Kaptan ve Tekin Özan (2014)	ICP_AES;dw
Eğirdir Gölü	8,84	Kır vd. (2014)	ICP-OES;dw
Eğirdir Gölü	16,65	Bulut (2015)	ICP-MS;ww
Çivril Gölü	2,68-38,84	Tekin Özan ve Aktan (2012)	ICP-AES;ww
Çivril Gölü	7,18-14,55	Gülcü Gür ve Tekin Özan (2017b)	ICP-AES;ww
Suğla Gölü	11,46	Akköz ve Çağlar (2016)	AAS;dw
Karataş Gölü	0,34-54,36	Başyiğit ve Tekin Özan (2013)	ICP-AES;dw
Kovada Gölü	4,65-13,77	Kır vd. (2007)	AAS;ww
Kovada Gölü	11,59	Tekin Özan ve Kır (2005)	AAS; ww
Kovada Gölü	34,88-336	Şener ve Şener (2015)	ICP-MS;ww
Kovada Gölü	1,39-29,41	Kayrak ve Tekin Özan (2018)	ICP-AES;ww

Tablo 4.19 (devamı). Sedimanda tespit edilen ortalama bakır düzeylerinin diğer çalışmalar ve SKR limitleri ile karşılaştırılması

Limit Değerler	Cu	Kaynak	
Yer Kabuğu Ort.	50,00	Krauskopf (1971) Ustaoğlu ve Tepe (2017)	
TEC : Eşik Etki Konsantrasyonları	LEL:16	MacDonald vd. (2000)	
	TEL:35,7		
PEC: Olası Etki Konsantrasyonları	PEL:197		
	SEL:110		

*ww: yaş ağırlık **dw: kuru ağırlık

4.3.2.5. Sedimanda Çinko Konsantrasyonları (mg/kg)

Göl sedimanında belirlenen Zn konsantrasyonları arasında en yüksek değer Suğla Gölü örneklerinden, tüm lokaliteler içinde en yüksek Zn değeri ise Kovada Gölü Kov-3 kodlu istasyonundan yağışlı dönemde tespit edilmiştir (100,21 mg/kg). Çinko konsantrasyonları en yüksek ve en düşük değerleri; Beyşehir Gölü'nde 21,78 mg/kg (kurak dönem)-80,88 mg/kg (yağışlı dönem), Eğirdir Gölü sedimanından 13,67 mg/kg (yağışlı dönem)-60,85 mg/kg (kurak dönem), Çivril Gölü sedimanından 8,37-93,68 mg/kg (yağışlı dönem), Suğla Gölü sedimanından 32,86 mg/kg (kurak dönem)-72,82 mg/kg (yağışlı dönem), Karataş Gölü) 4,60 - 67,60 mg/kg (her ikisi de kurak dönem), Kovada Gölü 57,24-100,21 mg/kg (her ikisi de yağışlı dönem), Gölhisar Gölü sedimanında 34,95 mg/kg (kurak dönem) ve 48,98 mg/kg (yağışlı dönem) olarak tespit edilmiştir.

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinden tespit edilen ortalama çinko konsantrasyonlarının Sediman Yer Kabuğu ortalamalarını aşmadığı görülmektedir. İstasyon bazında bakıldığında kurak dönem B-2 istasyonunda çinko açısından (93,20 mg/kg), Sediman Yer Kabuğu Ortalamalarını aşmaktadır.

Sediman kalite rehberindeki (SQG) Eşik Etki Konsantrasyonu (TEC) ve Olası Etki Konsantrasyonu (PEC) değerleri bakımından Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinde ortalama çinko konsantrasyonlarının limit değerler altında kaldığı belirlenmiştir.

Tablo 4.20. Sedimanda tespit edilen ortalama Çinko düzeylerinin diğer çalışmalar ve SKR limitleri ile karşılaştırılması (mg/kg)

Sediman	Zn	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	53,62 ± 22,79	Mevcut Çalışma	ICP-OES;dw
Eğirdir Gölü	28,96 ± 14,93		
Çivril Gölü	50,06 ± 31,39		
Suğla Gölü	53,97 ± 19,74		
Karataş Gölü	41,61 ± 22,24		
Kovada Gölü	73,75 ± 16,28		
Gölhisar Gölü	41,27 ± 5,06		
Beyşehir Gölü	10,31-58,05	Tekin Özan (2008)	AAS
Eğirdir Gölü	10,21-60,31	Kaptan ve Tekin Özan (2014)	ICP_AES;dw
Eğirdir Gölü	10,36	Kır, Erdoğan ve Engin (2014)	ICP-OES;dw
Eğirdir Gölü	32,6	Bulut (2015)	ICP-MS;ww
Çivril Gölü	16,34-159,56	Tekin Özan ve Aktan (2012)	ICP-AES;ww
Çivril Gölü	12,01-24,44	Gülcü Gür ve Tekin Özan (2017b)	ICP-AES;ww
Kovada Gölü	12,82-33,42	Kır, Tekin Özan ve Tuncay (2007)	AAS; ww
Kovada Gölü	55,00-109,50	Şener ve Şener (2015)	ICP-MS;ww
Kovada Gölü	28,14	Tekin Özan ve Kır (2005)	AAS; ww
Kovada Gölü	1,81-26,38	Kayrak ve Tekin Özan (2018)	ICP-AES;ww
Karataş Gölü	0,96-55,13	Başyiğit ve Tekin Özan (2013)	ICP-AES;dw
Suğla Gölü	31,2	Akköz ve Çağlar (2016)	AAS;dw
Limit Değerler			
Yer Kabuğu Ort.	90,00	Krauskopf (1971) Ustaoğlu ve Tepe (2018)	
TEC : Eşik Etki Konsantrasyonları	LEL:120	MacDonald vd., (2000)	
	TEL: 123		
PEC: Olası Etki Konsantrasyonları	PEL:315		
	SEL: 820		

*ww: yaş ağırlık **dw: kuru ağırlık

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Kartaş, Kovada, Gölhisar göllerine ait sedimanda ağır metal konsantrasyonlarını belirlemeye yönelik önceki yıllarda yapılmış bazı çalışmalar mevcuttur. Altındağ ve Yiğit (2005), Beyşehir Gölü'nde sedimanda ağır metal birikimini Pb>Cd>Cr>Hg şeklinde sıralamışlar ve konsantrasyonları antropojenik etkiden ziyade doğal kaynaklı ağır metal birikimi olarak yorumlamışlardır. Yiğit ve Altındağ (2006) Eğirdir Gölü sedimanında tespit ettikleri konsantrasyonları Cr>Pb>Cd>Hg şeklinde bildirmişler ve konsantrasyon değerlerine göre sedimanda ağır metal birikiminin antropojenik etkiler sonucu olabileceğini belirtmişlerdir. Kovada Gölü'nde Kır vd. (2007) tarafından yapılan Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Al, Ni ve Cd elementlerinin konsantrasyonlarını mevsimsel olarak belirleme çalışmalarında sedimanda en fazla biriken metalin Al olduğu tespit edilmiş ve metal

birikiminin yaz aylarında en yüksek düzeye ulaştığı belirlenmiştir. Bu durum mevcut çalışmamızda farklılık göstermektedir. Tekin Özan ve Aktan (2012), Çivril Gölü sedimanında en fazla biriken elementi Fe olarak tespit etmişlerdir. Çinko konsantrasyonu krom, bakır ve kadmiyumdan daha fazladır. Mevcut çalışmamızda ise krom daha fazladır. Cu her iki çalışmada da en yüksek değere kış aylarında ulaşmıştır. Önceki çalışmada Cr değeri yaz aylarında Cd ve Zn kış aylarında artış göstermiştir. Bu durum çalışmamızdan farklılık göstermektedir. Başyiğit ve Tekin Özan (2013), Karataş Gölü sedimanında Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, Se, Ni ve Zn konsantrasyonlarının belirleme amaçlı çalışmalarının sonuçlarında sedimanda en fazla Fe, en az ise Cd konsantrasyonları tespit edilmiştir. Sediman numunelerinde tüm metaller her mevsimde belirlenirken, mevcut çalışmamızda Pb ve Cd analiz limitlerinin altında kalmıştır. Kaptan ve Tekin Özan (2014), Eğirdir Gölü sedimanda en fazla biriken metali Fe, en az biriken metali ise Cd olarak bildirmiştir. Mevcut çalışmamız ile karşılaştırıldığında sedimanda kurşun konsantrasyonlarında azalma Cd, Cu, Cr ve Zn konsantrasyonlarında artma gözlenmiştir. Kır vd. (2014), Eğirdir Gölü sedimanından Fe, Al, Cd, Cr, Co, Mn, Cu, Hg, B, Ni, Pb, ve Zn elementlerine ait mevsimsel konsantrasyonları belirleme çalışmalarında ağır metal birikim sırasını Fe>Al>Mn>Cr>Ni>Pb>Zn>Cu>Co>Cd şeklinde tespit etmişlerdir. Cd ve Cu konsantrasyonları TEC limitlerini aşarken Al, Hg ve B analiz limtleri altında kaldığını bildirmişlerdir. Mevcut çalışma ile karşılaştırıldığında Pb ve Cd konsantrasyonlarında azalma, Zn, Cu, Cr konsantrasyonlarında artış görülmektedir. Şener vd. (2014) tarafından yapılan Eğirdir Gölü dip sedimanlarındaki ağır metal analiz sonuçlarında Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, ve Zn elementleri tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlara göre göl dip sedimanlarının havza içerisindeki kirleticilerden olumsuz yönde etkilendiği şeklinde yorumlanmıştır. Mevcut çalışmamızla Cd sonuçları benzerlik gösterirken Cr, Cu ve Zn miktarlarında azalma görülmüştür. Şener ve Şener (2015) Kovada Gölü dip sedimanından tespit ettikleri konsantrasyonlar bazında zenginleşme faktörü kullanarak sediman kirliliği değerlendirmesi yapmışlardır. Sedimanda ortalama ağır metal birikim düzeyleri Mn>Ni>Zn>Cu>Pb>As>Co>Fe şeklinde sıralanmış, Fe, Co ve Pb değerleri genel olarak ortalama şeyl değerinin altında iken Cu, Zn, Ni, Mn ve As değerlerinin ortalama şeyl değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışmamızda farklı olarak bakır ve çinko Y.K.O (yer kabuğu ortalamaları) değerlerinin altında kalmış ve kurşuna hiç rastlanmamıştır. Akköz ve Çağlar (2016) Suğla Gölü sedimanında ağır metal konsantrasyonlarının mevsimler arasında istatistiksel olarak farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir. Mevcut çalışmamızda olduğu gibi sedimandaki birikim kış aylarında daha

fazla tespit edilmiştir. Sedimanda ağır metal konsantrasyonlarının kabul edilebilir limitler alında kaldığı ve risk oluşturmadığı yazarlar tarafından bildirilmiştir.

4.3.3. Balık Dokusunda Ağır Metal Konsantrasyonları (mg/kg)

Tez çalışmasının yürütüldüğü göllerden kurak ve yağışlı dönemlerden 15'er adet olmak üzere yerel balıkçılardan satın alınan toplam 210 *Carassius gibelio* bireylerinden elde edilen balık kas dokusu ve sindirim kanalı numunelerinin ağır metal analizleri yapılmıştır. *Carassius gibelio* bireylerinin kas dokusunda mg/kg olarak belirlenen ağır metal düzeylerinin en düşük, en yüksek konsantrasyonları ve ortalama verileri sırasıyla Tablo 4.21' de verilmiştir.

Tablo 4.21. Göllerden temin edilen *Carassius gibelio* bireylerinde kas dokusundan belirlenen ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

		Pb	Cd	Cr	Cu	Zn
Beyşehir Gölü	E.Y- E.D	ALA -1,60	ALA -0,01	ALA -0,98	ALA -4,17	2,00-13,62
	Ortalama± std	0,32±0,44	ALA	0,09±0,2	0,52±0,83	6,88±2,52
Eğirdir Gölü	E.Y- E.D	0,02-1,96	ALA	ALA -0,38	ALA -1,40	5,96-27,45
	Ortalama± std	0,88±0,61	ALA	0,08±0,10	0,46±0,46	12,64±4,36
Çivril Gölü	E.Y- E.D	ALA -2,40	ALA -0,01	ALA -0,7	ALA -2,94	2,45-16,67
	Ortalama± std	1,16±0,79	ALA	0,12±0,15	0,53±0,65	6,52±3,30
Suğla Gölü	E.Y- E.D	ALA -2,31	ALA -0,03	ALA -2,80	ALA -1,50	5,84-24,80
	Ortalama± std	1,05±0,89	ALA ±0,01	0,19±0,51	0,39±0,39	10,43±3,94
Karataş Gölü	E.Y- E.D	ALA -0,42	ALA	ALA	ALA -0,87	6,00-18,21
	Ortalama± std	0,08±0,10	ALA	ALA	0,13±0,21	10,10±2,39
Kovada Gölü	E.Y- E.D	ALA	ALA -0,01	ALA -3,59	ALA -1,22	3,88-8,80
	Ortalama± std	ALA	ALA	0,13±0,66	0,23±0,26	6,03±1,39
Gölhisar Gölü	E.Y- E.D	0,40-2,22	ALA -0,01	ALA -0,45	ALA -1,60	4,08-18,84
	Ortalama± std	1,27±0,72	ALA	0,13±0,14	0,49±0,47	9,51±3,44

Kas dokusu temin edilen *Carassius gibelio* bireylerinden aynı zamanda sindirim kanalına ait numuneler de analiz edilmiştir. Tespit edilen konsantrasyonlar Tablo 4.22'de sunulmuştur.

Tablo 4.22. Göllerden temin edilen *Carassius gibelio* bireylerinin sindirim kanalında belirlenen ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

		Pb	Cd	Cr	Cu	Zn
Beyşehir Gölü	Yağışlı	0,84	ALA	81,34	26,11	59,44
	Kurak	0,26	0,01	ALA	22,37	186,45
	Ortalama±std	0,55±0,41	0,01±0,01	40,67±57,5	24,24±2,65	122,95±89,8
Eğirdir Gölü	Yağışlı	0,15	0,28	30,71	13,38	25,87
	Kurak	0,60	ALA	ALA	11,20	108,00
	Ortalama±std	0,38±0,32	0,14±0,20	15,35±21,71	12,29±1,54	66,94±58,07
Çivril Gölü	Yağışlı	1,50	ALA	0,23	1,75	22,51
	Kurak	0,09	ALA	ALA	1,05	67,20
	Ortalama±std	0,80±1,00	ALA	0,12±0,16	1,40±0,49	44,86±31,60
Suğla Gölü	Yağışlı	ALA	ALA	0,07	0,74	36,27
	Kurak	0,06	ALA	ALA	2,98	185,30
	Ortalama±std	0,03±0,04	ALA	0,04±0,05	1,86±1,58	110,79±105,38
Karataş Gölü	Yağışlı	0,14	0,21	ALA	1,61	110,51
	Kurak	ALA	0,35	ALA	3,05	180,23
	Ortalama±std	0,07±0,10	0,28±0,10	ALA	2,33±1,02	145,37±49,30
Kovada Gölü	Yağışlı	ALA	2,51	0,59	2,27	62,59
	Kurak	0,17	ALA	ALA	1,74	201,65
	Ortalama±std	0,09±0,12	1,26±1,77	0,30±0,42	2,01±0,37	132,12±98,33
Gölhisar Gölü	Yağışlı	ALA	ALA	0,92	28,29	42,71
	Kurak	0,36	ALA	ALA	3,47	138,93
	Ortalama±std	0,18±0,25	ALA	0,46±0,65	15,88±17,55	90,82±68,04

Carassius gibelio bireylerine ait sindirim kanalında belirlenen ortalama kurşun, krom ve bakır konsantrasyonlarında en yüksek değer Beyşehir Gölü bireylerine, ortalama kadmiyum ve çinko konsantrasyonlarında en yüksek değer Karataş Gölü bireylerine aittir. Bakır ve çinkoya tüm örneklem dönemlerinde rastlanırken, kadmiyum ve krom yalnızca yağışlı dönem numunelerinde değer göstermiştir (Tablo 4.22). Bu durum kas dokusundaki element birikimi ile benzerlik göstermektedir.

4.3.3.1. Balık Dokusunda Kurşun Konsantrasyonları (mg/kg)

Analiz sonuçlarına göre *Carassius gibelio* bireylerine ait kas dokusunda Pb yoğunluğu en yüksek 2,40 mg/kg değerle 2019'un yağışlı döneminde Çivril bireylerinde belirlenmiştir.

Kurşun elementi Eğirdir, Suğla ve Gölhisar göllerinde tüm bireylerin kas dokusunda bulunurken, Çivril Gölü bireylerinin %86,6'sında, Beyşehir ve Karataş göllerinin her ikisinde de bireylerin %76,6'sında tespit edilmiştir. Kovada Gölü'nden her iki dönem bireylerinde de kurşun konsantrasyonları tespit edilmemiştir. Çalışma alanını oluşturan göllerde yaşamlarını sürdüren *Carassius gibelio* bireylerinde tespit edilen ortalama Pb değerleri daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen veriler ve izin verilen resmi değerler Tablo 4.23'de sunulmuştur.

Carassius gibelio kas dokusu analizleri sonucu tespit edilen Pb konsantrasyonları WHO, EPA, EU, TFC yönergelerinde bulunan limit Pb değerleri ile karşılaştırılmıştır. Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla ve Gölhisar göllerinde tespit edilen ortalama Kurşun konsantrasyonlarının söz konusu kuruluşlar tarafından belirlenen limitleri aştığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.23. *Carassius gibelio* kas dokusunda tespit edilen ortalama kurşun düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi değerlerle karşılaştırılması (mg/kg)

Doku	Pb	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	0,32±0,44	Mevcut Çalışma	ICP-OES;ww
Eğirdir Gölü	0,88±0,61		
Çivril Gölü	1,16±0,79		
Suğla Gölü	1,05±0,89		
Karataş Gölü	0,08±0,10		
Kovada Gölü	0±0,01		
Gölhisar Gölü	1,27±0,72		
Beyşehir Gölü	2,51	Özparlak vd. (2012)	AAS;ww
Eğirdir Gölü	0,071	Bulut (2015)	ICP-MS;dw
Suğla Gölü	15,8	Özparlak vd. (2016)	AAS;ww
Hutovo Blato (Bosna ve Herzigova)	0,1 ± 0,004	Has-Schön vd. (2008)	AAS;dw
Anzali Lagun Gölü, İran	1,3±0,5	Ebrahimpour vd. (2011)	
Ečka Balık çiftliği, Sırbistan	ALA	Skoric vd. (2012)	ICP-OES;dw
Amur Nehri (Rusya)	ALA- 0,210	Syasina vd.(2012)	ICP-MS;ww
Gruz˘a Reservoir, Sırbistan	0,437±0,287	Miloškovic´, vd. (2013)	ICP-OES;dw
Marmara Gölü	0,17	Yabanlı vd. (2014)	ICP-MS;ww
Porsuk Çayı	0,12±0,05	Köse vd. (2015)	ICP-OES; dw
Hanian Kömür Alanı	1,76	Lu vd. (2017)	ICP-MS;dw
Keban Baraj Gölü	0,380 ± 0,023	Kaya ve Türkoğlu (2018)	ICP-MS;ww
Bursa DAAT	1,046±0,784	Katip (2019)	ICP-OES; ww
Sakarya Nehri ve Baraj Gölleri	ALA	Köse vd. (2020)	AAS;dw
Sarıyar			
Gökçekaya			
Yenice			
Limit Değerler	0,3	TFC (2011)	
	0,05	WHO (1996)	
	0,3	EC (2006)	
	0,2	FAO (2003)	

*ww: yaş ağırlık **dw: kuru ağırlık

4.3.3.2. Balık Dokusunda Kadmiyum Konsantrasyonları (mg/kg)

Analiz sonuçlarına göre tüm göllerden alınan *Carassius gibelio* bireylerinde Cd yoğunluğu analiz limitlerinin altında ölçülmüştür. Çalışma alanınını oluşturan göllerde yaşamlarını sürdüren *Carassius gibelio* bireylerindeki ortalama Cd değerleri daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen ve izin verilen resmi konsantrasyon değerleri Tablo 4.24'de sunulmuştur.

Carassius gibelio kas dokusu analizleri sonucu tespit edilen Cd konsantrasyonları WHO, EC, EU, TFC, FAO ve MAFF yönergelerinde bulunan limit Cd değerleri ile karşılaştırılmıştır. Göllere ait bireylerde tespit edilen ortalama Cd konsantrasyonlarının söz konusu limitleri aşmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.24. *Carassius gibelio* kas dokusunda tespit edilen ortalama kadmiyum düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi değerlerle karşılaştırılması (mg/kg)

Doku	Cd	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	ALA	Mevcut Çalışma	ICP-OES;ww
Eğirdir Gölü	ALA		
Çivril Gölü	ALA		
Suğla Gölü	0±0,01		
Karataş Gölü	ALA		
Kovada Gölü	ALA		
Gölhisar Gölü	ALA		
Beyşehir Gölü	2,29	Özparlak vd. (2012)	AAS;ww
Eğirdir Gölü	0,064	Bulut (2015)	ICP-MS;dw
Suğla Gölü	3,47	Özparlak vd. (2016)	AAS;dw
Hutovo Blato (Bosna ve Herzigova)	0,01±0,002	Has-Schön vd. (2008)	AAS;dw
Anzali Lagun Gölü, İran	0,29±0,19	Ebrahimpour vd. (2011)	dw
Amur Nehri (Rusya)	ALA-0,078	Syasina vd. (2012)	ICP-MS;ww
Marmara Gölü	0,03	Yabanlı vd. (2014)	ICP-MS;ww
Hanian Kömür Alanı	0,06	Lu vd. (2017)	ICP-MS;dw
Keban Baraj Gölü	0,006±0,002	Kaya ve Türkoğlu (2018)	ICP-MS;ww
Bursa DAAT	0,229±0,264	Katip (2019)	ICP-OES; ww
Limit Değerler	0,5	TFC (2011)	
	0,5	WHO (1996)	
	0,05	EC (2006)	
	0,05	FAO (2003)	
	0,002	EU (2020)	
	0,2	MAFF (1995)	

*ww: yaş ağırlık **dw: kuru ağırlık

4.3.3.3. Balık Dokusunda Krom Konsantrasyonları (mg/kg)

Analiz sonuçlarına göre *Carassius gibelio* bireylerinde Cr yoğunluğu en yüksek 3,59 mg/kg değerle 2019'un kurak döneminde Kovada Gölü'nden belirlenmiştir.

Krom elementi Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla ve Gölhisar göllerinden yalnızca yağışlı döneme ait bireylerde, Kovada Gölü'nden ise tüm bireylerin %6'sında tespit edilmiştir. Karataş Gölü'ne ait bireylerde krom elementine her iki dönemde de rastlanmamıştır.

Çalışma alanını oluşturan göllerde yaşamlarını sürdüren *Carassius gibelio* bireylerindeki kas dokusunda tespit edilen ortalama Cr değerleri, daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen ve izin verilen resmi değerler Tablo 4.25'de sunulmuştur.

Carassius gibelio kas dokusu analizleri sonucu tespit edilen Cr konsantrasyonları WHO, FEPA ve EU yönergelerinde bulunan limit Cr değerleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm göllerde tespit edilen ortalama krom konsantrasyonlarının EU tarafından belirlenen limit Cr değerini aştığı görülmüştür.

Tablo 4.25. *Carassius gibelio* kas dokusunda ortalama krom düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması (mg/kg)

Doku	Cr	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	0,09±0,2	Mevcut Çalışma	ICP-OES;ww
Eğirdir Gölü	0,08±0,10		
Çivril Gölü	0,12±0,15		
Suğla Gölü	0,19±0,51		
Karataş Gölü	ALA		
Kovada Gölü	0,13±0,66		
Gölhisar Gölü	0,13±0,14		
Beyşehir Gölü	12,4	Özparlak vd. (2012)	AAS;ww
Eğirdir Gölü	0,127	Bulut (2015)	ICP-MS;dw
Anzali Lagun Gölü, İran	0,7±0,2	Ebrahimpour vd. (2011)	
Marmara Gölü	0,26	Yabanlı vd. (2014)	ICP-MS;ww
Porsuk Çayı	5,08±0,84	Köse vd. (2015)	ICP-OES; dw
Suğla	7,25	Özparlak vd. (2016)	AAS;dw
Hanian Kömür Alanı	6,21	Lu vd. (2017)	ICP-MS; dw
Keban Baraj Gölü	0,198±0,013	Kaya ve Türkoğlu (2018)	ICP-MS;ww
Bursa DAAT	0,420±0,399	Katip (2019)	ICP-OES; ww
Sakarya Nehri	43,03 ± 7,36	Köse vd. (2020)	AAS;dw
Sarıyar B.G.	29,00 ± 9,48		
Gökçekaya B.G.	7,13 ± 6,81		
Yenice B.G.	14,74 ± 9,07		

Tablo 4.25 (devamı). *Carassius gibelio* kas dokusunda ortalama krom düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması

	Cr	Kaynak	
Limit Değerler	0,15	WHO (1996)	
	0,15	FEPA (2003)	
	0,01	EU (2020)	

*ww: yaş ağırlık **dw: kuru ağırlık

4.3.3.4. Balık Dokusunda Bakır Konsantrasyonları (mg/kg)

Carassius gibelio bireylerinde Cu yoğunluğu en yüksek 4,17 mg/kg değerle 2019'un kurak döneminde Beyşehir bireylerinde belirlenmiştir. Bakır Çivril Gölü'nden tüm bireylerde bulunurken Kovada Gölü'nde bireylerin %83,3'ünde, Beyşehir Gölü'nde bireylerin 80 % inde, Eğirdir Gölü'nde bireylerin %70'inde, Karataş Gölü'nde bireylerin 56,6% 'sında tespit edilmiştir. Suğla Gölü'nden bakır yağışlı dönem bireylerinin hepsinde tespit edilirken kurak dönemde bireylerin %46,6'sında tespit edilmiştir. Gölhisar Gölü'nden yağışlı dönem bireylerinin hepsinde bakır tespit edilirken kurak dönemde bireylerin 60% 'ında tespit edilmiştir.

Çalışma alanını oluşturan göllerde yaşamlarını sürdüren *Carassius gibelio* bireylerinde ortalama Cu değerleri, daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen ve izin verilen resmi değerler Tablo 4.26'da sunulmuştur.

Carassius gibelio kas dokusu analizleri sonucu tespit edilen Cu konsantrasyonları WHO ve FAO yönergelerinde bulunan limit Cu değerleri ile karşılaştırılmıştır. Göllere ait bireylerde tespit edilen ortalama Cu konsantrasyonlarının söz konusu limitleri aşmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.26. *Carassius gibelio* kas dokusunda ortalama bakır düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması (mg/kg)

Doku	Cu	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	0,52±0,83	Mevcut Çalışma	ICP-OES;ww
Eğirdir Gölü	0,46±0,46		
Çivril Gölü	0,53±0,65		
Suğla Gölü	0,39±0,39		
Karataş Gölü	0,13±0,21		
Kovada Gölü	0,23±0,26		
Gölhisar Gölü	0,49±0,47		
Beyşehir Gölü	2,35	Özparlak vd. (2012)	AAS;ww
Eğirdir Gölü	0,549	Bulut (2015)	ICP-MS;dw
Anzali Lagun Gölü, İran	7,4±1,1	Ebrahimpour vd. (2011)	
Ečka Balık çiftliği, Sırbistan	1,33±3,08	Skoric vd. (2012)	ICP-OES;dw
Amur Nehri (Rusya)	0,001-24,96	Syasina vd. (2012)	ICP-MS;ww
Gruz˘a Reservoir, Sırbistan	0,877±286	Miloškovic´, vd. (2013)	ICP-OES;dw
Marmara Gölü	0,60	Yabanlı vd. (2014)	ICP-MS;ww
Porsuk Çayı	5,78±0,31	Köse vd. (2015)	ICP-OES; dw
Hanian Kömür Alanı	1,61	Lu vd. (2017)	
Bursa DAAT	0,777±0,563	Katip (2019)	ICP-OES; ww
Sakarya Nehri	1,93 ± 2,71	Köse vd. (2020)	AAS;dw
Sarıyar B.G.	1,93 ± 2,71		
Gökçekaya B.G.	1,44 ± 0,70		
Yenice B.G.	2,25 ± 1,25		
Limit Değerler	10	FAO (2003)	
	30	WHO (1996)	
	1,0	EU (2001)	

*ww: yaş ağırlık **dw: kuru ağırlık

4.3.3.5. Balık Dokusunda Çinko Konsantrasyonları (mg/kg)

Carassius gibelio bireylerinde Zn yoğunluğu en yüksek 27,45 mg/kg değerle 2019'un kurak döneminde Eğirdir Gölü bireylerinde belirlenmiştir. Çalışma alanını oluşturan göllerde yaşamlarını sürdüren *Carassius gibelio* bireylerinde ortalama Zn değerleri, daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen ve izin verilen resmi değerler Tablo 4.27'de sunulmuştur.

Çinko elementi, Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş Kovada ve Gölhisar göllerinden elde tüm bireylerin kas dokusunda tespit edilmiştir. Çinko; tüm göllerde ortalaması en yüksek elementtir ve en fazla sayıda bireyde tespit edilmiştir.

Carassius gibelio kas dokusu analizleri sonucu tespit edilen Zn konsantrasyonları FAO ve WHO yönergelerinde bulunan limit Zn değerleri ile karşılaştırılmıştır. Göllere ait

bireylerde tespit edilen ortalama Zn konsantrasyonlarının söz konusu limitleri aşmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.27. *Carassius gibelio* kas dokusunda ortalama çinko düzeylerinin diğer çalışmalar ve resmi limitlerle karşılaştırılması (mg/kg)

Doku	Zn	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	6,88±2,52	Mevcut Çalışma	ICP-OES;ww
Eğirdir Gölü	12,64±4,36		
Çivril Gölü	6,52±3,30		
Suğla Gölü	10,43±3,94		
Karataş Gölü	10,10±2,39		
Kovada Gölü	6,03±1,39		
Gölhisar Gölü	9,51±3,44		
Beyşehir Gölü	13,98	Özparlak vd. (2012)	AAS;ww
Eğirdir Gölü	11,183	Bulut (2015)	ICP-MS;dw
Suğla Gölü	9,29	Özparlak vd. (2016)	AAS;dw
Ečka Balık çiftliği, Sırbistan	40,26±7,51	Skoric vd. (2012)	ICP-OES;dw
Amur Nehri (Rusya)	4,84-45,35	Syasina vd. (2012)	ICP-MS;ww
Porsuk Çayı	71,31±3,66	Köse vd. (2015)	ICP-OES; dw
Hanian Kömür Alanı	12,80	Lu vd. (2017)	dw
Bursa DAAT	9,453 ±3,10	Katip (2019)	ICP-OES; ww
Sarıyar B.G	16.84 ± 3.40	Köse vd. (2020)	AAS;dw
Gökçekaya B.G.	24.03 ± 8.92		
Yenice B.G.	58.75 ± 19.19		
Limit Değerler	30	FAO (1983)	
	40	WHO (1996)	

*ww: yaş ağırlık **dw: kuru ağırlık

Carassius gibelio dokularında ağır metal konsantrasyonları ile ilişkili daha önce yapılan çalışmalar bir arada değerlendirildiğinde, *Carassius gibelio* örneklerinde en yüksek konsantrasyon solungaç ve karaciğer dokularında tespit edilirken, kas dokusunda diğer iki dokuya oranla daha düşük konsantrasyonlar tespit edilmiştir (Lu vd.,2017; Köse vd., 2020). Tespit edilen konsantrasyonlarda lokalitelere ve mevsimlere bağlı değişimler değerlendirilirken, yöntem ve cihaz ölçümünden kaynanklanan farklılıklar olduğu da göz önüne alınmalıdır.

Tablo 4.28. *Carassius gibelio* kas dokusunda ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) ile ilişkili çalışmalar

Doku	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Kaynak	Yöntem
Beyşehir Gölü	0,32±0,44	ALA	0,09±0,2	0,52±0,83	2,99 ± 6,56	Mevcut Çalışma	ICP-OES;ww
Eğirdir Gölü	0,88±0,61	ALA	0,08±0,10	0,46±0,46	6,91 ± 12,02		
Çivril Gölü	1,16±0,79	ALA	0,12±0,15	0,53±0,65	8,75 ± 13,51		
Suğla Gölü	1,05±0,89	0±0,01	0,19±0,51	0,39±0,39	1,24 ± 2,07		
Karataş Gölü	0,08±0,10	ALA	ALA	0,13±0,21	10,22 ± 15,84		
Kovada Gölü	0±0,01	ALA	0,13±0,66	0,23±0,26	2,71±4,25		
Gölhisar Gölü	1,27±0,72	ALA	0,13±0,14	0,49±0,47	6,63 ± 15,24		
Beyşehir Gölü	2,51	2,29	12,4	2,35	13,98	Özparlak vd. (2012)	AAS;ww
Eğirdir Gölü	0,071	0,064	0,127	0,549	11,183	Bulut (2015)	ICP-MS;dw
Suğla Gölü	15,8	3,47	7,25	-	9,29	Özparlak vd. (2016)	AAS;ww
Hutovo Blato (Bosna ve Herzigova)	0,1 ± 0,004	0,01	-	-	-	Has-Schön vd. (2008)	AAS;dw
Anzali Lagun Gölü, İran	1,3±0,5	0,29	0,7	7,4	-	Ebrahimpour vd. (2011)	
Ečka Balık çiftliği, Sırbistan	ALA	-	-	1,33	40,26	Skoric vd. (2012)	ICP-OES;dw
Amur Nehri (Rusya)	ALA- 0,210	ALA-0,078	-	0,001	4,84	Syasina vd. (2012)	ICP-MS;ww
Gruz˘a Reservoir, Sırbistan	0,437±0,287	-	-	0,877	-	Miloškovic´ vd. (2013)	ICP-OES;dw
Marmara Gölü	0,17	0,03	0,26	0,60	-	Yabanlı vd. (2014)	ICP-MS;ww
Porsuk Çayı	0,12±0,05	-	5,08	5,78	71,31	Köse vd. (2015)	ICP-OES; dw
Hanian Kömür Alanı	1,76	0,06	6,21	1,61	12,80	Lu vd. (2017)	ICP-MS;dw
Keban Baraj Gölü	0,380 ± 0,023	0,006	0,198	-	-	Kaya ve Türkoğlu (2018)	ICP-MS;ww
Bursa DAAT	1,046±0,784	0,229	0,420	0,777	9,453	Katip (2019)	ICP-OES; ww
Sarıyar Baraj Gölü	ALA	-	29,00	1,93	16,84	Köse vd. (2020)	AAS;dw
Gökçekaya Baraj Gölü			7,13	1,44	24,03		
Yenice Baraj Gölü			14,74	2,25	58,75		

Pb konsantrasyonları bakımından Özparlak vd., (2012) Beyşehir Gölü'nde ve Özparlak vd., (2016) Suğla Gölü'nde yaşayan *Carassius gibelio* örneklerinin kas dokusunda yapmış oldukları ağır metal konsantrasyon sonuçları ile mevcut çalışmamıza ait sonuçlar karşılaştırıldığında düşüş gözlenirken, Eğirdir Gölü verilerine (Bulut, 2015) göre yükselmiştir. Mevcut çalışmamızda en yüksek Pb ortalaması Gölhisar Gölü bireylerinden en düşük Karataş Gölü bireylerinden elde edilmiştir. Tablo 4.28 incelendiğinde *Carassius gibelio* bireylerinin kas dokusunda belirlenen en yüksek Pb değeri Hanian Kömür Alanı sulak alanlarından elde edilen bireylerde rastlanmıştır (Lu vd., 2017). Madencilik aktivitelerinin sulak alanlarda ağır metal kirliğine neden olabileceği bildirilmiştir.

Çalışmamız sonuçlarına göre Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Gölhisar bireylerinde tespit edilen Pb konsantrasyonları ulusal ve uluslar arası limitleri aşmaktadır.

Pb oldukça zehirli olan ağır metaller arasındadır ve inorganik formları su ya da gıda ile alındığında veya solunduğunda absorbe edilir. En ciddi toksisitesi teratojenik etkisidir. Pb zehirlenmesi ayrıca hemoglobin sentezinin inhibisyonuna, böbreklerde, eklemlerde, üreme sisteminde, kardiyovasküler sistemde işlev bozukluklarına ve sinir sisteminde kronik hasara neden olur (Wani vd., 2015; Hong vd.,2020; Kumar vd.,2020).

Özparlak vd., (2012) Beyşehir Gölü'nde, Bulut (2015) Eğirdir Gölü'nde ve Özparlak vd., (2016) tarafından Suğla Gölü'nde yaşayan *Carassius gibelio* örneklerinin kas dokusunda ortalama Cd konsantrasyonları 2,29 mg/kg; 0,06 mg/kg; 43,47 mg/kg olarak tespit edilirken, mevcut çalışmamızda Cd konsantrasyonları analiz limitleri altında kalmıştır. Tablo 4.28 incelendiğinde *Carassius gibelio* bireylerinin kas dokusunda belirlenen en yüksek Cd değeri Suğla Gölü (Özparlak vd., 2016) ve Bursa Doğu Atıksu Arıtma Tesisleri (Katip, 2019) elde edilen bireylerde ve her iki çalışmada da bu konsantrasyonların limit değerleri aştığı bildirilmiştir.

Kadmiyum oldukça düşük seviyelerde dahi toksiktir. İnsanlarda uzun süreli maruz kalma böbrek fonksiyon bozukluğuna, yüksek oranlarda maruziyet obstrüktif akciğer hastalığına, kadmiyum pnömonisine, kemik anomalilerine yol açabilir (Rahimzadeh vd., 2017).

Krom konsantrasyonları bakımından, Beyşehir, Eğirdir ve Suğla göllerinde yaşayan *Carassius gibelio* örneklerinin kas dokusunda yapılmış ağır metal konsantrasyonlarına ait önceki sonuçlar (Özparlak vd., 2012; Bulut, 2015; Özparlak vd., 2016) ve mevcut çalışmamıza ait sonuçlar karşılaştırıldığında bir düşüş gözlenmektedir. Mevcut çalışmamızda en yüksek Cr ortalaması Suğla Gölü bireylerinden en düşük Eğirdir Gölü bireylerinden elde edilmiştir. Tablo 4.28 incelendiğinde *Carassius gibelio* bireylerinin kas

dokusunda belirlenen en yüksek Cr değeri Köse vd. (2020) tarafından Sarıyar Baraj Gölü'nden elde edilen bireylerde rastlanmıştır ve aynı çalışmada Cr konsantrasyonları sedimanda limit değerlerinin üzerinde gözlenmiştir.

Krom doğal ve antropolojik kaynaklı olarak sulara karışabilmektedir. Balıklarda krom toksititesi nadir görülse de özellikle biyokimyasal/enzimolojik tepkimeler ve bağışıklık üzerinde sınırlayıcı etkiye sahiptir (Aslam ve Yousafzai, 2017).

Mevcut çalışmamızda analiz edilen *Carassius gibelio* kas dokusundan Cu konsantrasyonları ile Özparlak vd. (2012), Beyşehir Gölü'nden ve Bulut (2015), Eğirdir Gölü'nden elde edilen değerler karşılaştırıldığında daha düşük konsantrasyonlar tespit edilmiştir. Tablo 4.28 incelendiğinde *Carassius gibelio* kas dokusunda belirlenen en yüksek Cu değeri Anzali Lagun Gölü (İran) bireylerinde (7,4 mg/kg) bulunmuştur. Mevcut çalışmamızda en düşük bakır ortalaması Karataş Gölü bireylerinden en yüksek ortalama Çivril Gölü bireylerinden elde edilmiştir.

Bakır, organizmalar için temel elementlerden biri olarak enzimatik süreçlerde önemli rol oynar ve hemoglobin sentezi için gereklidir. Ancak çok yüksek miktarlarda alımı sağlık sorunlarına neden olabilir (Hefnawy ve El-Khaiat, 2015).

Özparlak vd. (2012), Beyşehir Gölü'nde, Bulut (2015), Eğirdir Gölü'nde ve Özparlak vd. (2016), tarafından Suğla Gölü'nde yaşayan *Carassius gibelio* örneklerinin kas dokusunda Zn ortalama konsantrasyonlarını mevcut çalışmamızda analiz edilen *Carassius gibelio* kas dokusunda Zn konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında değerlerde düşüş görülmektedir. Çalışmamızda en yüksek Zn ortalaması Karataş Gölü bireylerinden, en düşük ise Eğirdir bireylerinden elde edilmiştir. Tablo 4.27 incelendiğinde *Carassius gibelio* kas dokusunda belirlenen en yüksek Zn değeri Köse vd. (2015), Porsuk Çayı ve Köse vd. (2020) tarafından Yenice Baraj Gölü'nden elde edilen bireylerde rastlanmıştır. Çalışmacılar bu değerleri Türk Gıda Kodeksi ve FAO tarafından belirlenen limitlerden yüksek olduğunu bildirmişlerdir (Köse vd., 2015; Köse vd., 2020).

Çinko (Zn) doğada en bol bulunan metallerden biridir ve organizmalar için önemli bir iz elementidir ancak sucul ekosistemdeki aşırı miktarlarında Zn, sucul organizmaların normal biyolojik metabolizmasında bozulmaya neden olur (Hogstrand, 2011).

Mevcut çalışmanın konusunu oluşturan göllerden elde edilen çeşitli balık türlerine ait farklı dokularda ağır metal tespiti ile ilgili önceki yıllarda yapılmış çalışmalar mevcuttur. Altındağ ve Yiğit (2005), Beyşehir Gölü'nde *Leuciscus cephalus, Cyprinus carpio, S. lucioperca* ve *Tinca tinca* dokularında ağır metal konsantrasyonlarını belirlemek için AAS yöntemini kullanmış ve bu ağır metallerin konsantrasyon sıralamasını kas ve

solungaç dokularında sudak balığı için Pb>Cd>Cr>Hg olarak diğer balık türlerinde ise Cd > Pb > Cr > Hg şeklinde tespit etmişlerdir. Besin ağı bağlamında bakılıdığında kosantrasyonlar su> plankton> sediman> balık doku şeklinde sıralanmaktadır. Yiğit ve Altındağ (2006) Eğirdir Gölü *Ctenopharyngodon idella* bireylerinde ve plankton örneklerinde AAS yöntemi ile ağır metal konsantrasyonlarını planktonda Pb>Cd>Cr>Hg ve balık kasında Cd>Cr>Pb>Hg şeklinde bildirmişlerdir. Balık dokularındaki ağır metal konsantrasyonlarının insan tüketimi için izin verilen maksimum seviyenin üzerinde olduğu araştıramacılar tarafından bildirilmiştir. Mevcut çalışmamızdaki *Carassius gibelio* dokusu ile karşılaştırıldığında kas dokuda en az biriken Cd elementi; *C. idella'*da en fazladır. Kır vd. (2006), Karataş Gölü'nden elde ettikleri *Scardinius erythrophthalmus* bireylerinde kas, karaciğer ve solungaç dokularından AAS yöntemi ile Fe, Zn, Mn, Cr, Pb ve Cd, ağır metallerine ait konsantrasyonları tespit etmeye yönelik çalışmalarının sonuçlarında Cr, Pb ve Cd konsantrasyonları tespit limitinin altında kalırken, kas dokuda en fazla Zn elementi tespit edilmiştir. Zn konsantrasyonları 5,70-17,31 mg/kg arasındadır. Bu sonuçlar mevcut çalışmamızdaki *Carassius gibelio* kas dokusundan en fazla birikim gösteren elementin çinko olması ile uyum göstermektedir. Tekin Özan ve Kır (2007), Kovada Gölü'nden *Sander lucioperca* ve *Carassius carassius* bireylerine ait üç farklı dokuda (kas, karaciğer ve solungaç) Cu, Fe, Zn ve Mn ağır metallerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarında AAS yöntemi kullanarak tespit ettikleri element birikim sıralamaları *Sander lucioperca* için kas dokusunda Fe>Zn ve *Carassius carassius* için kas dokusunda Zn>Fe şeklindedir. Cu ve Mn her iki balıkta da analiz limitleri altında kalmıştır. Ağır metal konsantrasyonlarının ilkbahar ve yaz aylarında daha yüksek, sonbahar ve kış aylarında daha düşük olduğu ve balık kasında tespit edilen Cu, Fe, Zn ve Mn ortalama konsantrasyonlarının izin verilen FAO limitlerinin altında olduğu bildirilmiştir. Özparlak vd. (2012), Beyşehir Gölü'ndeki *Carassius gibelio, Phoxinellus anatolicus, Gobio gobio microlepidotus, Scardinius erythrophthalmus, Alburnus akili, Sander lucioperca, Cyprinus carpio, Tinca tinca ve Leuciscus lepidus* balık türlerinin kas dokusunda ağır metal konsantrasyonlarını AAS yöntemi ile belirleyerek limit PTWI değerleri ve FAO/WHO limitleri ile karşılatırmışlardır. *A. akili* bireyleri en yüksek ağır metal konsantrasyonlarını taşırken, tüm balık türlerinin kas dokusundaki Pb ve Cd konsantrasyonları, ulusal ve uluslararası kılavuzların limit seviyelerini aştığı, ancak FAO / WHO tarafından belirlenen PTWI değerlerlinin altında kalmış olduğu bildirilmiştir. Örneklerdeki Ni, Cr ve Mn konsantrasyonları kılavuzların limit değerlerinden daha yüksek iken, Zn, Cu ve Fe seviyeleri kılavuzların ve PTWI sınırlarının altındadır. Çalışmamız ile ortak tür olan

Carassius gibelio için en yüksek birikim gösteren element ortalama 275,59 mg/kg ile K iken, ortak ağır metallerden en fazla biriken 12,40 mg/kg ile kromdur.

Tekin Özan ve Aktan (2012), Çivril Gölü'nden *Cyprinus carpio* bireylerinin kas, karaciğer ve solungaçlarındaki Ba, As, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn düzeylerinin mevsimsel değişiminin incelenmesi, doku ve organlarındaki metal miktarları ile toplam balık boyu ve ağırlığı arasındaki ilişkinin belirlenmesi çalışmasında ağır metallerin analizi için ICP-AES yöntemini kullanarak *Cyprinus carpio* bireyleri dokularında en fazla biriken elementin Zn, en az ise Cd olduğu bildirilmiştir. Bu durum mevcut çalışmamızla uyum göstermektedir. Tüm dokularda As ve Zn konsantrasyonları TSE (1997)'ye ait limit değerlerini, Cd konsantrasyonlarının ise EC (2006) limitlerini aştığı bildirilmiştir. Mevcut çalışmamızda Cd analiz limitlerinin altında kalmıştır. Akköz ve Çağlar (2013) Suğla Gölü'nden temin ettikleri *Cyprinus carpio* ve *Phoxinellus anatolicus* balık dokularında yürüttükleri ağır metal çalışmalarında ICP-AES yöntemini kullanarak Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerini tespit etmiş, ağır metal konsantrasyonlarının mevsimler arasında istatistiksel olarak farklılık gösterdiğini bidirmişlerdir ($p<0,05$). *P. anatolicus* bireylerine ait kas dokusunda Cr ve Pb elementleri analiz limitlerinin atında kalırken, dokularda Cu (ort. 0,93 mg/kg) ve Zn (ort. 7,35 mg/kg) elementleri tespit edilmiştir. *Cyprinus carpio* kas dokusunda Pb elementi analiz limitleri altında kalırken, Cr (ort. 0,035 mg/kg) Cu (ort. 0,335 mg/kg) ve Zn (ort. 11,22 mg/kg) elelmentleri tespit edilmiştir. *Carassius gibelio* ile yaptığımız mevcut çalışmada kas dokusunda en fazla Zn elementinin birikmiş olması önceki çalışma ile benzerlik gösterirken, Pb birikiminin tespit edilmesi ise farklılık yaratmaktadır. Cd ise her iki çalışmada da tespit edilmemiştir. Her iki balık türüne ait konsantrasyonlar EPA tarafından belirlenen limitler ile karşılaştırıldığında bu türlerin tüketilmesinde sakınca olmadığı yazar tarafından belirtilmiştir (Akköz ve Çağlar, 2013). Başyiğit ve Tekin Özan (2013), Karataş Gölü'nde yaşayan sudak balığı (*Sander lucioperca* L., 1758)'nın kas, karaciğer ve solungaçlarındaki Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, Se, Ni ve Zn konsantrasyonlarının ICP-AES yöntemi ile belirleme amaçlı çalışmalarının sonuçlarında sudak balığının tüm doku ve organlarında en fazla Fe elementi belirlenirken kas dokularında Pb düzeyi tüm numunelerde analiz limitinin altında kalmıştır. Pb mevcut çalışmamızda da Gibel Sazanı kas dokusunda tespit edilmemiştir. Çağlak ve Karslı (2014) tarafından Beyşehir Gölü sudak populasyonunda ICP-OES yöntemi ile Cd, Co, Pb, Ni, Cr, Cu, Fe, Al, Zn ve Mn ağır metallerinin konsantrasyonlarını mevsimsel olarak belirleyerek, elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası limit değerler açısından karşılaştırılmış, balık dokusunda en fazla biriken element Zn olarak tespit edilmiş, Pb ve Cd miktarlarının

tüketilebilir limitlerin üzerinde olduğunu, insan ve çevre sağlığı açısından dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Kaptan ve Tekin Özan (2014), Eğirdir Gölü su, sediman ve gölde yaşayan *Cyprinus carpio* bireylerinin kas, karaciğer ve solungaçlarında Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn konsantrasyonlarını belirlemek için ICP-AES yöntemini kullanmışlardır. Dokuda konsantrasyonlar en fazla Zn, en düşük Pb olarak tespit edilmiştir ve Cd miktarı Avrupa Birliği'nin, Fe miktarı Dünya Sağlık Örgütü'nün, Zn miktarı ise Dünya Sağlık Örgütü, Türk Standartları Enstitüsü ve Tarım ve Köy İşleri ve Bakanlığı'nın verdiği balık dokularında kabul edilebilir değerlerin üzerinde bulunmuştur. *Carassius gibelio* kas dokusu ile karşılaştırıldığında Zn, Cd, Cu, Cr konsantrasyonları daha az, kurşun ise daha fazla tespit edilmiştir.

Özparlak vd. (2016), Beyşehir ve Suğla göllerinden temin ettikleri *Phoxinellus anatolicus, Scardinius erythrophthalmus, Carassius gibelio, Sander lucioperca, Vimba vimba tenella, Capoeta capoeta, Tinca tinca* bireylerinin kas dokusunda Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını tespit çalışmalarında AAS yöntemini kullanmışlardır. Beyşehir Gölü'nde *P. anatolicus* bireylerinde en fazla Pb birikim gösterirken *S. erythrophthalmus ve T. tinca* bireylerinde Fe elementi birikimini en yüksek düzeyde, en az biriken ağır metali ise Co olarak tespit etmişlerdir. Dokularda Pb>Cr>Cd birikimi çalışmamızda incelenen *Carassius gibelio* doku sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Yazar tarafından Beyşehir Gölü'nde Cd, Cr, Ni ve Pb elementlerinin tüm türlere ait kas dokusunda ulusal ve uluslararası limitleri aştığı, çinko konsantrasyonlarının tüm bireylerde bu limitlerin altında kaldığı belirlenmiştir. Suğla Gölü'nde *P. anatolicus* ve *S. lucioperca* türlerinde en fazla biriken ağır metal kurşun olarak tespit edilirken, diğer 4 tür için demir olarak tespit edilmiştir. Cd ve Fe en yüksek değerleri *C. gibelio* türünde, Cr ve Pb elementleri *C. capoeta* bireylerinde, Co, Mn, Ni ve Zn elementlerinin en yüksek değeri *T.tinca* 'dan bildirilmiştir. Yazar tarafından Cd, Cr, Ni ve Pb elementlerinin Suğla Gölünde tüm türlere ait kas dokusunda ulusal ve uluslararası limitleri aştığı belirlenmiştir. Gülcü Gür ve Tekin Özan (2017b) tarafından Çivril Gölü'nde yaşayan turna balığı kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bazı ağır metallerin seviyelerinin belirlenmesi için ICP-AES yöntemi ile ağır metal analizleri yapılmış ve sonuçlara göre genellikle elementlerin en fazla karaciğerde, en az seviyede ise kaslarda biriktiği belirlenmiştir. Kas dokuda en fazla Zn, en az seviyede ise Cd birikim göstermiştir. Pb ve Cd yaz döneminde en yüksek seviyede tespit edilmiş ve bu konsantrasyonların ulusal limitleri (TFC) aştığı bildirilmiştir. Mevsimsel olarak belirlenen Pb ve Cr konsantrasyonlarının WHO tarafından belirlenen limitleri aştığı belirtilmiştir. *C. gibelio* ile yaptığımız mevcut çalışmada benzer şekilde kas

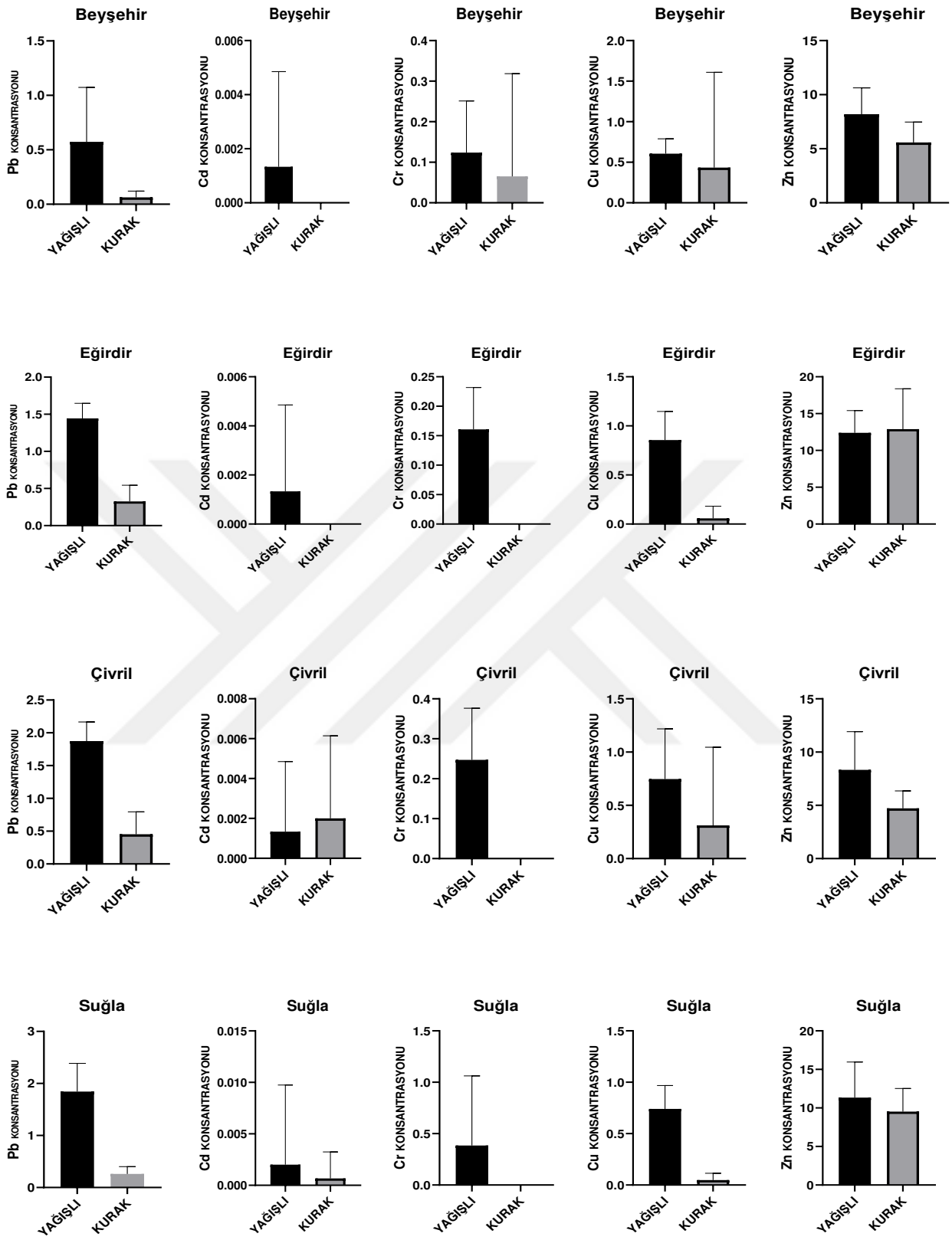
dokusunda en yüksek Zn tespit edilirken Cd elementi analiz limiştlerinin altında kalmıştır. Kurşun konsantrasyonlarının ulusal ve uluslararası kuruluşlara ait limitleri aştığı tespit edilmiştir.

4.4. İstatistiksel Analizler

Çalışma sonucunda tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının değişkenler ve birbirleri arasıdaki ilişkinin değerlendirilmesi amacı ile istatistiki analizler yapılmıştır.

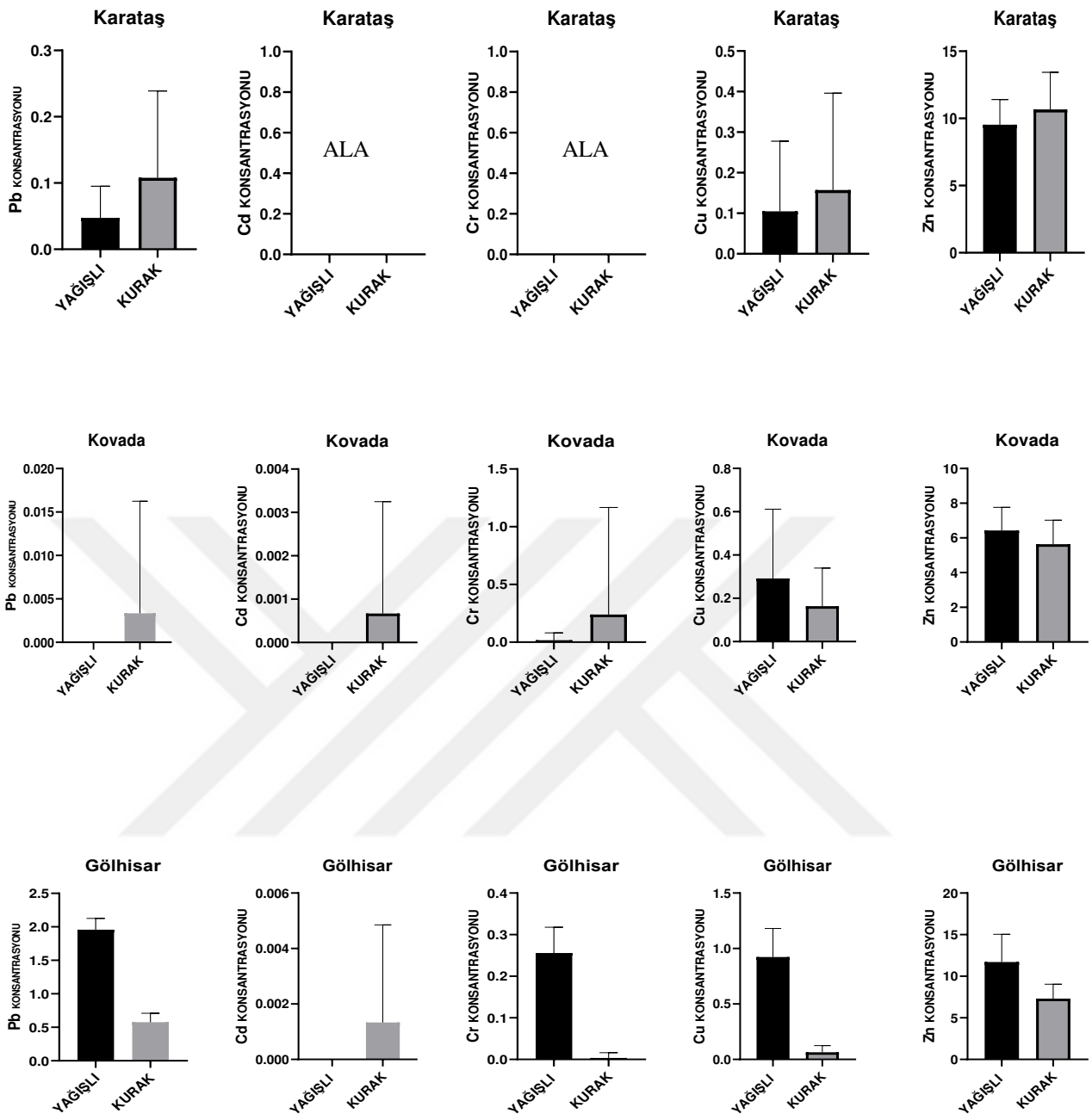
Yağışlı ve kurak dönemlerde alınan örneklerin ağır metal konsantrasyonları için göl bazında yapılan ikili karşılaştırmalarda t-testi yapılmıştır. Göller arası Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn konsantrasyonları bakımından istatistiki farkların belirlenmesi için tek yönlü varyans analizleri (ANOVA) uygulanmıştır. Testler %95'lik ($p<0,05$) anlam düzeyinde gerçekleştirilmiş ve analizler sonucunda önemli olduğu tespit edilen değerler istatistiksel açıdan yorumlanmıştır. Verilen grafiklerde standart sapma (Standard Deviation, SD) uygulanmıştır.

Carassius gibelio kas dokusunda kurak ve yağışlı dönem arasında kurşun konsantrasyonları bakımından Beyşehir Gölü'nde ($p<0.0005$) Eğirdir, Çivril, Suğla ve Gölhisar göllerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık varken ($p<0,0001$) Karataş ve Kovada göllerinde dönemler arası anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,1031$ ve $p>0,3259$). Tüm göllerden toplanan balık numunelerinde kadmiyum konsantrasyonları büyük oranda analiz limitleri altında kalmıştır (%94,3). Krom elementi bakımından Eğirdir, Çivril, Suğla, Gölhisar göllerinde kas doku konsantrasyonlarında dönemler arası istatistiki olarak anlamlı farklılıklar görülürken ($p<0,0001$), Beyşehir ve Kovada göllerinde fark yoktur ($P=0,4292$; 0,3613). Yağışlı ve kurak dönemde Eğirdir, Suğla ve Gölhisar göllerinden temin edilen balık örneklerinin kas dokusunda bakır konsantrasyonları bakımından istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık varken ($p<0,0001$) Beyşehir, Çivril, Karataş ve Kovada göllerinde herhangi bir farklılık bulunmamıştır (sırasıyla $p=0,5810$; 0,0633; 0,4946; 0,1832). Çinko konsantrasyonları bakımından Beyşehir, Çivril, Gölhisar göllerinde yağışlı ve kurak dönem numenleri arasında istatistiki olarak anlamlı fark var iken ($p=0,0028$; 0,0014; <0,0001); Eğirdir, Suğla, Karataş ve Kovada göllerinde fark yoktur ($p=0,0028$;0,7544;0,2116; 0,1941; 0,1210).



*ALA: Analiz Limitlerinin Altında.

Şekil 4.1. *Carassius gibelio* kas dokusunda belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının (mg/kg) göllere göre yağışlı ve kurak dönemlere ait dağılım grafikleri

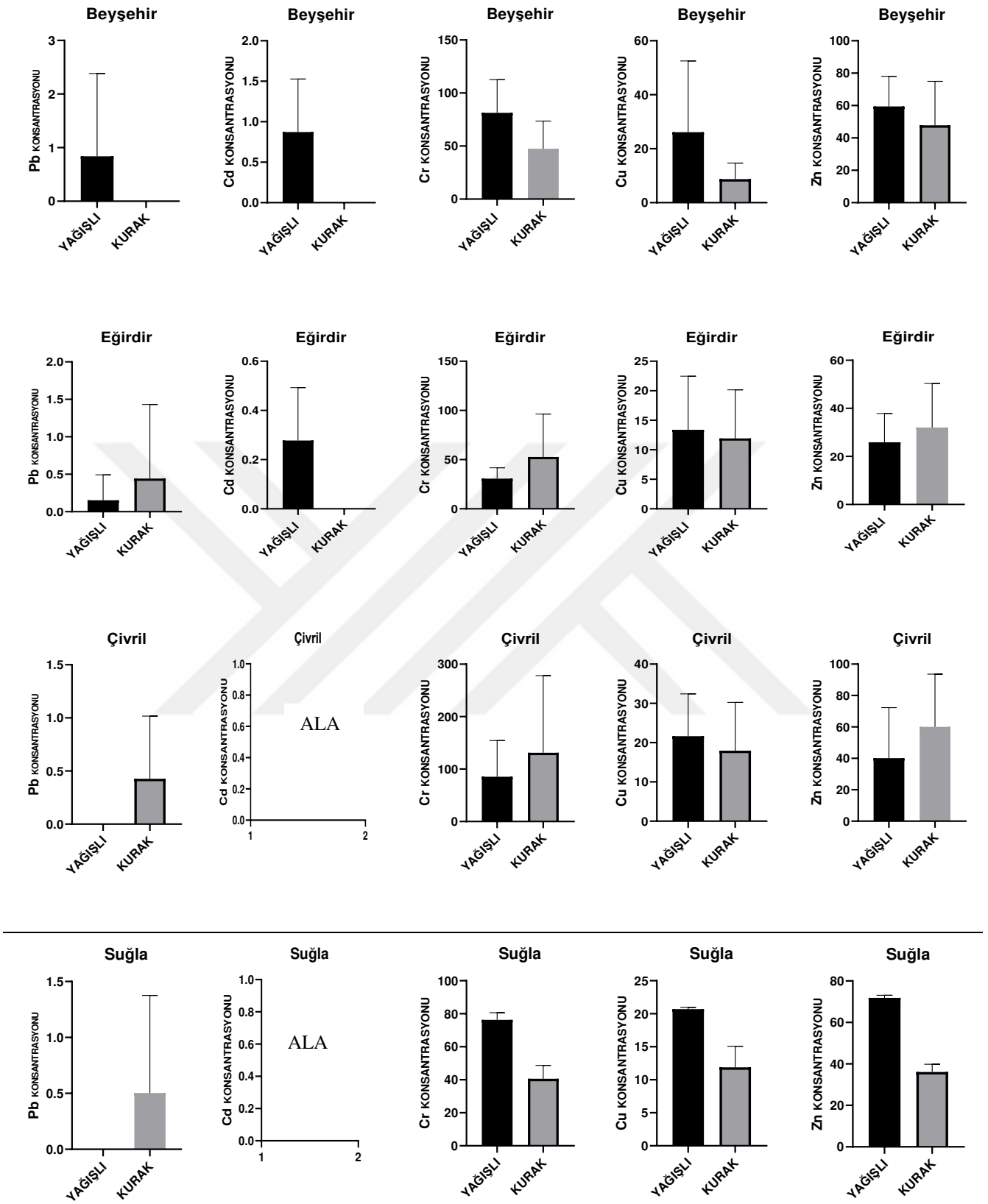


*ALA: Analiz Limitlerinin Altında.

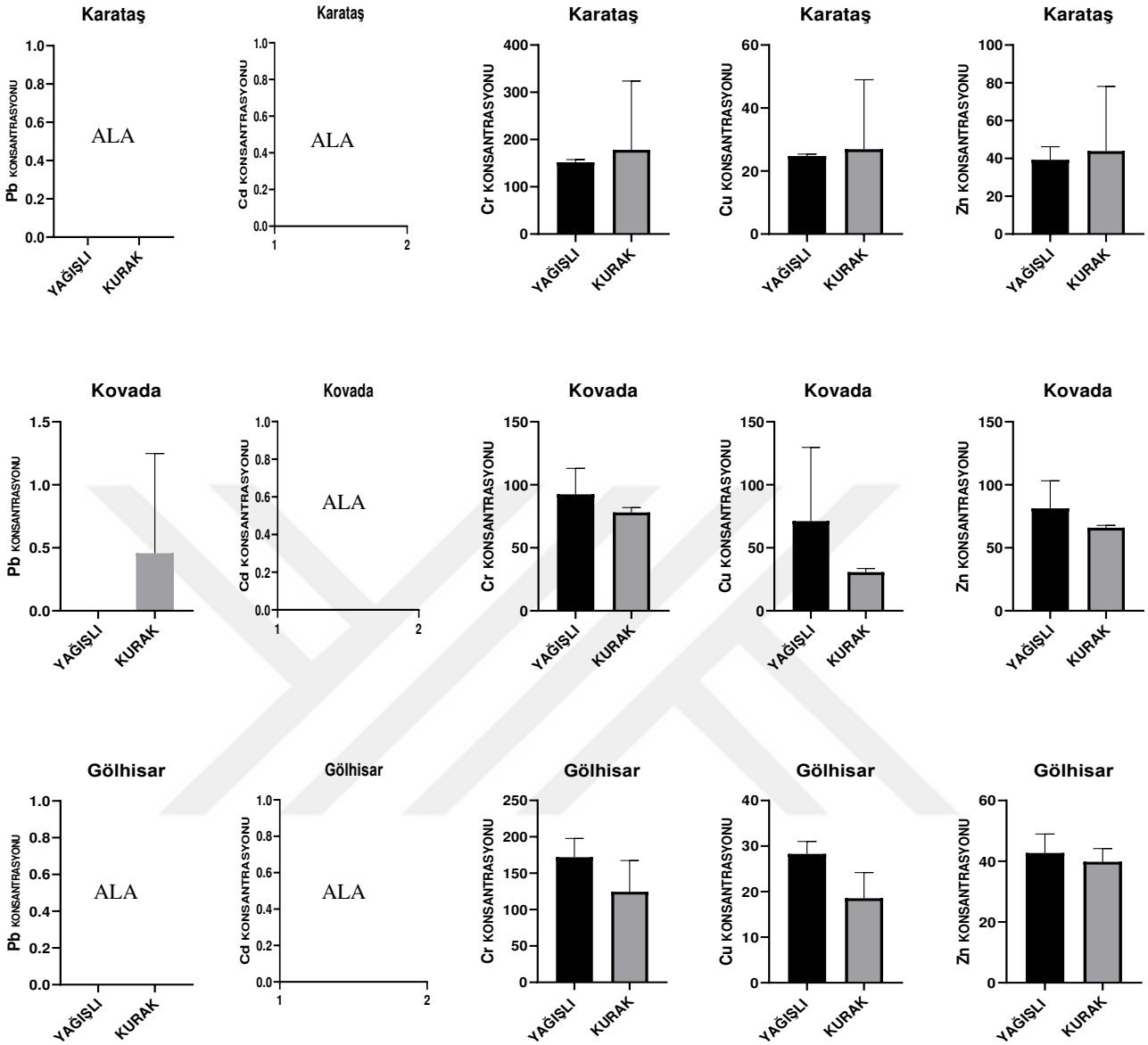
Şekil 4.1. *Carassius gibelio* kas dokusunda belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının (mg/kg) göllere göre yağışlı ve kurak dönemlere ait dağılım grafikleri (devamı)

Yağışlı ve kurak dönemlerde alınan sediman numunelerinin analiz sonuçlarında elde edilen ağır metal konsantrasyonlarına ait değerler Pb, Cd, Cr, Cu, Zn konsantrasyonları bakımından istatistiki olarak t-testi ile değerlendirilmiştir (Şekil 4.2). Kurşun konsantrasyonları bakımından Karataş ve Gölhisar göllerinde konsantrasyonlar analiz limitleri altında kalırken, Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla ve Kovada göllerinde

kurak ve yağışlı dönem arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık görülmemiştir. (p=0,2600; 0,5522; 0,2786; 0,3739) Kadmiyum konsantrasyonları Çivril, Suğla, Karataş, Kovada Gölhisar göllerinde Analiz Limitleri altında kalmıştır. Beyşehir ve Eğirdir göllerinde Cd konsantrasyonları bakımından kurak ve yağışlı dönem arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılıklar vardır (p=0,0017; p=0,200). Göl sedimanında belirlenen krom, bakır ve çinko konsantrasyonlarında istatistiksel olarak Suğla Gölü'nde dönemsel olarak anlamlı farklılık varken diğer göllerde p değeri 0,05 in üzerinde bulunmuştur (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Göllerden alınan sediman örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarına (mg/kg) göre yağışlı ve kurak dönemlere ait dağılım grafikleri

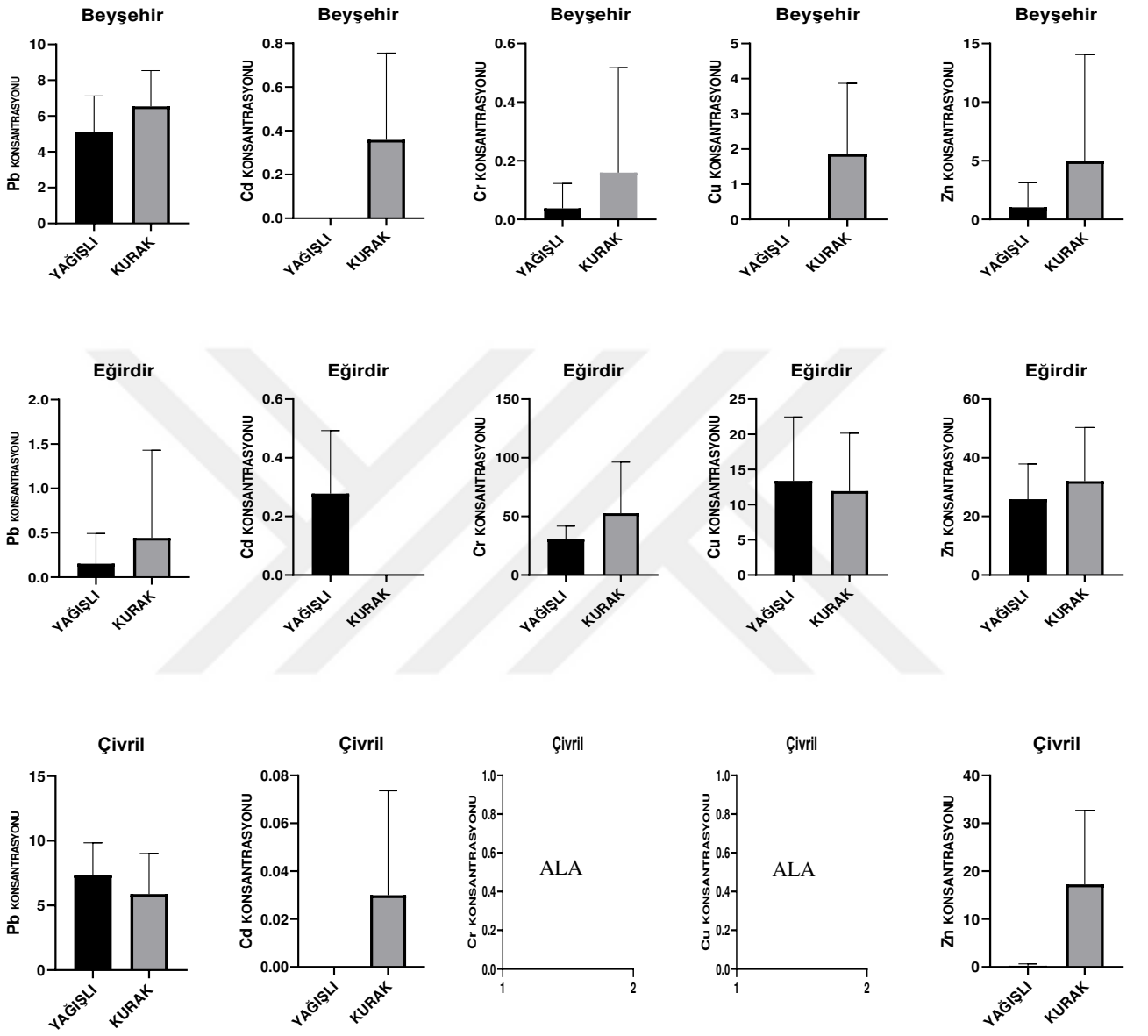


*ALA: Analiz Limitlerinin Altında.

Şekil 4.2. Göllerden alınan sediman örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarına (mg/kg) göre yağışlı ve kurak dönemlere ait dağılım grafikleri (devamı)

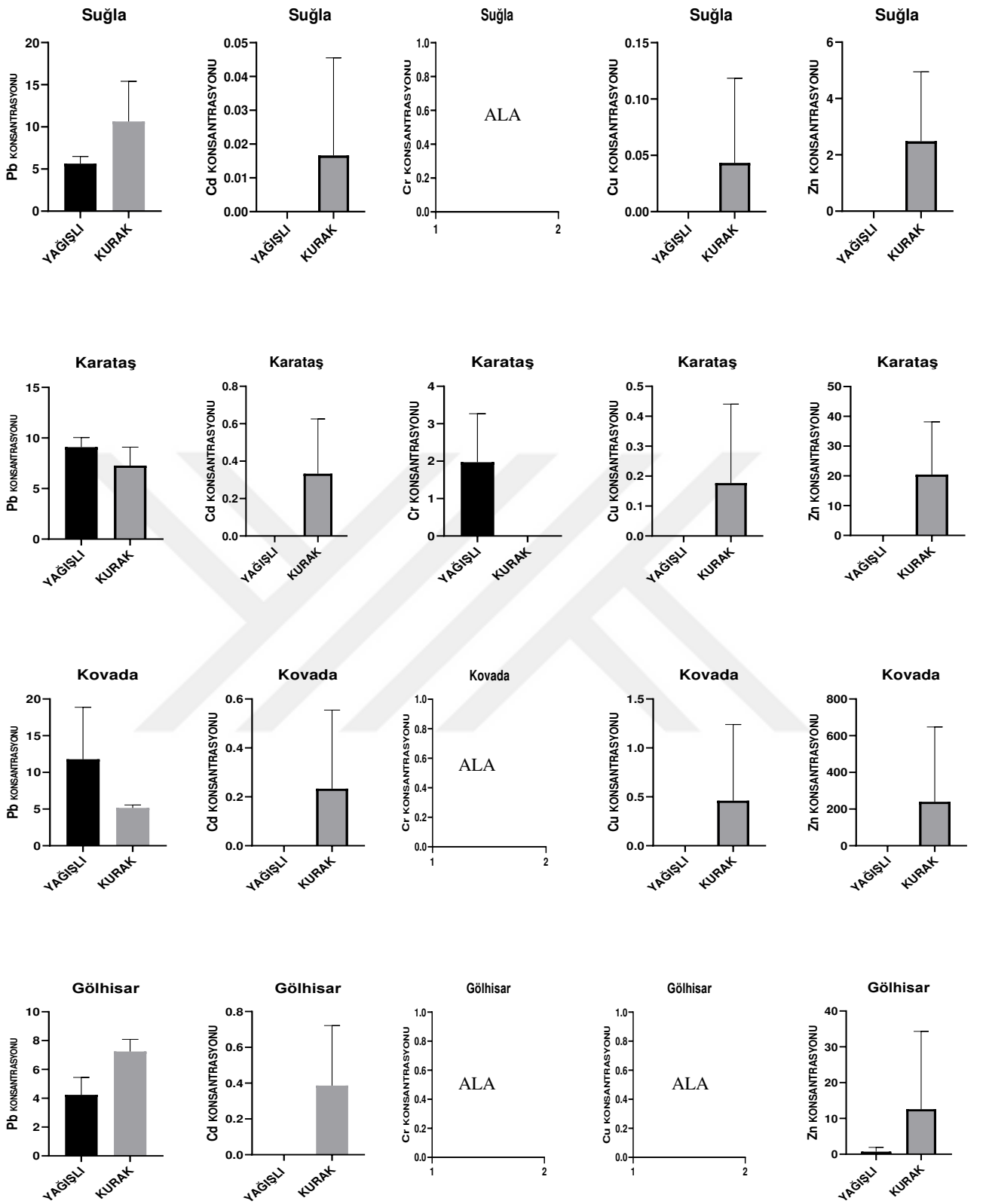
Yağışlı ve kurak dönemlerde göllerden alınan su numunelerinin kurşun konsantrasyonları bakımından Gölhisar Gölü'nde kurak ve yağışlı dönem arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık vardır (p=0,024). Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş ve Kovada göllerinde kurak ve yağışlı dönem arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık görülmemiştir. (p>0,05) Kadmiyum konsantrasyonlarında Eğirdir Gölü'nde kurak ve yağışlı dönem arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede

farklılık vardır (p=0,020) Göl suyunda belirlenen krom, bakır ve çinko konsantrasyonlarında göllerde dönemsel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.3).



ALA: Analiz Limitlerinin Altında.

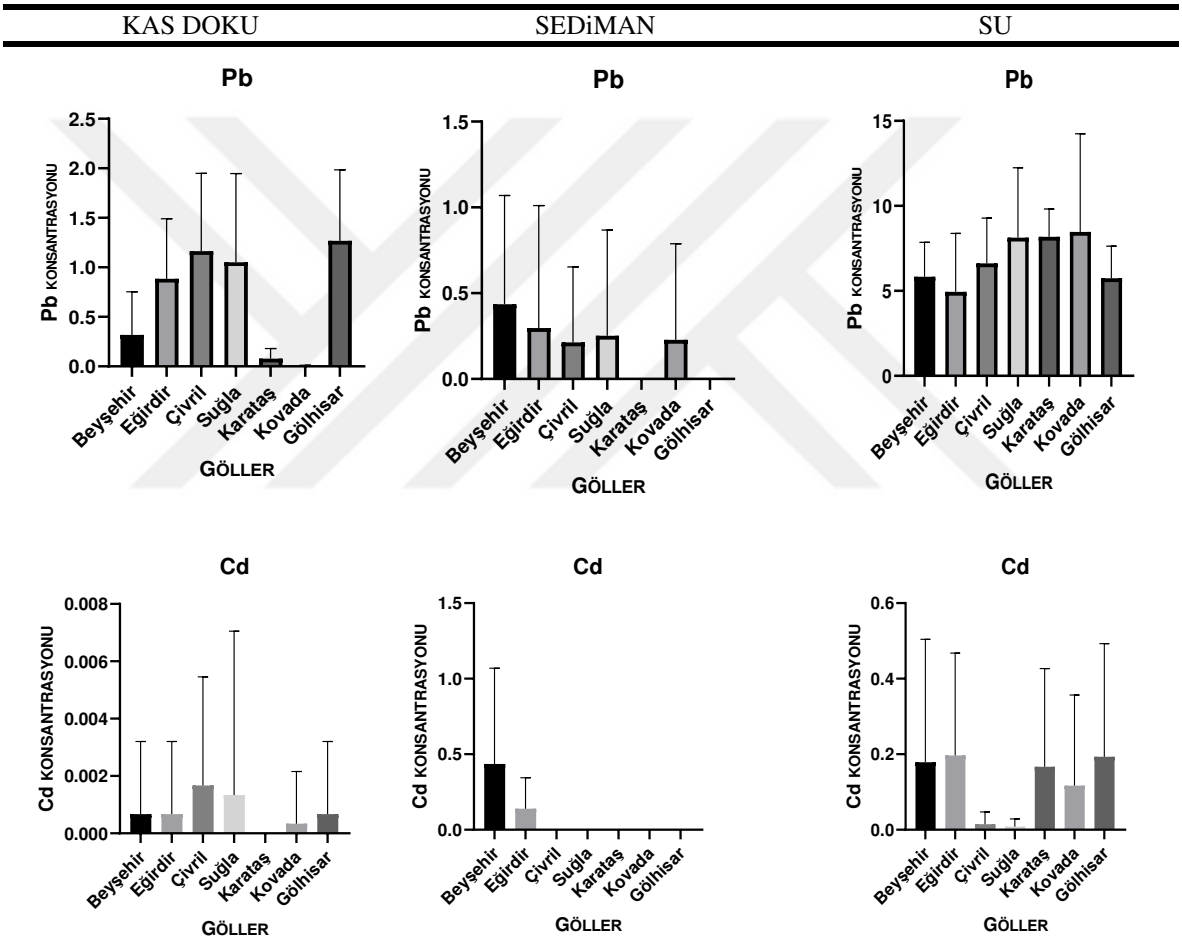
Şekil 4.3. Göllerden alınan su örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarına (µg/L) göre yağışlı ve kurak dönemlere ait dağılım grafikleri



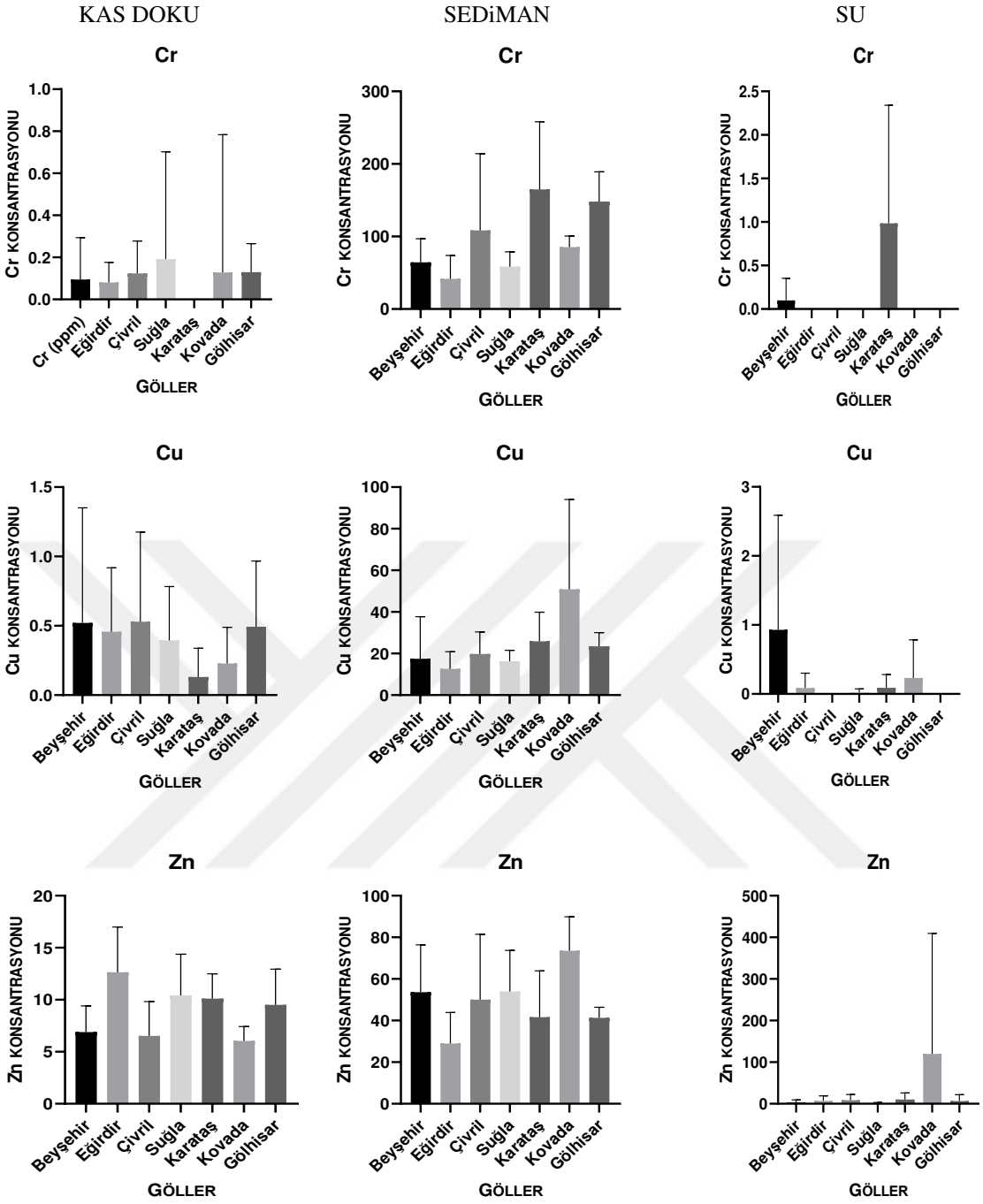
*ALA: Analiz Limitlerinin Altında.

Şekil 4.3. Göllerden alınan su örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarına (µg/L) göre yağışlı ve kurak dönemlere ait dağılım grafikleri (devamı).

Göllerden alınan su-sediman ve doku örneklerinin analizi sonucunda belirlenen Pb, Cd, Cr, Cu, Zn konsantrasyonlarına ait göllere ait ortalamalar istatiksel olarak değerlendirildiğinde (Şekil 4.4) balık dokusunda belirlenen kurşun, bakır ve çinko konsantrasyonları bakımından göller arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık olduğu belirlenmiştir (p=0,0001, 0,0119; 0,0001). Göl sedimanında belirlenen kadmiyum krom, bakır ve çinko konsantrasyonlarında göller arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.4). Göl suyu numunelerinden ölçülen Krom değerleri göller arası farklılık göstermektedir (p=0,0052).



Şekil 4.4. Göllerden alınan su, sediman ve doku örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarına ait dağılım grafikleri (su:µg/l; doku, sediman: mg/kg)



Şekil 4.4 Göllerden alınan su, sediman ve doku örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarına ait dağılım grafikleri (su:µg/l; doku, sediman: mg/kg) (devamı)

4.5. Risk Değerlendirmeleri

4.5.1. İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmeleri

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinden elde edilen *Carassius gibelio* türüne ait bireylerin kas dokusunda ortalama Pb, Cd, Cr, Cu, Zn

derişimleri belirlenerek, bu elementlerin günlük tolere edilebilir limitleri ile karşılaştırılmış ve balıklarının tüketimi ile oluşabilecek risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmelere ilişkin veriler Tablo 4.29, 30 ve 31'de özetlenmiştir.

4.5.1.1. EDI (Estimated Daily Intake): Tahmini Günlük Alım Miktarı

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü tarafından 2019'da yayınlanan verilerine göre Türkiye'de yıllık ortalama balık tüketim miktarı kişi başı yıllık 6,1 kg'dır. Tablo 4.29'da 70 kg ağırlığında bir kişinin günlük 16,7 g balık eti tükettiğini varsayarak kişinin alabileceği metal derişimleri hesaplanmış ve elde edilen veriler metallerin PMTDI (provisional maximum tolerable daily intake; tolere edilebilir en yüksek günlük alım) PTWI (provisional weekly intake; tolere edilebilir haftalık alım) PTMI (provisional monthly intake; tolere edilebilir aylık alım) değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.29. Kas dokusunda ortalama konsantrasyonları belirlenen ağır metallerin tahmini günlük alım değerleri (µg/kg bw/day)

	EDI				
	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn
BEYŞEHİR	0,076	-	0,021	0,124	1,64
EĞİRDİR	0,21	-	0,02	0,11	3,01
ÇİVRİL	0,28	-	0,028	0,13	1,55
SUĞLA	0,25	-	0,045	0,01	2,50
KARATAŞ	0,02	-	-	0,03	2,40
KOVADA	0	-	0,03	0,05	1,43
GÖLHİSAR	0,30	-	0,03	0,12	2,27
*PMTDI			[f] 0,7 µg kg bw hafta	[a] 0,5µg/kg bw gün	[b] 300-1000 µg/kg bw gün
*PTWI	[c] 25 µg/kg bw hafta	[d] 7 µg/kg bw hafta			
*PTMI		[e] 25 µg/kg bw ay			

*70 kg ağırlığında erişkin bir insan için PMTDI, PTWI, PTMI değerleri (µg/gün/70 kg vücut ağırlığı).
[a] JECFA, 1982a; [b] JECFA,1982b; [c] JECFA, 1999; [d] JECFA, 2010; [e]JECFA 2013;[f] WHO, 2013

Analiz edilen balık örneklerinde tüketim yolu ile vücuda alınılabilecek ortalama metal derişimlerinin, metallerin PTDI/ PMTDI değerlerinin oldukça altında olduğu tespit edilmiş ve bu göllerden elde edilen *Carassius gibelio* tüketiminin insan sağlığı açısından risk oluşturmayacağı kanısına varılmıştır.

4.5.1.2. THQ (Target Hazard Quotients): Hedef Tehlike Oranı / TTHQ (Total Target Hazard Quotient): Toplam Hedef Tehlike Oranı

Balıkların insanlar tarafından tüketilmesi sonucu metallerin neden olabileceği kanser dışındaki sağlık riskleri ortaya çıkarmak için Hedef Tehlike Oranı (THQ) ve Toplam Hedef Tehlike Oranı (TTHQ) hesaplamaları uygulanmıştır. Değerlerin 1'den büyük olduğu durumlarda ağır metallerin insan sağlığı üzerindeki kanserojenik olmayan etkilerinin görülebileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Küçük olduğu durumlar ise metallerin birikimi açısından riskli olmayan durumları ifade eder.

Hedef Tehlike Oranı hesaplamaları için;

$THQ = [(EF \times ED \times IRd \times MC) / (RfD \times BW \times ATn)] \times 10^{-3}$ (USEPA, 2000) formülü kullanılmıştır. Ortalama Maruziyet Süresi (ATn= Ef xED) 365 gün/yıl x maruz kalma süresi (26 yıl) olarak kabul edilmiştir.

Tablo 4.30. Kas dokusunda ortalama konsantrasyonları belirlenen ağır metallerin tahmini hedef tehlike oranları

	THQ					
	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	**TTHQ
*RfDo	0,004	0,001	0,003	0,04	0,3	
BEYŞEHİR	0,06	-	0,02	0,01	0,017	0,107
EĞİRDİR	0,16	-	0,02	0,008	0,03	0,218
ÇİVRİL	0,21	-	0,03	0,01	0,016	0,266
SUĞLA	0,2	-	0,05	0,007	0,025	0,282
KARATAŞ	0,15	-	-	-	0,025	0,175
KOVADA	-	-	0,03	0,004	0,015	0,049
GÖLHİSAR	0,23	-	0,03	0,008	0,023	0,291

*RfDo; RFD Oral reference ; mg/kg/gün

** TTHQ=THQ (Pb) +THQ (Cd) + THQ(Cr) +THQ(Cu)+THQ(Zn)

Tablo 4.30; 7 gölden elde edilen *Carassius gibelio* bireylerinin kas dokusunda belirlenen 5 metalin hedef tehlike oranı (THQ) ve Toplam Tehlike Oranı (TTHQ) sonuçlarını göstermektedir. Tüm balık türlerindeki metallere ait THQ değerleri eşik değer olan 1'den küçük bulunmuştur. Ayrıca her göl için 5 elementin THQ değerlerinin toplamını ifade eden Toplam Tehlike Oranı (TTHQ) değerleri de 1'den düşük tespit edilmiştir. Sonuçlara göre çalışma alalnını oluşturan göllerden elde edilen *Carassius gibelio* türünün tüketiminin halk sağlığı açısından bir risk oluşturmayacağı kanaatine varılmıştır.

4.5.1.3. CR (Carcinogenic Risk): Kanserojenik Risk Faktörü

Kanserojenik risk faktörü, kişinin besin yolu ile potansiyel bir kanserojen maddeye maruz kalması ile yaşam süresince kansere yakalanma olasılığı olarak tanımlanmaktadır (USEPA, 1989).

Kanser riski faktörü $CR = [(EF \times ED \times IRd \times MC \times CSF) / (BW \times AT)] \times 10^{-3}$ eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

CSF; kanser eğim faktörü, kurşun için 0,0085 mg/kg/gün olarak alınmıştır. Kanserojenik etkiler için ortalama maruziyet süresi (AT= Ef x ED) 365 gün/yıl × ömür boyu maruz kalma süresi (70 yıl) olarak hesap edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar CR: $<10^{-6}$: ihmal edilebilir aralık, CR : 10^{-6} ve 10^{-4} : kabul edilebilir aralık ,CR: $>10^{-4}$ riskli aralık olarak değerlendirilir.

Tablo 4.31. Kanserojenik risk olasılıkları

	CR	
BEYŞEHİR	9,2x 10 $^{-6}$	Kabul edilebilir aralık
EĞİRDİR	2,5 x 10 $^{-5}$	Kabul edilebilir aralık
ÇİVRİL	3,4 x 10 $^{-5}$	Kabul edilebilir aralık
SUĞLA	3,0 x 10 $^{-5}$	Kabul edilebilir aralık
KARATAŞ	2,4 x 10 $^{-6}$	Kabul edilebilir aralık
KOVADA	-	Kabul edilebilir aralık
GÖLHİSAR	3,6 x 10 $^{-5}$	Kabul edilebilir aralık

Çalışmayı oluşturan göllerden temin edilen *Carassius gibelio* bireylerinin kas dokusundan tespit edilen kurşun elementi konsantrasyonları ile hesaplanan kanserojenik risk faktörleri sonuçları kabul edilebilir aralıktadır. Bu sonuçlara göre, Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinden elde edilen *Carassius gibelio* türünün insanlar tarafından tüketilmesi sonucu potansiyel kanserojenik risk oluşturmadığı, sağlık açısından daha güvenli olduğu söylenebilir.

Balık etinin, yüksek kaliteli protein, çeşitli vitamin ve mineral içeriği ile insan sağlığı için önemli bir besin olması ve bilinçli beslenmenin yaygınlaşması gibi nedenler ile insanlar tarafından tüketilen balık miktarının gün geçtikçe artması (Yılmaz vd., 2007a) balıkların biyolojik, ekolojik ve ekonomik özelliklerinin daha fazla araştırılmasına neden olmuştur.

Carassius gibelio Göller Bölgesi'ndeki balıkçılık için ticari değeri fazla yüksek olmamasına rağmen diğer ekonomik türlerin azalması sonucu oldukça önemli bir konuma gelmiştir (Balık vd., 2007)

Mevcut çalışmayı oluşturan göllerde yaşayan su ürünlerine ait daha önce yapılmış insan sağlığı risk değerlendirmeleri çalışmaları bulunmamaktadır. Ülkemiz göl ve akarsularında *Carassius gibelio* veya çeşitli canlı grupları ile yapılmış çalışmalara rastlanmaktadır (Tablo 4.32).

Tablo 4.32. İnsan sağlığı risk değerlendirmesi yapılmış canlı grupları ve bulundukları tatlısu sistemleri

Lokalite	EDI/EWI	THQ	TTHQ	CR	Tür	Kaynak
Beyşehir	Risk yoktur	< 1	< 1	$<10^{-6}$	*Carassius gibelio*	Mevcut Çalışma
Eğirdir	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}		
Çivril	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}		
Suğla	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}		
Karataş	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}		
Kovada	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}		
Gölhisar	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}		
Suzhou Göletleri ,Çin	Risk düşüktür	>1	>1	Cr, Pb, Ni: > 10^{-4}	*C.auratus*	Wang vd. (2016)
Huainan Kömür Alanı, Çin	x	< 1	< 1	x	*Carassius gibelio*	Lu vd. (2017)
Keban Barajı	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}	*Oncorhynchus mykiss*	Varol ve Sünbül (2017)
Fırtına ve Güneysu Nehirleri	Risk yoktur	< 1	< 1	x	*Oncorhynchus mykiss*	Dizman vd. (2017)
	Risk yoktur	< 1	< 1	x	*Salmo coruhensis*	
Ganga Nehri, Hindistan	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}	*Cyprinus carpio*	Tiwari vd. (2017)
	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}	*Oreochromis niloticus*	
Xiang Nehri, Çin	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}	*Carassius auratus*	Jia vd. (2017)
	Risk yoktur	< 1	< 1	> 10^{-4}	*Pelteobagrus fulvidraco*	
	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}	*Squaliobarbus curriculus*	
Köyceğiz	x	< 1	As>1	x	*Mugil cephalus*	Genç ve Yılmaz (2018)
Keban Baraj Gölü	Risk yoktur	x	x	x	*Carassius gibelio*	Kaya ve Türkoğlu (2018)
Zhrebchevo Baraj Gölü (Bulgaria)	Risk yoktur	< 1	< 1	x	*Carassius gibelio*	Zhelyazkov vd. (2018)
	Risk yoktur	< 1	< 1	x	*Abramis brama*	
	Risk yoktur	< 1	< 1	x	*Vimba vimba*	
	Risk yoktur	< 1	< 1	x	*Leuciscus cephalus*	
Tersakan Nehri	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}	*Squalius fellowesii*	Şaşı vd. 2018

Tablo 4.32. İnsan sağlığı risk değerlendirmesi yapılmış canlı grupları ve bulundukları tatlısu sistemleri (devamı)

Lokalite	EDI/EWI	THQ	TTHQ	CR	Tür	Kaynak
Honghu Gölü, Çin	Risk yoktur	< 1	< 1	$<10^{-6}$	*Carassius auratus (W)* *Ctenopharyngodon idellus (W)*	Zhang vd. (2018)
	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}	*Carassius auratus (C)* *Ctenopharyngodon idellus (C)*	
Karakaya Baraj Gölü	Risk yoktur	< 1	< 1	-	*Carassius gibelio*	Varol ve Sünbül (2019)
Karasu Nehri	Risk yoktur	< 1	< 1	-	*Cyprinus carpio*	Bat vd. (2019a)
Pluszne Gölü, Polonya	Risk yoktur	< 1	< 1	-	*Perca fluviatilis*	Łuczyńska vd. (2018)
	Risk yoktur	< 1	< 1	-	*Rutilus rutilus*	
Manzala Gölü, Mısır	Risk yoktur	Hg,Pb, As>1	>1	-	*Oreochromis niloticus*	Sallam vd. (2019)
	Risk yoktur	Pb, As>1	>1	-	*Mugil cephalus*	
	Risk yoktur	Pb, As>1	>1	-	*Clarias gariepinus*	
Yangtze NehirDeltası (YRD)	Risk yoktur	Zn, As>1	-	-	*Carassius gibelio*	Arumugam vd. (2020)
	Risk yoktur	Zn, As>1	-	-	*Sinanodonta woodiana*	
Dianchi Lake, Çin	-	< 1	< 1	$<10^{-6}$	*Culterichthys erythropterus*	Qian vd. (2020)
	-	< 1	< 1	As: > 10^{-4}	*Carassius auratus*	
	-	< 1	< 1	$<10^{-6}$	*Hypophthalmichthys molitrix*	
Ilısu (Dicle)	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}	*Capoeta umbla*	Varol vd. (2020)
	Risk yoktur	< 1	< 1	10^{-6} - 10^{-4}	*Luciobarbus mystaceus*	
Río Tercero Rezervuarı, Cordoba, Arjantin	As, Hg	Hg >1	< 1	As: > 10^{-4}	*Hoplias malabaricus*	Garnero vd. (2020)
	As, Hg	As, Hg >1	>1	As: > 10^{-4}	*Oligosarcus jenynsii*	
	As, Hg	Hg >1	>1	As: > 10^{-4}	*Rhamdia quelen*	
	As, Hg	As, Hg >1	>1	As: > 10^{-4}	*Bryconamericus iheringii*	
	Hg	Hg >1	< 1	As: > 10^{-4}	*Astyanax fasciatus*	
	As, Hg	As,Hg >1	>1	As: > 10^{-4}	*Odontesthes bonariensis*	

Tablo 4.32 incelendiğinde *Carassius gibelio* türünde ağır metal birikimi ile insan sağlığı üzerine etkisinin risk değerlendirilmesi çalışmalarında genel olarak bu türün tüketilmesi sonucu insan sağlığı için olası risk oranları düşük tespit edilmiştir. Bununla birlikte, incelenen lokaliteler arasında Yangtze Nehir Deltası'nda *Carassius gibelio* örneklerinde inorganik As ve Zn için hesaplanan THQ değeri değeri eşik değer olan 1'den büyük bulunmuştur (Arumugam vd., 2020) Dolayısıyla *Carassius gibelio* türünün bu

lokaliteden tüketilmesi sonucu insan vücuduna inorganik As alımından dolayı, insanlarda kanser dışı önemli sağlık problemleri meydana gelebilir. Arumugam vd. (2020), bu lokalitede As birikiminin tarımsal uygulamalarda kullanılan artık ürünlerden veya havza alanında ve/veya nehir deltası bölgelerinde açığa çıkan jeolojik kayalardan kaynaklanabileceğini tahmin etmektdirler.

Mevcut çalışmada *Carassius gibelio* balık türünde konsantrasyonları tespit edilen 5 metalin (Pb, Cd, Cr, Cu, Zn) THQ ve her bir gölü temsil eden TTHQ değerleri eşik değerden düşük (THQ <1; TTHQ <1) bulunmuştur. THQ değerlerinin toplamını ifade eden TTHQ herbir gölde 1'den düşük tespit edilmiştir. CR değerleri ise kabul edilebilir aralıktadır. Bu sonuçlar *Carassius gibelio* türünün tüketimi ile ağır metal alınımının tüketiciler için olası sağlık risklerinin düşük olduğunu göstermektedir. Huainan kömür alanı (Çin), Zhrebchevo Baraj Gölü (Bulgaria), Karakaya ve Keban Baraj Gölleri için de *Carassius gibelio* türünün tüketilmesi sonucu insan vücuduna giren ağır metallere ait günlük alım miktarının tüketiciler için sağlık risklerine neden olmadığı da görülmektedir.

Ülkemizde ve dünya genelinde çeşitli organizmalarda yapılan bazı araştırmalarda As ve Hg bakımından THQ degeri 1'den büyük olarak bulunmuşur. Genç ve Yılmaz (2018), Köyceğiz'de yaptıkları çalışmada özellikle As açısından kontamine balıkların (*Mugil cephalus*) tüketilmesiyle yerel halk için potansiyel bir sağlık riski olabileceğini belirtmiştir. Wang vd. (2016), *Carassius auratus* türünde mevsimsel olarak takip ettikleri ağır metal konsantrasyonları ve risk değerlendirmeleri sonuçlarında bazı ağır metallerin uluslarası limitleri aşması ile birlikte insan sağlığı için kanserojen olan ve kanserojen olmayan riskler bağlamında kış mevsiminde metallerin oluşturduğu oranları yüksek bulunmuş ve bunun dışında ağır metallerin tek başına ve kombinasyon halinde güvenli sınırların altında kaldığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak bu lokasyondan düzenli olarak *Carassius auratus* tüketiminin güvenli olduğu kabul edilmiştir. Varol ve Sünbül (2017), Keban Baraj Gölü'nde kafeslerde yetiştirilen ve bu kafaslerin dışında yaşayan gökkuşağı alabalığının ağır metal konsantrasyonları bakımından değerlendirdikleri çalışmada söz konusu türün Keban Baraj Gölü'nde tüketiciler için tamamen güvenli olduğunu ortaya koymuştur. Zhang vd. (2018), yaptıkları çalışmada 2 balık türünün kültür ve yaban populasyonlarında THQ ve CR hesaplama sonuçlarına göre kültür balıkları yabani balıklardan daha fazla sağlık riskine sahiptir, ancak EWI hesaplarına göre yabani balıklarda durum tam tersidir. Türlerin birlikte ve ayrı ayrı tüketimlerinin risk oranları karşılaştırıldığında yerel halk için, kültür balıklarının kasını ayrı ayrı tüketmek nispeten daha düşük potansiyel sağlık risklerine sahiptir. Yenilebilir balık dokuları karıştırıldığında

(mixed) hesaplama sonuçlarında ise; yabani balıkların ve kültür balıklarının karıştırılmış dokuları için tehlike oranları 1:1 şeklindedir. Tiwari vd. (2017), *Cyprinus carpio* ve *O. niloticus'taki* ağır metal konsantrasyonunun mevcut durumunun ayrı ayrı tüketildiğinde potansiyel kanserojen riski oluşturmadığı, birlikte tüketildiğinde potansiyel olarak insan sağlığı için risk oluşturabileceği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda tespit edildiği üzere sürekli olarak metal bulaşmış balıkları tüketen kişiler uzun vadede kanser riski altındadır.

Jia vd. (2017), besin zincirinin farklı seviyelerindeki balıkların ağır metal konsantrasyonlarına bağlı olarak insan sağlığı risk değerlendirmeleri yaptıkları çalışmalarında omnivor ve karnivor balıkların farklı sonuçlar verebileceği kanısına varmışlar ve *Carassius auratus* ve *Squaliobarbus curriculus'u* omnivor türler, *Pelteobagrus fulvidraco* türünü karnivor tür olarak seçmişlerdir. Hedef Tehlike Oranı (THQ) için bir farklılık gözlemlenmezken toplam tehlike oranı (TTHQ) olarak karnivor bireylerin en yüksek değerde olduğunu belirlemişler ve bu değerlerin metal kirlilik indeksi (MPI) sonuçları ile uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumu ağır metallerin, birincil üreticilerden veya düşük trofik seviyelerden besin zinciri yoluyla daha yüksek trofik seviyelere transfer edilmesi ve biyolojik olarak biriktirilebilmesi sonucu, etçil türlerin (*P. fulvidraco*) omnivor türlerden (*Carassius auratus* ve *S. curriculus*) daha yüksek değerler gösterdiği şeklinde yorumlamışlardır.

Garnero vd. (2020)'ye göre Río Tercero Rezervuarında incelenen türlerin yenilebilir dokularının tüketimi, Hg ve As açısından insanlar için toksikolojik bir risk oluşturmaktadır. Bu elementlerin genel olarak çalışılan balık türündeki konsantrasyonları, izin verilen maksimum günlük konsantrasyonların üzerinde ve THQ değerleri 1'den birkaç kat daha fazla tespit edilmiştir. *A. fasciatus'un* yağmurlu dönem verileri hariç tüm numunelerde As elementinin neden olduğu kanser riski, tümünde kabul edilebilir değerden (10^{-4}) daha yüksektir. Bu sonuçlar doğrultusunda bu lokasyondan balık tüketimi özellikle AHA(Amerika Kalp Vakfı)tarafından önerilen tüketim sıklığı dikkate alındığında, yerel halkın olası sağlık risklerine maruz kaldığı gösterilmektedir.

Dünya genelinde ve ülkemiz tatlısularında yapılan çalışmalar birarada incelendiğinde çalışılan organizmalara ve bu organizmaların doku/organlarına göre metal konsantrasyonlarında ve bu bağlamda risk faktörü değerlendirilmelerinde farklılıklar gözlenmektedir. Bu durum organizmaların yaşam döngüsü, habitatı, fizyolojisi, kirleticiye maruz kalma sıklığı, suyun fizikokimyasal özellikleri ve beslenme davranışındaki farklılıklardan kaynaklanabilmektedir.

Farklı çalışmalardan da görülebileceği gibi organizmalardaki metal değerleri farklı nehir, akarsu ve göllere göre değişim göstermektedir. Ülkemiz suları da dahil olmak üzere genel olarak endüstriyel, tarımsal ve evsel atıkların arıtılmadan nehirlere, derelere ve göllere boşaltılması nedeniyle tatlısu kirliliğiyle karşı karşıya olan lokalitelerden besin olarak elde edilen balıklar insan sağlığına etki etmektedir. Atık su arıtma tesislerinin olmaması, kirli atıkların nehirlere, derelere boşaltılması sonucu oluşan kirlilik, sucul organizmalar için doğrudan ve dolaylı önem arzetmektedir.

4.5.2. Ekolojik Risk Değerlendirmeleri

4.5.2.1. Biyoakümülasyon Faktörü

BAF; bir kimyasalın organizmadaki konsantrasyonunun organizmanın yaşadığı ortamdaki konsantrasyonuna oranı olarak tanımlanan bir sayıdır. Balıkların biyoakümülasyon oranları Gobas ve Morrison (2000)'ye göre;

$BAF = C_{org}/C_{su}$ formülü ile hesaplanmıştır. Formülde; C_{org}; Balık dokusundaki ağır metal konsantrasyonunu, C_{su} ;Sudaki ağır metal konsantrasyonunu temsil etmektedir (USEPA, 2016b).

Mevcut çalışmada biyoakümülasyon faktörüne ait formül (BAF) göller bazında her bir ağır metal için ayrı ayrı ele alınarak uygulanmıştır. Balık dokusunda hesaplanan ağır metal biyoakümülasyon oranları Tablo 4.33' de verilmiştir. Göllerde biyolojik olarak en fazla biriken ağır metalin çinko olduğu, en az biriken ağır metalin ise krom olduğu belirlenmiştir. Pb ve Cd elementlerinin biyolojik birikime yol açmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.33. Balık dokusunda ağır metal biyoakümülasyon oranları

	BAF						
	Beyşehir Gölü	Eğirdir Gölü	Çivril Gölü	Suğla Gölü	Karataş Gölü	Kovada Gölü	Gölhisar Gölü
Pb	59,47	178,41	175,22	129	9,78	-	221,25
Cd	-	-	-	-	-	-	-
Cr	9	-	-	-	-	-	-
Cu	559,14	5111,11	-	19500	1444,44	1000	-
Zn	2301	1829,23	745,14	8411,3	988,26	2225,10	1434,39

Su ve balık dokusundaki konsantrasyonlara bağlı biyoakümülasyon faktörü (BAF) >1000 olarak belirlendiği durumlarda balıklarda söz konusu metalin organizmada biyobirikim yolu ile tehlike arz edebileceği şeklinde yorumlanmaktadır (Liu vd., 2005; Katip, 2019). *Carassius gibelio* kas dokusundaki ağır metaller ile suda çözünmüs halde

bulunan metal konsantrasyonları arasındaki BAF incelendiğinde Pb, Cd, Cr elementi sınır değeri geçmezken, Cu elementi Eğirdir, Suğla, Karataş ve Kovada göllerinde 1000'den büyüktür. Zn metali açısından Çivril ve Karataş Gölü dışındaki göllerin tümü 1000'den büyük bulunmuştur. Karataş Gölü çinko için BAF oranı sınır değere oldukça yakındır.

Biyoakümülasyon faktörü oranlaması mevcut çalışmayı oluşturan göller için ilk kez tarafımızdan yapılmıştır. Ancak ülkemiz tatlısularında daha önce *Carassius gibelio* ve farklı organizma gruplarında yapılmış çalışmalar mevcuttur. Yabanlı vd., (2014) Marmara Gölü'nden *Carassius gibelio* bireylerinde yaptığı çalışmada BAF oranlarını sırası ile Cu> Cd> Cr>Pb şeklinde bildirmiştir. Aynı tür ile yapılan mevcut çalışmamızda bu sıralama Eğirdir, Suğla ve Karataş Gölleri ile benzerlik göstermeketdir.

Katip (2019), Bursa Doğu Atıksu Arıtma Tesisinde yine *Carassius gibelio* üzerinde yaptığı çalışmasında BAF oranlarını sırası ile Zn>Pb>Cu>Cd>Cr olarak bildirmiştir. Bu sıralama mevcut çalışmamızda Beyşehir, Çivril, Kovada, Gölhisar gölleri ile benzerlik göstermektedir.

Çiçek vd., (2014) Sakarya Nehri *Carassius gibelio* dokularındaki bor konsantrasyonlarını belirlemişler ve dokulara göre bor elementinin birikme seviyesini karaciğer> solungaç> kas olarak belirtmişlerdir. *Carassius gibelio* 'nun kas, solungaç, karaciğer dokuları ve sudaki bor konsantrasyon verileri kullanılarak hesaplanan BAF değerlerine göre solungaç ve karaciğerde kastan çok daha fazla birikim tespit edilmiştir.

Svecevičius vd., (2014) doğal ortamlarından ayırarak laboratuvar ortamına taşıdıkları *Carassius gibelio* bireyleri üzerinde uyguladıkları ağır metal modellemeleri sonucu dokulardaki BAF oranlarını hesaplamışlardır. Dokularda kantitatif olarak maksimum konsantrasyonlar çinko ve ikincil olarak bakır için, minimum konsantrasyonlar ise kadmiyum için belirlenmiştir. Çinko, en az karaciğerde, en fazla kasta birikmiştir. BAF oranları ise bakır, çinko, nikel, kurşun, kadmiyum için kas>solungaç> karaciğer, krom için kas > karaciğer>solungaç şeklindedir. Dokular için BAF ortalamalarına bakıldığında en fazla kas dokusunda, en az karaciğerlerde biyolojik olarak ağır metal birikimi tespit edilmiştir.

Baramaki-Yazdi vd., (2015) tarafından Anzali Sulak Alanlarında su sisteminin iki farklı trofik seviyesindeki iki tatlısu balık türünün dokularında Pb, Cd, Cr, Cu, Zn ağır metallerinin biyolojik birikim oranları karşılaştırılmıştır. Omnivor olarak seçilen *Carassius gibelio* türünde BAF değerleri Cr=91, Cu=554, Pb=190, Cd=141, karnivor olarak seçilen *Esox lucius* bireylerinin kas dokusunda BAF değerleri Cr=305, Cu=686, Zn=1070,

Cd=134 şeklinde belirlenmiştir. Sonuçlara göre genellikle karnivor balıklarda BAF düzeylerinin omnivorlardan daha düşük olduğunu öne sürmüşlerdir.

Ionescu vd. (2019), Arges Nehri (Romanya)' nde *Carassius gibelio* ile yaptığı çalışma ile balık dokusunun sudan Zn, Cr ve Cd, sedimandan Zn, Cd ve Hg biyolojik olarak biriktirme eğilimi olduğunu göstermiştir.

Balıklardaki ağır metallerin biyolojik olarak birikmesi su ortamındaki metal kirliliğinin bir göstergesi olarak düşünülebilir. Ağır metallerin olası tehlike ve kronik etki potansiyeli tek başına BAF'nin büyüklüğü ile değerlendirilemez ise de potansiyel sağlık etkileri ile ilişkilendirilebilir. Yüksek biyoakümülasyon potansiyeli yüksek toksisite potansiyeli anlamına gelmez, BAF her bir elemente bağlı olarak farklılık gösterebilir. Balıkların kas dokusundaki biyoakümülasyonu değerlendirerek sucul ortamın potansiyel olarak toksik elementlerle kontaminasyonunu izlemek, sucul ekosistemlerin kalitesinin değerlendirilmesinde yararlı bir araçtır (Ionescu vd., 2019).

Ağır metaller birikim yaptıkları organizmaların dokularında çoğu zaman yapısal bozukluklara neden olmaktadır. Yapısal bozukluklar; karaciğerde sitoplazmik vakuollerde artış, lizozomlarda genişleme, nekrozis, iskemi, lipid dejenerasyonu, infiltrasyon, şişme, mide dejenerasyonları, sitoplazmik vakuolizasyon, tıkanıklık, epitel dejenerasyonları, hiperplazi, fibroz ve füzyondur (Erdoğan vd., 2019; Dane ve Şişman, 2020; Mustafa, 2020). Ayrıca solungaç sekonder lamellerinde yapısal bozukluklara (Kelek ve Çınar, 2011) ve mukus salgısında artışa (Diler ve Çınar 2009; 2010; Demirbağ vd., 2012) neden olmaktadır.

4.5.2.2. Aktarım Faktörü (Transference Factor=TF)

Carassius gibelio doku analizleri sonuçlarına göre sindirim kanalı içeriğinde en fazla biriken ağır metal çinko olarak tespit edilmiştir. Çinkoyu ikinci olarak bakır ve krom takip etmektedir.

Mevcut çalışmada aktarım faktörüne ait formül her bir ağır metal için göllere göre ayrı ayrı ele alınarak uygulanmıştır. Balık sindirim kanalı içeriğine ait konsantrasyonlarla hesaplanan ağır metal aktarım oranları Tablo 4.26' da verilmiştir. Eğirdir, Karataş ve Gölhisar göllerinden Pb; Suğla ve Çivril göllerinden Pb ve Cr elementleri için TF≥1 olarak hesaplanmıştır. Bu durum bahsi geçen göllerde *Carassius gibelio* tarafından besin olarak tüketilen organik materyalde bulunan elementlerin biyokatlanma ile üst trofik seviyelerde biriktiğini göstermektedir.

Tablo 4.34. *Carassius gibelio* sindirim kanalı ortalama ağır metal konsantrasyonları ve TF sonuçları

		Pb	Cd	Cr	Cu	Zn
Beyşehir	**MÇ	0,55	0,01	40,67	24,24	122,95
	* TF	0,58	-	-	0,02	0,05
Eğirdir	**MÇ	0,38	0,14	15,35	12,29	66,94
	* TF	2,32	-	-	0,37	0,18
Çivril	**MÇ	0,80	ALA	0,12	1,40	44,86
	* TF	1,45	-	1	0,38	0,15
Suğla	**MÇ	0,03	ALA	0,04	1,86	110,79
	* TF	35	-	4,75	0,21	0,1
Karataş	**MÇ	0,07	0,28	ALA	2,33	145,37
	* TF	1,14	-	-	0,55	0,07
Kovada	**MÇ	0,09	1,26	0,30	2,01	132,12
	* TF	-	-	0,43	0,11	0,45
Gölhisar	**MÇ	0,18	ALA	0,46	15,88	90,82
	* TF	7,05	-	0,29	0,30	0,1

*TF= Transfer Faktörü
**MÇ= Mevcut çalışmada tespit edilen ortalama konsantrasyon

Transfer Faktörü oranlaması mevcut çalışmayı oluşturan göller ve *Carassius gibelio* için ilk kez tarafımızca yapılmıştır. Dünyanın birçok yerinde söz konusu indeksi kullanan çalışmacılar vardır. Ruelas-Inzunza vd. (2014), *Thunnus albacares* ve *Katsuwonus pelamis* balıklarında mide içeriği ve kas doku oranlaması ile hesapladıkları aktarım faktörleri sonuçlarında *T. albacares* türünde kurşun elementinin biyokatlanma gösterdiğini bildirmişlerdir (TF= 1,46).

TF'yi tahmin etmek için kullanılan yaklaşım (avdaki elementlerin konsantrasyonları ve homojenize edilmiş mide içeriklerinin oranı), metalin türü, mineraloji, pH, redoks potansiyeli, sıcaklık ve toplam organik içerik gibi çevresel parametrelerden etkilenebilir (Ruelas-Inzunza vd.,2014).

Rashed (2001) Naseer Nehri (Mısır) 'nde *Tilapia nilotica* bireylerinde, Onsanit vd. (2010), Fujian kıyılarından (Çin) *Lateolabrax japonicas ve Pagrus major türlerinde* Jarić vd. (2011), Danube Nehrinde (Sırbistan) *Acipenser ruthenus* bireylerinde, Begum vd. (2013) *Heteropneustes fossilis* Buriganga Nehrinde (Bangladesh) ve Gu vd. (2017), Kuzey Çin Denizi'nde *Thunnus obesus, Decapterus lajang, Cubiceps squamiceps* ve *Priacanthus macracanthus* türlerinde yaptıkları çalışmalarda da benzer şekilde sindirim kanalında en fazla çinko elementine ait konsantrasyonları tespit etmişlerdir.

Sindirim kanalı içeriği ve kas dokusunda konsantrasyonların karşılaştırıldığı çeşitli çalışmalarda mevcut çalışmamıza benzer olarak sindirim kanalı içeriğine ait konsantrasyonlar, kas dokusundan daha yüksek değerlerde bulunurken (Onsanit vd., 2010;

Milam vd., 2020) Begum vd. (2013), *H. fossilis* kas dokusunda Pb ve Cu konsantrasyonlarını daha yüksek bulmuşlardır. Mevcut çalışmamızda da Eğirdir, Çivril, Karataş, Suğla, Gölhisar Gölü bireylerinde kas dokuda Pb konsantrasyonu sindirim kanalındaki konsantrasyonundan daha fazla tespit edilmiştir.

Gu vd. (2017), *T.obesus* bireylerinde mide içeriğinde Cd, Pb, Cr, Ni, Cu ve Zn gibi bazı ağır metallerin konsantrasyonunun çeşitli dokulara (kas, omurga ve solungaçlar) kıyasla daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu nedenle, bu türlerde biriken ağır metal konsantrasyonunun esas olarak beslenme alışkanlıklarından kaynaklandığı belirtmişlerdir.

Balıklar genellikle besin zincirinin en üst basamağında yer alırlar ve bu nedenle bazı ağır metalleri büyük miktarlarda biriktirebilirler. Biriken ağır metalin türü balığın habitatı ve beslenme rutinine göre değişiklik gösterebilir. Örneğin Jia vd. (2017), yaptıkları çalışmada *P. fulvidraco* bireylerinin kas, solungaç ve karaciğer dokularında toksik elementlerin (As, Cd ve Pb) yüksek seviyelerde birikim gösterdiğini belirlemişler ve bunun karnivor beslenme davranışından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Omnivor türleri temsil eden *C. auratus* ve *S. curriculus* bireylerinde ise Cu, Fe, Mn ve Zn gibi besin elementlerinin görece daha fazla biriktiğini belirtmişlerdir. Svecevičius vd., (2014) yaptığı çalışmada bentofaj balık türü olan *Carassius gibelio* bireylerinde levrek ve turna balığı gibi yırtıcı balıklarla kıyaslandığında daha fazla Zn ve Cu , daha az miktarlarda Hg biriktiğini tespit etmişlerdir.

4.5.2.3. Tatlısu Sediman Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Ekolojik Risk Faktörleri

Göl sedimanı üzerine etkili kirleticilerin doğal veya antropolojik olarak kaynaklarını belirlemek ve sedimandaki ağır metal birkiminin potansiyel ekolojik etkilerini değerlendirmek amacı ile EF (Enrichment Factor); Normalize Edilmiş Zenginleştirme Faktörü, C_F (Contamination Factor); Kirlilik Faktörü, I_{geo} (Geo-Accumulation Index); Jeoakümülasyon İndeksi, C_D (Contamination Degree); Kirlilik Derecesi, I_{PL} (Pollution Load Index); Kirlilik Yükü İndeksi, PERI (Potential Ecological Risk Index); Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen veriler ile sedimandaki kirlilik dereceleri ve olası risk durumlarının derecesi belirlenmiştir. Bunun için indekslere ait sınıflandırmalar kullanılmıştır.

EF metodu, sedimandaki ağır metal içeriğini demir veya alüminyum gibi bir referans elemente göre normalize eder. Çalışmamızda bu formül için demir elementi referans olarak kullanılmıştır.

EF faktörü, EF = (C_x /Fe_x) / (Cc /Fe) formülü ile hesaplanmıştır. C_x ve F_{ex}; Analizi yapılan örnekteki konsantrasyonları, Cc ve Fec; Ortalama yer kabuğu konsantrasyonlarını temsil etmektedir. Zenginleşme Faktörünün 1'in üzerinde olduğu durumlarda sedimanda element artışının lokal kayaçlardan kaynaklanmadığı; diğer doğal veya antropojenik kaynaklardan uzun dönemli taşınım ile metal birikiminin olabileceği şeklinde yorumlanmaktadır.

Göllere göre sedimanda tespit edilen ortalama Pb, Cd, Cr, Cu, Zn ve Fe konsantrasyonları ile bu elementlerin ortalama yer kabuğu değerleri ve Fe elementi ile yapılan Zenginleşme Faktörü hesaplamalarına ait sonuçlar Tablo 4.35'de verilmiştir. Sonuçlar değer aralıklarına göre yorumlanmıştır.

Tablo 4.35. Sedimanda ortalama ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) ve EF sonuçları

Elementler		Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Fe
Göller	*Y.K.O.	20	0,3	100	50	90	47000
Beyşehir	**M.Ç.	0,42	0,44	64,39	17,42	53,62	9099
	EF Değeri	0,11	7,58	3,32	1,79	3,07	
	Zenginleşme Derecesi	-	Önemli ölçüde	Orta seviyede	En az	Orta seviyede	
Eğirdir	M.Ç.	0,30	0,14	41,69	12,65	28,96	5224,5
	EF Değeri	0,14	4,2	3,75	2,27	2,9	
	Zenginleşme Derecesi	-	Orta seviyede	Orta seviyede	Orta seviyede	Orta seviyede	
Çivril	M.Ç.	0,21	ALA	108,34	19,79	50,06	8899,3
	EF Değeri	0,05	-	5,72	2,1	2,94	
	Zenginleşme Derecesi	-	-	Önemli ölçüde	Orta seviyede	Orta seviyede	
Suğla	M.Ç.	0,25	ALA	58,46	16,30	53,97	7971,1
	EF Değeri	0,073	-	3,44	2,00	3,53	
	Zenginleşme Derecesi	-	-	Orta seviyede	Orta seviyede	Orta seviyede	
Karataş	M.Ç.	ALA	ALA	164,89	25,86	41,61	9643,2
	EF Değeri	-	-	8,03	2,52	2,25	
	Zenginleşme Derecesi	-	-	Önemli ölçüde	Orta seviyede	Orta seviyede	
Kovada	M.Ç.	0,23	ALA	85,28	50,90	73,57	12060,7
	EF Değeri	0,04	-	3,32	3,97	3,2	
	Zenginleşme Derecesi		-	Orta seviyede	Orta seviyede	Orta seviyede	
Gölhisar	M.Ç.	ALA	ALA	148,16	23,42	41,27	10844,2
	EF Değeri	-	-	6,44	2,03	2,00	
	Zenginleşme Derecesi	-	-	Önemli ölçüde	Orta seviyede	Orta seviyede	

*Y.K.O: Yer Kabuğu Ortalaması (Ustaoğlu ve Tepe, 2018)
**MÇ= Mevcut çalışmada ölçülen değer

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar göllerinin sedimanından alınan numunelerden tespit edilen ağır metal konsantrasyonları ile yapılan EF hesaplamaları sonuçları göllere ve elementlere göre değişkenlik göstermiş, az zenginleşme (EF:1-2), orta seviyede (EF:2-5) ve önemli ölçüde zenginleşme (EF:5-20) tespit edilmiştir. Göl sedimanlarında Pb metali için zenginleşme tespit edilmemiştir (Tablo 4.35). Beyşehir Gölü'nde Cu elementi için en az, Cr ve Zn için orta seviyede, Cd elementi için önemli ölçüde zenginleşme belirlenmiştir. Eğirdir Gölü EF hesaplamalarında Cd, Cr, Cu ve Zn için orta seviyede zenginleşme tespit edilmiştir. Çivril Gölü'nde Cu ve Zn için orta seviyede zenginleşme, Cr için önemli ölçüde zenginleşme görülmüştür. Suğla Gölü'ne ait EF hesaplamalarında Cu, Cr ve Zn elementleri orta seviyede zenginleşme göstermiştir. Karataş Gölü sedimanında Cu ve Zn için orta seviyede zenginleşme görülürken, Cr elementi için önemli ölçüde zenginleşme belirlenmiştir. Kovada Gölü sedimanında Cr, Cu ve Zn için orta seviyede zenginleşmiştir. Gölhisar Gölü sedimanında, Cu ve Zn için orta seviyede zenginleşme, Cr elementi için önemli ölçüde zenginleşme tespit edilmiştir (Tablo 4.35).

C_F (Kirlilik Faktörü) sediman numunelerinde tespit edilen konsantrasyonlar ve referans konsantrasyonların oranlanması ile hesaplanır. C_F her metal için ayrı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda $C_F = [Cn]_o / [Cn]_b$ (Hakanson, 1980) formülü kullanılmıştır.

Göllere göre sedimanda tespit edilen ortalama Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn konsantrasyonları ile bu elementlerin ortalama yer kabuğu değerleri ve Kirlilik Faktörü hesaplamaları sonuçları Tablo 4.36'da verilmiştir. Sonuçlar kirlilik sınıflarına göre derecelendirilmiştir.

I_{geo} (Jeoakümülasyon İndeksi) hesaplamalarında $I_{geo}=\log_2 [C_o / 1{,}5\ C_b]$ formülü kullanılmıştır. C_b ve C_o sırasıyla, referans konsantrasyonlar ve numunelerde tespit edilen konsantrasyonları temsil etmektedir. Hesaplanan I_{geo} değerlerine göre kirlilik/kalite sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır.

Göllere göre sedimanda tespit edilen ortalama Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn konsantrasyonları ile bu elementlerin ortalama yer kabuğu değerleri ve Jeoakümülasyon İndeksi hesaplamaları sonuçları Tablo 4.36'da verilmiştir. Sonuçlar kirlilik sınıflarına göre derecelendirilmiştir.

Tablo 4.36. Sedimanda ortalama ağır metal konsantrasyonları (mg/kg), Yer Kabuğu Ortalamaları, Kirlilik Faktörü ve Jeoakümülasyon İndisi sonuçları

Elementler		Pb	Cd	Cr	Cu	Zn
Göller	*Y.K.O	20	0,3	100	50	90
Beyşehir	**M.Ç.	0,42	0,44	64,39	17,42	53,62
	C_F	0,021	1,46	0,64	0,35	0,60
		Düşük Kirlenme	Orta Seviyede Kirli	Düşük Oranda Kirli	Düşük Oranda Kirli	Düşük Oranda Kirli
	I_{geo}	-6,16	-0,03	-1,21	-2,12	-1,32
		Kirlenme Yok	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok
Eğirdir	M.Ç.	0,30	0,14	41,69	12,65	28,96
	C_F	0,015	0,46	0,42	0,25	0,32
		Düşük Oranda Kirli	Düşük Oranda Kirli	Düşük Oranda Kirli	Düşük Oranda Kirli	Düşük Oranda Kirli
	I_{geo}	-6,64	-1,70	-1,84	-2,55	-2,25
		Kirlenme Yok	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok
Çivril	M.Ç.	0,21	ALA	108,34	19,79	50,06
	C_F	0,01	-	1,1	0,4	0,6
		Düşük Oranda Kirli	-	Orta Seviyede Kirli	Düşük Oranda Kirli	Düşük Oranda Kirli
	I_{geo}	-7,16	-	-0,47	-1,95	-1,43
		Kirlenme Yok	-	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok
Suğla	M.Ç.	0,25	ALA	58,46	16,30	53,97
	C_F	0,125	-	0,58	0,4	0,54
		Düşük Oranda Kirli	-	Düşük Oranda Kirli	Düşük Oranda Kirli	Düşük Oranda Kirli
	I_{geo}	-6,7	-	-1,36	-2,2	-2,83
		Kirlenme Yok	-	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok
Karataş	M.Ç.	ALA	ALA	164,89	25,86	41,61
	C_F	-	-	1,65	0,52	0,46
		-	-	Orta Seviyede Kirli	Düşük Oranda Kirli	Düşük Oranda Kirli
	I_{geo}	-	-	0,14	-1,55	-1,7
		-	-	Bir dereceye kadar kirli	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok
Kovada	M.Ç.	0,23	ALA	85,28	50,90	73,57
	C_F	0,01	-	0,85	1,02	0,82
		Düşük Oranda Kirli	-	Düşük Oranda Kirli	Orta Seviyede Kirli	Düşük Oranda Kirli
	I_{geo}	-0,7	-	-0,82	-0,55	-0,86
		Kirlenme Yok	-	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok
Gölhisar	M.Ç.	ALA	ALA	148,16	23,42	41,27
	C_F	-	-	1,5	0,47	0,46
		-	-	Orta Seviyede Kirli	Düşük Oranda Kirli	Düşük Oranda Kirli
	I_{geo}	-	-	-0,03	-1,7	-1,74
		-	-	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok	Kirlenme Yok

*Y.K.O: Yer Kabuğu Ortalaması (Ustaoğlu ve Tepe, 2018)
**MÇ= Mevcut çalışmada ölçülen değer
ALA: Analiz Limtlerinin Altında

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar göllerinden sediman numunelerinden elde edilen konsantrasyonlar ve referans konsantrasyonların oranlanması ile hesaplanan Kirlilik Faktörü (C_F) hesaplamaları sonuçlarında elementlere göre düşük ($C_F<1$), orta ($1\leq C_F<3$) ve önemli ölçüde ($3\leq C_F<6$) kirlilik belirlenmiştir. Beyşehir Gölü sedimanında Pb, Cr, Cu, Zn için düşük oranda kirlilik ve Cd için orta seviye kirlilik, Eğirdir Gölü sedimanında Pb, Cd, Cr, Cu, Zn için düşük kirlilik, Çivril Gölü sedimanında, Pb, Cu, Zn için düşük oranda kirlilik Cr için orta seviye kirlilik, Suğla Gölü sedimanında Pb, Cr, Cu, Zn için düşük kirlilik, Karataş Gölü sedimanında Cu ve Zn için düşük kirlilik ve Cr için orta seviye kirlilik, Kovada Gölü sedimanında Pb, Cr, Zn için düşük oranda ve kirlilik Cu için orta seviye kirlilik, Gölhisar Gölü sedimanında Cu, Zn için düşük kirlilik ve Cr için orta seviye kirlilik tespit edilmiştir (Tablo 4.36).

Çalışmamız sonucunda tespit edilen konsantrasyonlarla yapılan Jeoakümülasyon indeksi (I_{geo}) hesaplamalarında sonuçlar genel olarak sıfırdan küçük bulunmuş, Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn elementleri bakımından sedimanda risk oluşturacak boyutlarda kirlilik olmadığı (Sınıf 0) belirlenmiştir (Tablo 4.36). Yalnızca Karataş Gölü'nde yapılan hesaplamalar sonucunda Cr elementi bakımından (I_{geo} =0,14) 'bir dereceye kadar kirlilik (Sınıf 1)' belirlenmiştir.

C_D (Kirlilik Derecesi) ağır metaller için hesaplanan kirlilik faktörlerinin (C_F) toplamı (ΣC_F) olarak tanımlanır. Göller için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

I_{PL}; Pollution Load Index; Kirlilik Yükü İndeksi; sediman kontaminasyonunu ölçmek ve karşılaştırmak için uygun bir araç olarak kullanılır ve Kirlilik Faktörü (C_F) değeri baz alınarak hesaplanır. Yüksek I_{PL} değerleri, sediman üzerinde önemli derecede antropojenik aktiviteye, düşük I_{PL} değerleri ise önemli bir antropojenik etki olmadığına işaret etmemektedir.

PERI; Potential Ecological Risk Index; Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi sedimandaki iz element kirleticilerinin ekolojik risk değerlendirmeleri için uygulanmaktadır. C_F değerlerine dayanmaktadır.

Göllere göre sedimanda tespit edilen kirlilik derecesi, uyarlanmış kirlilik derecesi, kirlilik yükü İndeksi, potansiyel ekolojik risk İndeksi sonuçları Tablo 4.37' de verilmiş ve kirlilik/risk derecelerine göre yorumlanmıştır.

Tablo 4.37. Kontaminasyon Değeri, Uyarlanmış Kirlilik Derecesi, Kirlilik İndeksi sonuçları, kirlilik ve risk durumları

	İndex	Sonuç	Kirlilik ve Risk Durumu
Beyşehir	C_d	3,07	Düşük oranda kirli
	mC_d	0,62	Düşük oranda kirli
	I_{PL}	0,33	Kirlenme yoktur
	PERI	284,62	Yüksek risk
Eğirdir	C_d	1,5	Düşük oranda kirli
	mC_d	0,3	Düşük oranda kirli
	I_{PL}	0,2	Kirlenme yoktur
	PERI	181,02	Orta derece risk
Çivril	C_d	2,11	Düşük oranda kirli
	mC_d	0,4	Düşük oranda kirli
	I_{PL}	0,23	Kirlenme yoktur
	PERI	366,74	Yüksek risk
Suğla	C_d	1,65	Düşük oranda kirli
	mC_d	0,33	Düşük oranda kirli
	I_{PL}	0,35	Kirlenme yoktur
	PERI	253,64	Yüksek risk
Karataş	C_d	2,63	Düşük oranda kirli
	mC_d	0,53	Düşük oranda kirli
	I_{PL}	0,83	Kirlenme yoktur
	PERI	500,69	Önemli derecede risk
Kovada	C_d	2,7	Düşük oranda kirli
	mC_d	0,54	Düşük oranda kirli
	I_{PL}	0,37	Kirlenme yoktur
	PERI	499,78	Önemli derecede risk
Gölhisar	C_d	2,43	Düşük oranda kirli
	mC_d	0,5	Düşük oranda kirli
	I_{PL}	0,8	Kirlenme yoktur
	PERI	454,70	Önemli derecede risk

C_d = Kirlilik Derecesi
mC_d = Uyarlanmış Kirlilik Derecesi
I_{PL} = Kirlilik Yükü İndeksi
PERI = Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi

Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar göllerinde belirlenen istasyonlardan elde edilen sediman numunelerinde ait ağır metal kirliliğini değerlendirmek amacıyla hesaplanan kirililik derecesinin (C_D) ortalama değeri ve uyarlanmış kirlilik derecesinin (mC_D) ortalama değerleri sonuçlarına göre incelenen ağır metaller bakımından sediman kirliliği düşük (C_D<8; mC_D<1,5) orandadır. Kirlilik yükü indeksinin (I_{PL}) ortalama değeri hesaplandığında tüm göller için değerler istasyonların araştırılan ağır metaller bakımından kirlilik tehditi altında olmadığını (I_{PL}:0-1) göstermektedir (Tablo 4.37).

Potansiyel Ekolojik Risk indeksine (PERI) göre incelenen ağır metaller bakımından göllerde risk seviyeleri, orta derecede risk ile önemli derecede risk arasında değişmektedir. Eğirdir Gölü PERI sonuçlarına göre orta derecede risk (PERI=110-200), Beyşehir ve Çivril

Gölü sediman ağır metal yükü bakımından yüksek risk (PERI=220-400), Karataş, Kovada ve Gölhisar gölleri önemli derecede risk (PERI>400) altındadır (Tablo 4.37).

Tablo 4.35 ve Tablo 4.36 incelendiğinde göllerde Pb elementinde zenginleşme veya kirlenme tespit edilmemiştir. Bu nedenle göllerde doğal veya dış kaynaklı kurşun etmenlerinden söz edemeyiz. Sediman numunelerinde konsantrasyonları belirlenen elementler bazında hesaplanan EF, C_F, I_{geo} sonuçlarına göre Beyşehir Gölü sedimanında Cd elementi bakımında önemli ölçüde zenginleşme ve orta seviyede kirlilik belirlenmiştir. Bu bağlamda Beyşehir Gölü üzerinde Cd bakımından doğal veya antropolojik etkilerden söz edilebilir. Çivril, Karataş, Gölhisar göllerine ait hesaplamalarda Cr elementi önemli ölçüde zenginleşme ve orta seviyede kirlilik göstermektedir. Ayrıca Gölhisar numunelerinde Cr bakımından bir dereceye kadar kirlilik görülmüştür (Igeo: Sınıf 1). Sonuç olarak söz konusu göllerde Cr bakımından doğal veya antropolojik olarak dış kaynaklı etkilerin varlığı anlamına gelmektedir.

Hesaplamalar sonucunda Kovada Gölü'nden örneklerin alındığı istasyonlarda Cu metali bakımından orta seviyede kirlilik, Beyşehir Gölü'nden alınan numuneler için orta derecede zenginleşme belirlenmiştir. Ayrıca tüm göllerden alınan numuneler için Zn orta ölçüde zenginleşme göstermektedir. Bu nedenle söz konusu göllerde Cu ve Zn birikimi için bazı faktörlerin varlığından söz edilebilir

Normalize Edilmiş Zenginleştirme Faktörü (EF), Kirlilik Faktörü (C_F), Jeoakümülasyon İndeksi (I_{geo}), Kirlilik Derecesi (C_D), Kirlilik İndeksi (I_{PL}), Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI) ile kalite değerlendirme ve risk faktörü hesaplamaları Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada, Gölhisar gölleri için tek bir çalışmada ilk kez tarafımızdan yapılmıştır. Daha önce Beyşehir Gölü (Tunca, 2016), Eğirdir Gölü (Şener vd., 2014), Kovada Gölü (Şener ve Şener, 2015) sedimanında ağır metal konsantrasyonları ile yapılmış bir veya birkaç indeks bildirilmiştir. Bunun yanında Anadolu'nun farklı göllerinde ve akarsularında çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Tablo 4.38).

Tablo 4.38. Tatlısu sediman kalitesinin değerlendirilmesi ve ekolojik risk faktörleri için kullanılan indeksler ve Anadolu'nun farklı göllerinde ve akarsularında yapılmış çalışmalar

Lokalite	EF	I_{geo}	C_F	C_D	I_{PL}	PERI	Kaynak
Beyşehir	√	√	√	√	√	√	Mevut Çalışma
Eğirdir	√	√	√	√	√	√	
Çivril	√	√	√	√	√	√	
Suğla	√	√	√	√	√	√	
Karataş	√	√	√	√	√	√	
Kovada	√	√	√	√	√	√	
Gölhisar	√	√	√	√	√	√	
Eğirdir	√						Şener vd. (2014)
Kovada	√						Şener ve Şener (2015)
Beyşehir	√	√		√		√	Tunca (2016)
İznik Gölü	√	√	√		√		Ünlü ve Alpar (2016)
Yağlıdere	√	√					Uncumusaoğlu vd. (2016)
Salda Gölü	√	√	√		√		Çaldırak (2017)
Gökçekaya B.G.	√	√					Akın ve Kırmızıgül (2017)
Uzunçayır B.G.	√		√		√	√	Kutlu (2018)
Sapanca Gölü	√	√	√				Ateş ve Demirel (2019)
Bafa Gölü	√	√	√		√		Algül ve Beyhan (2020)
İkizcedereler B.G.	√	√	√		√		Fural vd. (2020)
Çömlekçidere	√	√					Ustaoğlu (2020)

Tunca (2016), Beyşehir Gölü sedimanında yaptığı çalışmaların sonucunda istasyonlar bazında farklılık olmakla birlikte Cr, Zn, Cu, Mn, Ni ve As konsantrasyonlarının yüksek oranda kirli sınıfına dahil olduklarını tespit etmişlerdir. İndekslere göre sınıflandırıldığında C_F sonuçlarına göre Cr, Ni, As, Mn, Zn için yüksek, Al, Fe, Cu için orta ve Pb için düşük kirlik oranları belirlenmiştir. C_D sonuçlarına göre Beyşehir Göl suyu orta seviye- oldukça yüksek ve çok yüksek seviyelerde kirlilik göstermektedir. EF değerlerinde ise Ni, As, Cr elementleri bakımından orta derecede zenginleşme, diğer elementler için en az seviyede zenginleşme belirlenmiştir. I_{geo} sonuçlarına göre göl sedimanı kirlenmemiş ve orta seviyede kirlenmiş (As, Ni, Zn, Mn, Cr) olarak belirtilmiştir. PERI değerlendirmeleri sonucu As açısından ciddi risk ve Ni açısından orta seviyede risk belirlenmiş ve bu durum sedimandaki kontaminantların canlılar üzerindeki potansiyel toksik etkisinin ciddi seviyede olduğu yönünde yorumlamışlardır.

Şener vd. (2014), Eğirdir Gölü'nün dip sedimanı ve suyunda metal kirlenmesini değerlendirdikleri çalışmalarında zenginleştirme faktörü sonuçlarına göre sediman örneklerinde Pb, Cu, Ni, Fe ve Zn elementleri önemli zenginleşmeye sahiptir. Havza içerisindeki su ve dip sediman kalitesini olumsuz etkileyen en önemli faktörlerin jeojenik etkilerden daha çok antropojenik etkilerinin olduğu belirtilmiştir.

Şener ve Şener (2015), Kovada Gölü dip sedimanında yaptıkları çalışmada elde edilen sonuçlara göre göl genelindeki ağır metallere ait ortalama konsantrasyonları Mn>Ni>Zn>Cu>Pb>As>Co>Fe şeklinde tespit etmiş ve göl dip sedimanlarında Cu, Zn, Ni, Mn ve As değerlerinin ortalama şeyl değerinin üzerinde olduğunu belirlemişlerdir. Hesaplanan zenginleşme faktörü değerlerine göre Kovada Gölü'nde Pb, Zn, Cu, Fe elementleri az derecede, Cu, Ni, Co, Mn, As orta derecede zenginleşme göstermektedir. Araştırmacılar, bu durumun antropojenik kökenli kaynaklardan uzun dönemli taşınım sonucu olabileceği ve gölün olumsuz yönde etkilendiğini belirtmişlerdir.

Ünlü ve Alpar (2016) tarafından İznik gölü sedimanında incelenen metaller için zenginleştirme derecesi As >Mn> Pb> Zn> Co> Cr> V> Ni> Cu>Cd şeklinde sıralanmıştır. Tespit edilen ortalama metal (As, Mn, Pb, Zn, Co, Cr) konsantrasyonları ortam üzerindeki antropojenik etkilere işaret olarak yorumlanmıştır. I_{geo} sonuçlarındaki negatif değerler göl sedimanında önemli bir kontaminasyon olmadığını gösterirken, As için orta derecede kontaminasyon belirlenmiştir. I_{PL} değerleri genel olarak düşüktür. Yüksek C_F, EF ve I_{geo} değerleri İznik Gölü'nün bazı bölgelerinde sediman kalitesinin As için orta-şiddetli arası ve Mn için orta derecede kirli olduğunu göstermiştir. Bu kirlilik değerleri jeojenik kaynaklı taşınımların bir sonucu olarak yorumlanmıştır.

Çaldırak (2017) tarafından Salda Gölü'nde yapılan çalışmada sediman numunelerinde zenginleşme oranları istasyonlara göre farklılık göstermesi ile beraber Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, Cd, Cr ve As elemenleri için Zenginleşme Faktörü sonuçlarına göre az – orta (Cr)- yüksek oranda (Pb, Ni) zenginleşme olarak sınıflandırılmıştır. Kontaminasyon faktörü sonuçlarına göre Pb, Cr ve Ni elementleri orta ve yüksek derece kirliliğe işaret ederken, diğer elementler sınır değerlerin altında kalmıştır. Kontaminasyon değerleri istasyonlara göre gölü orta derecenin üzerinde- orta derecede ve düşük oranda kirli olarak, I_{PL} değerleri ise kirlenmemiş olarak sınıflandırmaktadır. I_{geo} değerleri Pb için orta Ni için orta-yüksek arası, Cr için temiz-orta kirlilik arası sınıflandırma yapılmıştır. Diğer metaller için ise kirlilik riski tespit edilmemiştir.

Ateş ve Demirel (2019), Sapanca sedimanında toksik metallerin incelenmesi ekolojik risklerin değerlendirilmesi amacı ile C_F EF ve I_{geo} indeksleri kullanılmıştır. Toksik metal konsantrasyoları Fe>Al>Zn>Ba>Ni>Cr>As>Pb>Cu>Co>Cd olarak belirlenmiştir. As, Cd, Co, Cu, Ni, Pb ve Zn için EF değerleri 1,5 ve üzeri tespit edilmiştir. Bu durumun ana kayaçtan kaynaklanmadığı ancak doğal olmayan aşınma süreçlerinden kaynaklanabileceği ve antropojenik etkilerin bir sonucu olabileceği belirtilmiştir. EF ve I_{geo}

değerlendirmeleri sonuçlarında As ve Cd kirliliğinin nedeni olarak endüstriyel ve lojistik kaynaklı fuel-oil kirlenmesini işaret etmişlerdir.

Algül ve Beyhan (2020)'ye göre Bafa Gölü sedimanında ortalama element konsantrasyonları ile hesaplanan I_{geo} için sonuçlar Ni>Cd>Co>Cr>Pb>Fe>Mn>Cu>Zn şeklinde, EF için Ni>Cd>Co>Cr>Pb>Mn>Cu>Zn ve C_F için Ni>Cd>Co>Cr>Pb>Fe>Mn> Cu>Zn şeklinde sıralanmaktadır. Üç indeks için de benzer sıralamalar dikkati çekmektedir. EF ve C_F hesaplamalarına göre tüm örnekleme noktalarının orta derecede kontamine olduğu tespit edilirken, I_{geo}'ya göre genel olarak tüm örnekleme noktalarının kontamine olmadığı veya orta derecede kontamine olduğu bulunmuştur. Bazı lokalitelerin EF ve C_F değerleri için Cd elementi açısından yüksek derecede kontamine olduğu bulunurken, Ni için I_{geo} sonuçları kontaminsayonu işaret etmektedir. Sonuçlara göre gölü tehdit eden antropolojik kirlenme kaynakları evsel atıksular, zeytinyağı fabrikaları ve turistik tesisler sayılabilir ayrıca bunlara Büyük Menderes Nehri'nin kirlilik yükü de eklenmektedir.

Beyşehir, Eğirdir ve Kovada göllerinde indeksler ile yapılan kalite ve risk değerlendirmelerine ait mevcut çalışma sonuçlarımız bu göllerde yapılan önceki çalışmalardaki bazı sonuçlar ile benzerlik göstermekte iken, farklı bulgular da elde edilmiştir. Aynı durum çalışma sahasını oluşturan tüm göller ve yukarıda tartışılan göller için de geçerlidir. Bunun nedenleri bahsi geçen göllerde istasyon seçimleri, stres faktörlerinin değişiklik göstermesi ve yöntem farklılıkları olarak sıralanabilir. İndeks sonuçlarındaki farklılıkların, bu indekslerin tortu kirleticilerine duyarlılıklarındaki farklılıktan kaynaklandığı belirtilmiştir (Rabee vd., 2011). Elde edilen veriler söz konusu göllerde ağır metaller (Cd ve Cr) nedeniyle olası çevre kirliliğiyle karşı karşıya olduğuna işaret ederek bölgenin kentsel ve endüstriyel kaynaklı antropojenik etkilere maruz kaldığı sonucunu verebilir (Adami vd., 2007). Cd ve Cr suda çözünebilirliği yüksek elementlerdir ve sedimanda artış göstermesi ortam için sorun teşkil edebilir.

Beyşehir Gölü'nde Cd elementi EF sonuçlarına göre önemli zenginleşme gösterirken C_F sonuçlarına göre orta seviyede kirliliği işaret etmektedir. Beyşehir Gölü'nün batısında çok sayıda köy ve gölün doğusunda bir silah fabrikası bulunmaktadır. Bölgede tarımsal üretimde elma, tahıl ve bakliyat çoğunluktadır. Ana kirlilik kaynaklarını tarım ve endüstri atık suları oluşturmaktadır (Tekin Özan ve Kır, 2008b). Kadmiyum gübre ve pestisitlerde bulunduğu için toprağa kolayca karışabilmektedir (Seven vd., 2018).

Tüm göllerde EF sonuçlarında Cr, Cu ve Zn orta seviye ve üzerinde zenginleşme göstermektedir. Krom elementi Çivril, Karataş ve Gölhisar gölleri sedimanında önemli ölçüde zenginleşme ve C_F sonuçlarına göre sedimanda Cr bakımından göller orta derecede

kirlilik göstermektedir. Bu göller genel anlamda tarımsal faaliyetlerden kaynaklı kirlenme ile karşı karşıyadır (Çetin, 2009; Bulut vd., 2012; Davraz ve Yılmaz, 2016) Karataş ve Gölhisar göllerinin bulunduğu Burdur Havzadası'nda krom madeni sahaları ve mermer ocaklarının yoğun faaliyetlerinin havza üzerinde baskı unsuru oluşturması, Çivril Gölü'nün bulunduğu Denizli ili çevresinde traverten, krom ve kalker yataklarının bulunuşu (Anonim, 2019 g) vb. faktörlerin bu göllerde Cr varlığını etkilediği düşünülmektedir.

C_D, mC_D ve I_{PL} sonuçlarına göre çalışma sahasını oluşturan göllerde kirlilik yoktur veya düşük oranda kirlilik görülmektedir I_{PL} sonuçlarına göre göller üzerindeki antropolojik etkiler düşük seviyededir. Ancak elementlerin toksik tepki faktörlerinin (TRF) kullanılarak hesaplandığı PERI sonuçları orta, yüksek ve önemli derecede riske işaret etmektedir. Risk oranlarının yüksek sonuç vermesinin nedeni PER indeksinde her metalin gösterdiği farklı derecelerde zararlı etkinin nicel olarak ifade edilmesi ve ortamda bulunan tüm metallerin oluşturdukları etkinin bir arada hesaplanmasıdır.

Sedimanda metal kirliliği, su kalitesini ve sucul organizmalarda metallerin biyobirikimini etkileyerek insan sağlığı ve ekosistem üzerinde uzun süreli risk oluşturabilir. Bu bağlamda çalışmamızda sediman kirlilik değerlendirmesinde jeokimyasal hesaplamalar kullanılarak Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar gölleri sedimanında metal konsantrasyonlarının seviyesi, dağılımı incelenmiş, ağır metallerin doğal veya antropojenik girdisi nicel olarak tespit edilmiş ve olası kirlilik risk durumu değerlendirilmiştir.

5. SONUÇ

Carassius gibelio balıkçılık için ticari değeri fazla yüksek olmamasına rağmen diğer ekonomik türlerin azalması sonucu günümüzde oldukça önemli bir konuma gelmiştir (Balık vd., 2007). Göller Bölgesi morfolojik, kimyasal ve biyolojik açıdan farklı özelliklere sahip önemli gölleri barındırmaktadır. Göller Bölgesi'nde artış gösteren tarım, madencilik ve enerji üretim faaliyetlerinin buradaki su sistemlerini etkiledikleri düşünülmektedir (Oruçoğlu ve Beyhan, 2019). Antropojenik kaynaklı kirlilik etmenleri ağır metallerin sucul ortamlara ulaşımını arttırmıştır. Ağır metaller sucul ortamlardaki biyobirikim yapabilme, toksik ve kanserojen etkileri nedeniyle önemli kirleticiler olup, bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Göllerin metal birikim durumu hakkında fikir vermesi ve çevresel ortamla kirliliğin ilişkilendirilmesi açısından gölleri temsil eden bölgelerden alınan su ve sediman örneklerinde de Pb, Cu, Cd, Cr ve Zn konsantrasyonları eş zamanlı ve aynı standart yöntemle belirleme çalışmaları yapılmıştır. Seçilen göllerin tamamında ortak olarak yaşayan ve göllerin tamamında yüksek populasyon yoğunluğuyla temsil edilen balık türü olan *Carassius gibeli*o'nun kas dokusundaki Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn ağır metal düzeyleri karşılaştırılmıştır. Belirlenen konsantrasyonların halk sağlığı ve ekolojik risk faktörleri açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışmanın güvenilirliğinin belirlenmesi amacıyla sertifikalı referans madde kullanılmış, örnek hazırlama işleminin aynı şekilde referans maddeye uygulanması ile elde edilen sonuçlara göre geri kazanım oranları hesaplanmıştır. Standart referans maddenin analitik sonuçlarına göre incelenen elementler için % 95-101 oranlarında bulunması kullanılan çözündürme yönteminin ve ICP-OES analizinin güvenilir olduğunu göstermektedir (Bawuro, 2018). Mevcut çalışmamızda incelenen ağır metallerin geri kazanım oranları % 79,9 - %101,25 arasındadır.

Su numunelerinde ağır metal konsantrasyonları sonuçlarına göre genel olarak en yüksek konsantrasyonlar Pb ve Zn elementleri için, en düşük konsantrasyonlar ise Cr ve Cd için tespit edilmiştir. Konsantrasyonlar genel olarak yasal limitleri aşmazken, kurşun konsantrasyonlarının ulusal/ uluslararası kuruluşlarca belirlenmiş sınır değerlerde (10 µg/L) olması dikkat çekmektedir. Bu durum göllere ait literatür çalışmalarına benzerlik göstermektedir (Altındağ ve Yiğit, 2005; Yiğit ve Altındağ, 2006). Mevcut çalışmayı oluşturan göllerin etrafında bol miktarda tarım arazisi bulunması ve bu arazilerde Cd, Pb,

Fe ve Zn içeren gübrelerin kullanılması göller için sorun oluşturmaktadır (Kaptan ve Tekin Özan, 2014).

Mevcut çalışmamızda su ve sedimanda tespit edilen ağır metal konsantrasyonları lokalitelere göre incelendiğinde Eğirdir Gölü'nden E-4, Çivril Gölü'nden Ç-3, Suğla Gölü'nden S-3 Karataş Gölü'nden Ka-1 ve Gölhisar Gölü'nden G-3 kodlu istasyonlar bulundukları göllerde ağır metal yükleri ile dikkat çekici durumdadır. Bu lokalitelerin akarsular ile temas halinde olması nedeni ile element çeşitliliği ve konsantrasyonları görece daha fazladır. Bu durum Şener vd. (2014)' de belirtilen havzadaki yüzey sularının göle boşaltım noktalarında tüm ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarda bulunması durumu ile uyum sağlamaktadır. Göllere dökülen nehirler endüstriyel ve kentsel bölgelerden geçerken bünyesine çok fazla atık madde toplayabilir. Bu nedenle nehirlerin göller ile karışım noktalarında element birikimi daha fazla tespit edilebilir.

Eğirdir, Çivril, Karataş göllerinde Zn suda ortalama konsantrasyon bakımından en yüksek değerde olmasına rağmen en sık rastlanan element kurşundur (%99). Göllerde kurşun ve çinko varlığının sebebinin göllerin çevresindeki madencilik ve taşımacılık faaliyetlerinden kaynaklı metallerin atmosfere salınımı ile su sistemlerine ulaşması olduğu bildirilmiştir (Guo vd., 2015).

Su, sediman ve kas doku numuneleri arasında en düşük konsantrasyonlar su numunelerinde tespit edilmiştir. Bunun nedenlerinden biri olarak su, kendisi ile ilişkili ortamlar ve canlılar arasında gerçekleşen madde alış verişi sayılabilir. Ağır metaller sadece suda çözünmekle kalmaz, aynı zamanda fiziksel ve kimyasal koşullara göre çeşitli organizmalara geçer, besin zincirinde birikir veya dibe çöker. Oksijen Konsantrasyonları, redox potansiyeli gibi fizikokimyasal etmenler su ve sediman arasındaki ağır metal salınımını etkilemektedir. (Huo vd., 2015). Ayrıca suda tespit edilemeyen metallerin sedimanda tespit edilmesinin sebebi sediman partiküllerinin suda bulunan metalleri bünyesine çekmesi olabilir.

Sedimanlar, su kütlelerinin zaman içinde değişen fiziksel ve kimyasal koşulları altında yeniden harekete geçebilen elementler için toplayıcı ortamlardır. Bununla birlikte, sedimanlar aynı zamanda suda yaşayan organizmalar için habitat ve temel besin kaynağı görevi görür. Su sistemlerinde bozunmaz doğası ile kalıcı olan ve besin zincirine girme potansiyeli bulunan elementlerin sedimandaki konsantrasyonlarının takip edilmesi gerekmektedir (Manoj ve Padhy, 2014).

Mevcut çalışma kapsamında yapılan analizler sonucu sediman numunelerinde tüm göllerde en yüksek konsantrasyonlara krom elementinde rastlanmıştır. En düşük değerler

ise Pb ve Cd elementlerinde rastlanmıştır. Pb, Cd, Cr, Cu, Zn ağır metallerinin su ve doku numunelerinden daha fazla konsantrasyonlarda sedimanda biriktiği görülmektedir. Bununla birlikte Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Gölhisar göllerinde sedimanda en fazla Cr elementi tespit edilirken, suda en az biriken element Cr' dur. Aynı durum Pb açısından Kovada Gölü için de geçerlidir. Bunun nedeni sedimanın su veya atmosferik kaynaklı ağır metalleri biriktirerek depolayıcı özellikte olmasıdır (Manoj ve Padhy, 2014). Suyun içindeki metalleri barındıran organik ve inorganik moleküller ve molekül ağırlığı yüksek metaller sedimana çökme eğilimindedir. Bu mekanizmada söz konusu bileşiklerin ve sedimanın doğal yapısı önemli rol oynamaktadır (Chuan ve Yunus, 2019).

Doku analizleri sonucu tüm göllere ait bireylerde en yüksek konsantrasyonlar çinko elementinde tespit edilmiştir. Cd en düşük konsantrasyonlarda tespit edilirken, Suğla, Kovada ve Gölhisar bireylerinde analiz limitleri altında kalmıştır.

Kas doku numunelerinde tespit edilen Pb, Cd, Cr, Cu, Zn konsantrasyonları ulusal ve uluslar arası limitler ile karşılaştırılması yapılmıştır. Konsantrasyonlar WHO, EPA, EU, TFC yönergelerinde bulunan limit Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn değerleri ile karşılaştırıldığında Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla ve Gölhisar göllerinde tespit edilen ortalama kurşun konsantrasyonlarının söz konusu kuruluşlar tarafından belirlenen limitleri aştığı tespit edilmiştir. Ayrıca Suğla ve Karataş göllerinde tespit edilen krom konsantrasyonlarının belirlenen limitleri aştığı tespit edilmiştir.

Balıklar yaşam ortamlarında bulunan ağır metali doğrudan ve dolaylı yollarla bünyelerine alarak biriktirme eğilimindedirler (Weber vd., 2013 Rajeshkumar ve Li, 2018). Çeşitli balık doku ve organlarında iz element konsantrasyonu sudaki kirliliğin derecesini yansıtmaktadır (Jezierska ve Witeska,2006; Bahnasawy vd., 2009; Burada vd., 2017; Mensoor ve Ali Said,2018). Mevcut çalışmamız sonuçlarında suda en fazla biriken ağır metalin aynı zamanda balık dokusunda da yüksek değerlerde olması sucul ortamdaki akümülasyon hakkında bilgi vermektedir. Örneğin suda yüksek oranda Zn konsantrasyonu görülen göllerde (Eğirdir, Çivril, Kovada, Gölhisar) *Carassius gibelio* kas dokusunda da en fazla Zn konsantrasyonlarının tespit edilmesi ile uyum sağlamaktadır.

Mevcut çalışmamız sonuçları ve literatürden edinilen bilgiler doğrultusunda ağır metal konsantrasyonlarında dönemsel ve mekansal farklılıklar görülmektedir. Su numunelerinde kurak dönemde Pb elementinin Eğirdir ve Gölhisar göllerinde artış gösterdiği istatistiksel olarak belirlenmiştir ($p<0,05$). Sediman numunelerinde Cd elementinin birikimi Beyşehir ve Eğirdir göllerinde Cr, Cu, Zn elementlerinin Suğla Gölünde yağışlı dönemde daha fazla birikim gösterdiği istatistiksel olarak ortaya

konmuştur ($p<0,05$).Doku numunelerinde Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla ve Gölhisar göllerinde yağışlı ve kurak dönemlerde Pb, Cr, Cu ve Zn elementleri birikimleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir. Balık dokusunda yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları göllere göre değerlendirildiğinde kurşun, bakır ve çinko için istasyonlar arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmuştur ($P<0.05$). Göl suyu için krom elementi bakımından, sediman için ise kurşun bakımından aynı durum söz konusudur.

Dünya besin gereksiniminin önemli bir kısmını karşılayan ve temel bir endüstri niteliğine sahip olan su ürünleri yetiştiriciliği, 1970'li yıllardan itibaren tüm dünyada hızlı bir gelişim göstererek, Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization, FAO) tarafından dünyada olduça hızlı büyüyen bir gıda sektörü olarak belirlenmiştir (FAO, 2018). Göller Bölgesi'nde önemli bir geçim ve besin kaynağını su ürünlerinin oluşturması nedeni ile bu bölgedeki ağır metallerin toplum ve çevre sağlığı risk faktörleri açısından incelenmesi oldukça önemlidir.

Çalışma sahasını oluşturan göllerde yoğun olarak bulunan ve avcılığı yapılan *Carassius gibelio* türü aynı zamanda bölge halkı tarafından da tüketilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, balıkların kas dokularında birikim gösteren Pb ve Cr konsantrasyonlarının ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırıldığında limit değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Söz konusu metal içerikleri bakımından *Carassius gibelio*'nun insan sağlığını tehdit edebileceği dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda yapılan Pb, Cd, Cr, Cu, Zn elementleri bakımından insan sağlığı risk değerlendirmeleri sonuçları herhangi bir risk arz etmemektedir. Tehlike indeksi değerleri kabul edilebilir sınırın altındadır ve sonuçlar tüketim yoluyla bölge sakinleri için kanserojen veya kanserojen olmayan bir risk olmadığını temsil etmektedir.

Balıkların doğal ortamlarından alıp biriktirdikleri toksik element etkinliğinin nicel olarak hesaplanmasında BAF değeri kullanılmaktadır. Çalışmamızda *Carassius gibelio* ve bulunduğu su ortamındaki konsantrasyonların oranlanması ile BAF hesaplanmıştır. En yüksek BAF değeri Eğirdir, Suğla ve Karataş göllerinde bakır olarak, Beyşehir, Çivril, Suğla Kovada ve Gölhisar göllerinde çinko olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar *Carassius gibelio* ile yapılan diğer çalışmalarla uyum göstermektedir. Önceki çaışmalarda Marmara Gölü'nde en yüksek BAF oranı bakır elementinde (Yabanlı vd., 2014), Bursa DAAT (Katip, 2019) için ise çinko olarak kaydedilmiştir. Besin zincirindeki önemi nedeni ile balıkların sudan alıp biriktirdikleri toksik elementlerin düzeylerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.

Sucul ekosistemin durumunun en önemli göstergelerinden biri olan sediman fiziksel, kimyasal ve ekotoksikolojik değişkenleri bütünleştiren ortamları temsil etmesi nedeni ile bu ortamların kalitesinin sınıflandırılması önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında sediman örneklerinde yapılan labaratuvar analizleri sonucunda elde edilen konsantrasyonlar kullanılarak risk tahminlemesi üzerine değerlendirmeler yapılmış, çalışma konusunu oluşturan göllerden alınan sediman numunelerinde tatlısu sediman kalitesinin sınıflandırılması prensipleri uygulanmıştır. Su sistemlerinde ağır metallerin etkilerinin nasıl ve ne derecede olduğunun belirlenmesi için kullanılan test sonuçları daha kapsamlı veriler elde etmemizi sağlamıştır.

Sedimanda ağır metal konsantrasyonlarını değerlendirmek için Sediment Kalite Rehberleri (SQG'ler) uygulanmıştır. Genel olarak göllerde konsantrasyonlar rehber limit değerlerinin altında kalmıştır. Ancak istasyon bazında limit aşımlarına rastlanmaktadır. Bu rehberlerden elde edilen veriler çalışma alandaki göl sedimanı için olası riskleri değerlendirme amaçlı kimyasal kaliteyi test etmek için kullanılmaktadır. Ayrıca sedimanlardan elde edilen konsantrasyonlar ile Zenginleşme Faktörü (EF), Kontaminasyon Faktörü (C_F), Jeoakümülasyon İndeksi (I_{geo}), Kontaminasyon Derecesi (C_D), Uyarlanmış Kirlilik Derecesi (mC_D), Metal Kirliliği Yükü İndeksi (I_{PL}) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI) uygulanmıştır. Bu indeksler sedimanda ağır metallerin kontaminasyonunun değerlendirilmesi, özellikle bu kirlilik unsurlarının doğal veya antropojenik girdisini anlamada değerli araçlardır (Ahdy ve Khaled, 2009). Genel bir değerlendirme yapıldığında; göllerin tabanında potansiyel ekolojik risk durumu düşük ve önemli derecede riskli arası değişkenlik göstermektedir. Söz konusu göllerde genel olarak Cr, Cu, Zn ağır metalleri için orta derecede Cd ve Cr elementleri için yüksek derecede kirlilik tespit edilmiş, buna evsel ve endüstriyel kaynaklı antropojenik etkilerin neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

Sedimanda ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi, su canlılarının riskini değerlendirmek için de önem arz etmektedir. Ağır metaller sedimandan gözenek suyuna oradan da konsantrasyon gradyanı kuvveti altındaki serbest suya geçer. Bu durumda sedimandaki bentik türler ve suda serbest yaşayan formlar için metal biyoyararlanımını arttırabilir.

Çalışmamızın kapsamı çevresel strese maruz kalan Göller Bölgesi için Pb, Cd, Cr, Cu ve Zn bakımından sedimanda bir ön izleme niteliğinde olup mevcut sonuçlar endişe kaynağı olmasa da bazı veriler bize gelecekte dikkat etmemizi işaret etmektedir.

Doğal su sistemlerinin kalite değerlendirmesi ve izlenmesinin ulusal koruma planlarının düzenli bir parçası haline getirilmesi, kirletici maddelerin doğal litojenik ve antropojenik kaynaklarını belirlemek için su ve sedimanların kapsamlı analizlerinin yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Göller Bölgesi'nde yer alan yedi gölde belirlenen 25 istasyonda yürütülen arazi çalışmalarında elde edilen veriler ile yapılan değerlendirmeler sonucunda göllerin ağır metal kirliliği açısından sınır değerlerde olduğu ve bu durumun devam etmesi halinde ekolojik dengenin olumsuz yönde etkilenebileceği düşünülmektedir. Sucul sistemlerde kirlilik boyutunun tespit edilmesine yönelik çalışmalar periyodik olarak yapılması gereken çalışmalar olup su kalitesi parametreleri belirli aralıklarla ölçülüp sonuçları kirlilik faktörleri açısından değerlendirilmelidir.

Çalışma konusunu oluşturan göller için yalnızca *Carassius gibelio* türüne ait kas dokusu konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Göllerde yaşayan ve halk tarafından tüketilen diğer balık türleri ile yapılmış ağır metal çalışmaları da bulunmaktadır. Ancak sistemde bulunan diğer canlı türlerinin de ağır metal tehdidi ile karşı karşıya olduğu düşünülerek bu canlıların element birikimi düzeyleri de araştırılmalıdır.

Çalışma sonuçlarımıza göre kas dokuda ağır metal analizleri genel olarak değerlendirildiğinde *Carassius gibelio* tüketimi insan sağlığı risk değerlendirmeleri sonucunda risk arz etmese bile su ve sedimanda belirlenen ağır metal birikiminin söz konusu göllerde bulunan akuatik canlılara zarar verebileceği hem de halk sağlığını tehdit edebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle devam niteliğinde çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Ağır metal konsantrasyonlarının belirlenerek bu bağlamda insan ve ekosistem üzerine olası etkilerinin değerlendirildiği bu çalışmada kullanılan yöntemlerin yanı sıra aynı amaç için farklı yöntemlerin de kullanıldığı çalışmalar yapılmalı, birbirleriyle karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmelidir.

Göllerin barındırdığı canlı çeşitliliği ve su sisteminin kendi çevresi ile olan etkileşimi bir arada değerlendirilerek su kaynaklarının olası kirlilik faktörlerinin analizlerinin yapılması gerekmektedir. Elde edilecek sonuçlara göre alınacak önlemler sucul ekosistemlerin kendilerine has özelliklerine göre ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Bu bağlamda Göller Bölgesi'nin organik ve inorganik olarak kirlilik tehdidi altında olduğu ve bölgede yayılış gösteren balık türlerinde bazı elementlerin biyoakümülasyonunun besin zinciri yoluyla insan sağlığını tehdit edebileceği öngörülmelidir. Antropolojik ve ekolojik sonuçları göz önünde bulundurularak etkin önlemlerin alınması gerekmektedir.

Göller Bölgesi'ni tehdit eden endüstri ve sanayi faaliyetlerine ait atıkların arıtım süreçlerinin yetersizliği, tarımsal amaçlı kullanılan pestisit, gübre ve çeşitli ilaçların yüzey suları ile akarsuya deşarj olması, yerleşim yerlerinin kanalizasyon sularının yer altı ve yerüsütü suları ile göllere karışması vb., kirlilik unsurları göz önüne alındığında evsel ve endüstriyel atık sularının belirli bir arıtım sisteminden geçmesi sonucunda daha zararsız bir hale dönüştürülmesi sağlanarak ortama verilmesi gerektiği, ilaç ve gübre kullanımı ile ilgili gerekli düzenlemelerin yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Türkiye'de su kaynaklarının kalitesinin bozulmasının başlıca nedenleri arasında doğal kaynakların aşırı kullanımı, sanayileşme faaliyetlerinin ve kentleşmenin denetimsiz ve düzensiz oluşu, evsel ve tarımsal faaliyetler yer almaktadır. Su sistemlerinde kirlilik faktörlerine dayalı insan sağlığı ve ekolojik risk değerlendirmelerinin periyodik takibi yalnızca insan sağlığı için değil su sistemlerinin kalitesinin korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için de önem taşımaktadır. Bu ve benzeri izlem çalışmalarının sonuçlarına göre gerekli önlem ve yasal düzenlemelerin getirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada tespit edilen veriler, Göller Bölgesi'nde yer alan Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Suğla, Karataş, Kovada ve Gölhisar göllerinde su, sediman ve *Carassius gibelio* kas dokusunda ağır metal konsantrasyonlarına ilişkin en son durumu göstermektedir. Çalışma sonuçlarının, göllerin ağır metal kirliliğinin önlenmesinde hem bölge sakinleri için hem de koruyucu önlemlerin alınması için yararlı olacağı ve insan sağlığını doğrudan veya dolaylı yollardan etkileyen balık tüketiminin kalitesini iyileştirmek için kullanılabilir olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Abija, F. A., Abam, T. K. S., 2018. Application of geoaccumulation and pollution load indices in the assessment of heavy metal contamination in sediments of the Forcados River and adjoining soils, Western Niger Delta. *Journal of Geoscience and Environmental Research,*1(1), 35-51.

Abrahim, G. M. S., Parker, R. J., 2008. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. *Environmental Monitoring and Assessment*, *136*(1-3), 227-238.

Adami, G., Cabras, I., Predonzani, S., Barbieri, P., Reisenhofer, E., 2007. Metal pollution assessment of surface sediments along a new gas pipeline in the Niger Delta (Nigeria). *Environmental Monitoring and Assessment*, 125(1-3), 291-299. doi: 10.1007/s10661-006-9522-0. PMID: 17219239.

Adejumoke, A., Adebesin Babatunde, O., Abimbola, O., Adelani-Akande Tabitha, A., 2018. *Water pollution: Effects, prevention, and climatic impact*. Water Challenges of an Urbanizing World, InTech, Crotia, 33 s.

Adriaens, P., Gruden, C., McCormick, M. L., 2007. Biogeochemistry of halogenated hydrocarbons. *Treatise on Geochemistry,* 9, 1-35.

Afshan, S., Ali, S., Ameen, U. S., Farid, M., Bharwana, S. A., Hannan, F., Ahmad, R., 2014. Effect of different heavy metal pollution on fish. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences,* 2(1), 74–79.

Agarwal, R., Kumar, R., Behari, J. R., 2007. Mercury and lead content in fish species from the river Gomti, Lucknow, India, as biomarkers of contamination. *Bulletin of Environmental contamination and Toxicology*, 78(2), 118-122.

Ahdy, H. H., Khaled, A., 2009. Heavy metals contamination in sediments of the western part of Egyptian Mediterranean Sea. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3330-3336.

Ahmed, Q., Bat, L., Mohammad Ali Q., 2017. Bioaccumulation of nine heavy metals in some tissues of *Anodontostoma chacunda* (Hamilton, 1822) in the Arabian Sea coasts of Pakistan . *Natural and Engineering Sciences*, 2(3), 79-92.

Akbaba, G., Boyacı, Y. Ö., 2015. Işıklı Gölü (Denizli) makrobentik faunasının mevsimsel değişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 11(2), 8-19.

Akdoğan Z., Küçükdoğan A., Güven B., 2015. Yayılı kirleticilerin havzalardaki taşınım süreçleri: Antibiyotikler, ağır metaller ve besi maddeleri üzerine modelleme yaklaşımları. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 1, 21-31.

Akın, B. S., Kırmızıgül, O., 2017. Heavy metal contamination in surface sediments of Gökçekaya Dam Lake, Eskişehir, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 76(11), 1-11.

Akköz, C., Yilmaz, B., 2009. The determination of some pollution parameters, water quality and heavy metal concentrations of Suğla Lake (Seydişehir, Konya). *Journal of International Environmental Application and Science*, 4 (4), 408-412.

Akköz, C., Çağlar, C., 2013. Examination of the concentrations of some heavy metals in the organs of two fish species (*Phoxinellus anatolicus* Hanko, 1924, *Cyprinus carpio* Linneaus, 1758) taken from Suğla Lake. *Management of Sustainable Development*, *5*(2), 5-8.

Akköz, C., Çağlar, C., 2016. Examimation of heavy metal levels in the water and sediment samples taken from Suğla Lake (Konya/Turkey). *Journal of Selcuk University Natural and Applied Science*, 5(3), 37-51.

Akpor, O. B., Muchie, M., (2010). Remediation of heavy metals in drinking water and wastewater treatment systems: Processes and applications. *International Journal of Physical Sciences*, 5(12), 1807-1817.

Aksu, Ö., Yabanli, M., Can, E., Kutluyer, F., Kehayias, G., Can, Ş. S., Demir, V., 2012. Comparison of heavy metals bioaccumulation by *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) and *Unio elongatulus eucirrus* (Bourguignat, 1860) from Keban Dam Lake, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(7A), 1942-1947.

Algül, F., Beyhan, M., 2020. Bafa Gölü sediment ve su kalitesinin ağır metaller bakımından değerlendirilmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 128-138.

Ali, .H, Khan, E., 2018a. Assessment of potentially toxic heavy metals and health risk in water, sediments, and different fish species of River Kabul, Pakistan. *Human and Ecological Risk Assessment,* https ://doi.org/10.1080/10807 039.2018.14381 75.

Ali, H., Khan, E., 2018b. What are heavy metals? Long-standing controversy over the scientific use of the term 'heavy metals'—proposal of a comprehensive definition. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 100, 6-9. https://doi.org/10.1080/02772 248.2017.14136 52.

Ali, A. E., Strezov, V., Davies, P. J., Wright, I., 2018. River sediment quality assessment using sediment quality indices for the Sydney basin, Australia affected by coal and coal seam gas mining. *Science of the Total Environment*, 616, 695-702.

Ali, H., Khan, E., Ilahi, I., 2019. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, Article ID 6730305, 14 s.

Alina, M., Azrina, A., Mohd Yunus, A. S., Mohd Zakiuddin, S., Mohd Izuan Effendi, H., Muhammad Rizal, R., 2012. Heavy metals (mercury, arsenic, cadmium, plumbum) in selected marine fish and shellfish along the Straits of Malacca. *International Food Research Journal*, 19(1), 135-140.

Alipour, H., Banagar, G. R., 2018. Health risk assessment of selected heavy metals in some edible fishes from Gorgan Bay, Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 17(1), 21-34.

Alp, A., Balık, S., 2000. Growth conditions and stock analysis of the Carp (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758) population in Gölhisar Lake. *Turkish Journal of Zoology*, 24, 291-304.

Alp, A., Yeğen, V., Apaydin Yağci, M., Uysal, R., Biçen, E., Yağci, A., 2008. Diet composition and prey selection of the pike, *Esox lucius*, in Çivril Lake, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 24(6), 670-677.

Altındağ, A., Yiğit, S., 2005. Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Turkey. Chemosphere, 60, 552–556.

Amirah, M., Afiza, A., Faizal, W., Nurliyana, M., Laili, S., 2013. Human health risk assessment of metal contamination through consumption of fish. *Journal of Environment Pollution and Human Health*, 1(1), 1-5.

Amirkolaie, A.K**.,** 2011**.** Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding. *Reviews in Aquaculture,* 3,19-26.

Anıl M., 2014. Parajenezlerinde sülfürlü mineraller içeren maden yataklarında oluşabilecek asit kaya (maden) drenajlarının çevresel etkileri. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(1), 1-26.

Annabi, A., Said, K., Messaoudi, I., 2013. Heavy metal levels in gonad and liver tissues—effects on the reproductive parameters of natural populations of *Aphanius facsiatus*. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 7309–7319. https://doi.org/10.1007/s11356-013-1745-3

Anonim, 2009. Bakır Raporu. Metalurji Dergisi, Sayı, 133. TMMOB Metalurji ve Malzeme Mühedisleri Odası. http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi133/d133_3444.pdf.

Anonim,2010a.https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Burdur_Madenler.pdf.

Anonim, 2010b. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü Görev Raporu. Isparta, 4 s.

Anonim, 2012. http://www.turkiyesulakalanlari.com, 2012.

Anonim, 2015. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Resmi Gazete Tarihi: 31.12.2004, Resmi Gazete Sayısı: 25687, Ankara

Anonim, 2019a. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2019 Yılı Ocak Ayı Sıcaklık ve Yağış Değerlendirmesi Bülteni https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2019_Ocak_S%C4%B1cakl%C4%B1kYagis_Bulten.pdf

Anonim, 2019b. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2019 Yılı Şubat Ayı Sıcaklık ve Yağış Değerlendirmesi Bülteni https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2019_Subat_SicaklikYagis_Bulten.pdf

Anonim, 2019c. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2019 Yılı Mart Ayı Sıcaklık ve Yağış Değerlendirmesi Bülteni https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2019-Mart-Sicaklik-Yagis-Bulteni.pdf

Anonim, 2019d. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2019 Yılı Haziran Ayı Sıcaklık ve Yağış Değerlendirmesi Bülteni https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2019_haziran_SicaklikYagis_Bulten.pdf

Anonim, 2019e. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2019 Yılı Temmuz Ayı Sıcaklık ve Yağış Değerlendirmesi Bülteni https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2019_temmuz_SicaklikYagis_Bulten.pdf

Anonim, 2019f. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2019 Yılı Ağustos Ayı Sıcaklık ve Yağış Değerlendirmesi Bülteni https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2019-Agustos-Sicaklik-Yagis-Bulteni.pdf.

Anonim, 2019g. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Burdur Havzası Nehir Havzası Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme Kapsam Belirleme Raporu, Kasım, 2019.

Apaydın-Yağcı, M., 2013. Seasonal zooplankton community variation in Karataş Lake, Turkey. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(2), 265-276.

Arain, M. B., Kazi, T. G., Jamali, M. K., Jalbani, N., Afridi, H. I., Baig, J. A., 2008. Speciation of heavy metals in sediment by conventional, ultrasound and microwave assisted single extraction methods: a comparison with modified sequential extraction procedure. *Journal of Hazardous Materials*, 154(1-3), 998-1006.

Araújo, F. G., Morado, C. N., Parente, T. T. E., Paumgartten, F. J., Gomes, I. D., 2018. Biomarkers and bioindicators of the environmental condition using a fish species (*Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803) in a tropical reservoir in Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 78(2), 351-359.

Arslan, N., Emiroğlu, Ö., 2011. First record of parasitic annelida-hirudinea (*Piscicola geometra* Linnaeus, 1761) on *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) in Lake Uluabat (Turkey). *Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(1), 131-133.

Arslan, S., Çiçekgil, Z., 2018. Türkiye'de tarım ilacı kullanım durumu ve kullanım öngörüsü. *TEAD Araştırma Makalesi,* 4(1), 1-12.

Arumugam, A., Li, J., Krishnamurthy, P., Jia, Z. X., Leng, Z., Ramasamy, N., Du, D., 2020. Investigation of toxic elements in *Carassius gibelio* and *Sinanodonta woodiana* and its health risk to humans. *Environmental Science and Pollution Research International*, 27, 19955-19969.

Asche, F., Bellemare, M.F., Roheim, C., Smith, M.D., Tveterås, S., 2015. Fair enough? Foodsecurity and the international trade of seafood. *World Development.* 67, 151–160. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.10.013.

Aslam, S., Yousafzai, A. M., 2017. Chromium toxicity in fish: A review article. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *5*(3), 1483-1488.

Aston, J.E., Apel, W.A., Lee, B.D., Peyton, B.M., 2010. Effects of cell condition, pH, and temperature on lead, zinc, and copper sorption to *Acidithiobacillus caldus* strain BC13, *Journal of Hazardous Materials*, 184(1–3), 34-41.

ASTM, 2000. E 1391-94 *Standard guide for collection, storage, characterization and manipulation of sediments for toxicological testing.* In: 2000 ASTM standards on environmental sampling, vol 11 05 Conshohocken, 768-788.

Atabek-Yiğit, E., 2009. *Enerji ve Çevre,* Çevre Sorunları,Eğitim Fakülteleri İçin Genel Çevre Bilimi - Maya Akademi.

Ataol, M., 2010. Burdur Gölü'nde seviye değişimleri (The water level changings in Burdur Lake). *Turkish Journal of Geographical Sciences*, 8(1), 77-92.

Ataselim, Z., Kazancı N., 2014. *Suğla Gölü Havzasının Jeolojisi, Konya, Orta Toroslar*. 67.Türkiye Jeoloji, Kurultayı, 14-18 Nisan/April 2014, Ankara.

Ateş, A., Demirel, H., 2019. Investigation of heavy metal accumulation in Sapanca Lake sediment by using pollution indices. *Environment*, 6, 16-21.

Atkinson, C. A., Jolley, D. F., Simpson, S. L., 2007. Effect of overlying water pH, dissolved oxygen, salinity and sediment disturbances on metal release and sequestration from metal contaminated marine sediments. *Chemosphere*, 69(9), 1428-1437.

Authman, M.M.N., Zaki, M.S., Khallaf, E.A. and Abbas, H.H., 2015. Use of fish as bioindicator of the effects of heavy metals pollution. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 6(4), 1-13.

AWWA, 2011. *Water Quality and Treatment* – A Handbook on Drinking Water. Sixth edition, ABD: Mc Graw Hill.

AWWA, 2017. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd edition, Part 3000 Metals, 3030 Preliminary Treatment Of Samples*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

Ayangbenro, A.S., Babalola, O.O., 2017. A new strategy for heavy metal polluted environments: A review of microbial biosorbents. I*nternational Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(1), 94-110. https://doi.org/10.3390/ijerph14010094.

Aygen, C., Balık, S., 2005. Işıklı Gölü ve kaynaklarının (Çivril-Denizli) Crustacea faunası. *Su Ürünleri Dergisi*, 22(3), 371-375.

Aytekin, T., Kargın, D., Çoğun, H., Temiz, Ö., Varkal, H.S., Kargın, F., 2019. Accumulation and health risk assessment of heavy metals in tissues of the shrimp and fish species from the Yumurtalik coast of Iskenderun Gulf, Turkey. *Heliyon*, 5. e02131.

Azaman, F., Juahir, H., Yunus, K., Azid, A., Kamarudin, M., Toriman, M., Mustafa, A., Amran, M., Hasnam, C.N., Saudi, A.S., 2015. Heavy metal in fish: analysis and human health-a review. *Jurnal Tenologi*, 77(1), 61-69.

Baby, J., Raj, J.S., Biby, E.T., Sankarganesh, P., Jeevitha, M.V., Ajisha, S.U., Rajan, S.S., 2010. Toxic effects of heavy metals on aquatic environment. *International Journal Biological Chemistry Science*, 4(4), 939-952.

Bahadır, M., 2012. Kovada Gölü havzası ekosistemine genel bir bakış. *Electronic Turkish Studies*, *7*(4), 948-963.

Bahnasawy, M., Khidr, A. A., Dheina, N., 2009. Seasonal variations of heavy metals concentrations in mullet, *Mugil cephalus* and *Liza ramada* (Mugilidae) from Lake Manzala, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 13(2), 81-100.

Bahnasawy, M., Khidr, A. A., Dheina, N., 2011. Assessment of heavy metal concentrations in water, plankton, and fish of Lake Manzala, Egypt. *Turkish Journal of Zoology*, 35(2), 271-280.

Balami, S., Sharma, A., Karn, R., 2019. Significance of nutritional value of fish for human health. *Malaysian Journal of Halal Research Journal*, 2,2, 32-34. doi: 10.2478/mjhr-2019-0012.

Balık, İ, 1997. Beyşehir Gölü balık avcılığı üzerine bir araştırma. *Su Ürünleri Dergisi*, 14(1-2), 145-51.

Balık, S., Ustaoğlu, M. R., Sarı, H. M., 1997. Marmara Gölü (Salihli) sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) populasyonunun büyüme özellikleri. *Su Ürünleri Dergisi*, 14(1-2), 47-55.

Balık, İ., Karaşahin, B., Özkök, R., Çubuk, H., Uysal, R., 2003. Diet of silver crucian carp *Carasssius gibelio* in Lake Eğirdir. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3, 87-91.

Balık, İ., Özkök, R., Çubuk, H., Uysal, R., 2004a. Investigation of some biological characteristics of the silver crucian carp, *Carassius gibelio* (Bloch 1782) population in Lake Eğirdir. *Turkish Journal of Zoology*, 28(1), 19-28.

Balık, S., Sari, H. M., Ustaoglu, M. R., İlhan, A., 2004b. Çivril Gölü (Denizli, Türkiye) Kadife Balığı [*Tinca tinca* (L., 1758)] populasyonunun yapısı, mortalitesi ve büyümesi. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 28(6), 973-979.

Balık, İ., Çubuk, H., Karaşahin, B., Özkök, R., Uysal, R., Alp, A., 2006. Food and feeding habits of the pikeperch, *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758), population from Lake Eğirdir (Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 30(1), 19-26.

Balık, İ., Çubuk, H., Özkök, R., 2007. Eğirdir Gölü'nde ekonomik balık populasyonlarının göl sahasındaki dağılımları. *Journal of Fisheries Sciences.com,* 1 (2), 88-96.

Baramaki Yazdi, R., Rezae, M., Ebrahimpour, M., Babaei, H., Pourkhabbaz, A., 2015. Compersion of bioaccumulation factor of heavy metals in two fish species (*Esox lucius* and *Carassius gibelio*) from Anzali Wetland. *Journal of Wetland Ecobiology*, *7*(2), 79-90.

Baran İ., Ongan T. 1988. Gala Gölü'nün limnolojik özellikleri, balıkçılık sorunları ve öneriler. *Gala Gölü ve Sorunları Sempozyumu, Doğal Hayatı Koruma Derneği Bilimsel Yayınlar Serisi*, İstanbul. 46-54.

Barbieri, M., 2016. The importance of enrichment factor (EF) and geoaccumulation index (I_{geo}) to evaluate the soil contamination. *Journal of Geology and Geophysics*, 5(1), 1-4.

Barrilli, G. H. C., Rocha, O., Negreiros, N. F., Verani, J. R., 2015. Influence of environmental quality of the tributaries of the Monjolinho River on the relative condition factor (Kn) of the local ichthyofauna. *Biota Neotropica*, 15(1). e20140107.

Başkurt, S., Vatan, P. Ö., Emiroğlu, Ö., Aksu, S., 2020. Gynogenetic reproduction potential of invasive *Carassius gibelio* in Ula Pond. *International Journal of Natural and Engineering Sciences,* 14(1), 8-10.

Başyiğit B., Tekin Özan, S., 2013. Concentrations of some heavy metals in water, sediment, and tissues of pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake related to physico-chemical parameters, fish size, and seasons. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(3), 633-644.

Bat, L., Öztekin, A., Şahin, F., Arıcı, E., Özsandıkçı, U., 2018. An overview of the Black Sea pollution in Turkey. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, 1(2), 67-86.

Bat, L., Şahin, F., Öztekin, A., Arici, E., Yardım, Ö., 2019a. Assessment of Cd, Hg, Pb, Cu and Zn amounts in muscles of *Cyprinus carpio* from Karasu Stream, Sinop. *Current Agriculture Research Journal*, 7(2), 171-180.

Bat. L., Şahin, F., Öztekin, A., 2019b. Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and Polychaetes in Sinop shores of the Black Sea. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(5), 806-816. doi: ksutarimdoga.v22i45606.53588.

Bawuro, A.A., Voegborlo, R.B., Adimado A.A., 2018. Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in Lake Geriyo, Adamawa State, Nigeria. *Journal of Environmental and Public Health*, Article ID 1854892, 7 s. https://doi.org/10.1155/2018/1854892.

Bayazıt- Hayta, A. B., 2006. Çevre kirliliğinin önlenmesinde ailenin yeri ve önemi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(2), 359-376.

Bayçelebi, E., Kaya, C., Güçlü, S. S., Küçük, F., Turan, D., 2020. Taxonomic status of endemic fish species in Lake Beyşehir Basin (Turkey). *Acta Aquatica Turcica*, 16, 138-147.

Begum, A., Mustafa, A. I., Amin, M. N., Chowdhury, T. R., Quraishi, S. B., Banu, N., 2013. Levels of heavy metals in tissues of shingi fish (*Heteropneustes fossilis*) from Buriganga River, Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(7), 5461-5469.

Bernard, A., 2008. Cadmium & its adverse effects on human health. *Indian Journal Medical Research*, 128(4), 557-564.

Binici, A., Pulatsü, S., 2018. Türkiye'deki baraj gölleri: Su ve sedimentte ağır metal çalışmaları. *Ziraat Mühendisliği,* 365, 5-12.

Birecikligil, S. S., Çiçek, E., Öztürk, S., Seçer, B., Celepoğlu, Y., 2016. Length-length, length-weight relationship and condition factor of fishes in Nevşehir Province, Kızılırmak River Basin (Turkey). *Acta Biologica Turcica*, 29(3), 72-77.

Bobori, D. C., Moutopoulos, D. K., Bekri, M., Salvarina, I., Munoz, A. I. P., 2010. Length-weight relationships of freshwater fish species caught in three Greek lakes. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 14, 219-224.

Boroń, A., Szlachciak, J., Juchno, D., Grabowska, A., Jagusztyn, B., Porycka, K., 2011. Karyotype, morphology, and reproduction ability of the Prussian carp, *Carassius gibelio* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae), from unisexual and bisexual populations in Poland. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41(1), 19-28.

Bosch, A. C., O'Neill, B., Sigge, G. O., Kerwath, S. E., Hoffman, L. C., 2016. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1), 32–48. https://doi.org/10.1002/jsfa.7360.

Bostancı, D., 2005. Bafra Balık Gölü ve Eğirdir Gölü'nde yaşayan balık populasyonlarında opak birikim analizi ile yaş doğrulaması. Doktora Tezi, OMU Fen Bilimleri Enstitüsü, 136s.

Bostancı, D., Polat N., Akyürek, M., 2007a. Some biological aspects of the crucian carp, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) inhabiting in Eğirdir Lake. *International Journal of Natural and Engineering Sciences,* 1(3), 55-58.

Bostancı, D., Polat N., Yılmaz S., 2007b. Havuz balığı (*Carassius gibelio* Bloch, 1782)'nın farklı kemiksi yapı yaşlarında benzerlik ve farklılıkların değerlendirilmesi. *Journal of Fisheries Sciences,* (1), 1-6.

Bostancı, D., Polat, N., Kandemir, S., Yılmaz, S., 2007c. Bafra Balık Gölü'ndeki havuz balığının (*Carassius gibelio*) kondisyon faktörü ve boy-ağırlık ilişkisinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Universitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi,* 2(2), 117-125.

Bostancı, D., Yılmaz, S., Polat, N., 2007d. Gölhisar Gölü (Burdur)'ndeki kızılkanat (*Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1758) populasyonunda yaş belirleme, boy-ağırlık ilişkisi ve kondüsyon faktörü üzerine bir araştırma. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 5(8), 99-107.

Brissot, P., Cavey, T., Ropert, M., Gaboriau, F., Loréal, O., 2018. Hemochromatosis: a model of metal-related human toxicosis. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(3), 2007-2013.

BSGM, 2019. T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Balıkçılık vee Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Su Ürünleri İstatistikleri, Ankara – 2020.

Bulut, C., Atay, R., Uysal, K., 2009. Eğirdir Gölü'nde fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değişimi ve limnolojik açıdan değerlendirilmesi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi - A : Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik,* 10(2), 447-454.

Bulut, C., Atay, R., Uysal, K., Köse, E., 2012. Çivril Gölü yüzey suyu kalitesinin değerlendirilmesi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi–C, Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji,* Cilt, *2*, 1-8.

Bulut, S., Mert R., Algan, B., Özbek, M., Ünal, B., Konuk, M., 2013. Several growth characteristics of an invasive cyprinid fish (*Carassius gibelio* Bloch, 1782). *Notulae Scientia Biologicae*, 5(2), 133-138.

Bulut, C., 2015. Eğirdir Gölü ve Göldeki Bazı Su Ürünlerinde Ağır Metal Düzeyleri İle Stres Parametrelerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.

Bulut, C., Kubilay, A., 2019. Seasonal change of water quality in Eğirdir Lake (Isparta/Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(1), 13-23. doi: 10.12714/egejfas.2019.36.1.02.

Burada, A., Teodorof, L., Despina, C., Seceleanu-Odor, D., Tudor, M., Ibram, O., Ion Năvodaru, I., Murariu, G., Ţopa, C. M., Tudor, M., 2017. Trace elements in fish tissue with commercial value of the Danube Delta Biosphere Reserve. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 16(3), 731-738.

Büyükyıldız, M., Yılmaz, V., 2011. Türkiye'deki bazı göllerin su seviyesindeki değişimin incelenmesi. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 4(6), 1061-1073.

Canlı, M., G. Atlı., 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, 121:129–36. doi:10.1016/S0269- 7491(02)00194-X.

Canpolat, O., 2013. The determination of some heavy metals and minerals in the tissues and organs of the *Capoeta umbla* fish species in relation to body size, sex, and age. *Ekoloji*, 22(87), 64-72.

Canpolat, Ö., Çalta, M., 2003. Heavy metals in some tissues and organs of *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) fish species in relation to body size, age, sex and seasons. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12(9), 961-966.

Cao, L., Huang, W., Shan, X., Ye, Z., Dou, S., 2012. Tissue-specific accumulation of cadmium and its effects on anioxidative responses in japonese flounder juveniles. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 33, 16–25.

Chan, H. M., Egeland, G. M., 2004. Fish consumption, mercury exposure, and heart diseases. *Nutrition Reviews*, 62(2), 68-72.

Chatta, A., Khan, M., Mirza, Z., Ali, A., 2016. Heavy metal (cadmium, lead, and chromium) contamination infarmed fish: a potential risk for consumers' health. *Turkish Journal of Zoology*, 40(2), 248–256.

Chen, R.H., Li, F.P., Zhang, H.P., Jiang, Y., Mao, L.C., Wu, L.L., Chen, L., 2016. Comparative analysis of water quality and toxicity assessment methods for urban highway runoff. *The Science Of The Total Environment*, 553, 519–523.

Christophoridis, C., Evgenakis, E., Bourliva, A., Papadopoulou, L., Fytianos, K., 2020. Concentration, fractionation, and ecological risk assessment of heavy metals and phosphorus in surface sediments from lakes in N. Greece. *Environmental Geochemistry and Health*, 42(9), 2747-2769.

Chuan, O. M., Yunus, K., 2019. Sediment and Organisms as Marker for Metal Pollution. In *Monitoring of Marine Pollution*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.85569

CODEX, 1981. *Codex Stan Norm 108-1981, Standard for natural mineral waters*, CXS 108-1981.

Coşkun, D., Ertan, Ö. O., 2016. Eğirdir Gölü (Hoyran Bölgesi) fitoplanktonik alg florası üzerine bir araştırma. *Journal of Natural & Applied Sciences*, 20(1), 16-26.

Çağlak, E., Karslı, B., 2014. Beyşehir Gölü'ndeki sudak (*Stizostedion lucioperca*, Linnaeus 1758) balığı kasında bazı ağır metallerin birikiminin araştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi – Journal of Agricultural Sciences,* 20, 203-210.

Çağlarırmak, N., Hepçimen, A. Z., 2010. Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. *Akademik Gıda*, 8(2), 31-35.

Çakır, M., Minareci, O., 2015. Işıklı Gölü ve Işıklı Çayı'nda (Çivril-Denizli) deterjan, fosfat ve bor kirliliğinin araştırılması. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 30(1), 23-34.

Çakmak, S. Y., Zengin, G., Güler, O. G., Aktumsek, A., Özparlak, H., 2012. Fatty acid composition and Ω3/Ω6 ratios of the muscle lipids of six fish species in Suğla Lake, Turkey. *Archives of Biological Sciences*, 64(2), 471-477.

Çaldırak, H., Kurtuluş, B., Canoğlu, M. C., Tunca, E., 2017. Assessment of heavy metal contamination and accumulation patterns in the coastal and deep sediments of Lake Salda, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12A, 8047-8061.

Çelebi, H., Gök, G., 2018. Topraklarda otoyol ve trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(6).

Çelik, S., 2019. Hızlı şehirleşmenin doğurduğu sorunlar ve çözüm yolları. *Journal of International Social Research*, 12(62), 1169-1178.

Çetin, B., 2009. Karataş (bahçeözü) gölü (Burdur-Karamanlı) sulak alanının kullanımı ve ortaya çıkan sorunlara coğrafi bir bakış. *Nature Sciences*, 4(4), 157-174.

Çınar, Ş., Çubuk, H., Özkök, R., Tümgelir, L., Çetinkaya, S., Erol, K. G., Ceylan, M., 2007. Growth features of silver crucian carp (*Carassius gibelio* Bloch, 1782) population in lake Beyşehir. *Turkish Journal of Aquatic Life*, 3-5(5-8), 401-409.

Çiçek, A., Köse, E., Emiroğlu, Ö., Tokatli, C., Başkurt, S., Sülün, Ş., 2014. Boron and arsenic levels in water, sediment, and tissues of *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) in a Dam Lake. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(5),1843-1848.

Çiçek, E., Birecikligil, S. S., Fricke, R., 2015. Freshwater fishes of Turkey: a revised and updated annotated checklist. *Biharean Biologist*, 9(2), 141-157.

Çiçek, L. N., Ertan, Ö. O., Erdoğan, Ö., Didinen, H., Boyacı, Ö. Y., Kara, D., Zeybek, M., Diken, G., 2017. Distribution of phytoplankton and its relationship with physicochemical parameters in Lake Eğirdir (Isparta/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 10(3), 150-162.

Çiçek, N. L., Yamuç, F., 2017. Using epilithic algae assemblages to assess water quality in Lake Kovada and Kovada Channel (Turkey), and in relation to environmental factors. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(4), 701-711.

Çolak, H. S., 2013. Metazoan parasites of fish species from Lake Sığırcı (Edirne, Turkey). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 37(2), 200-205.

Çubuk, H., Çınar, Ş., Uysal, R., Çetinkaya, S., Özkök, R., Tümgelir, L., Yağcı, M., Erol, K.G., Ceylan, M., 2006. Invesitigation of the economical fish stocks in Lake Beysehir and Eğirdir. *Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*, TAGEM-HAYSÜD/2005/09/02/02.

Dağtekin B. B., Baştürk Ö., 2014. Çıldır Gölü'nde yaşayan gümüşi havuz balığının *(Carassius gibelio Bloch, 1782)* et verimi ve biyokimyasal kompozisyonu. *Aquaculture Studies* (Eski Yunus Araştırma Bülteni), 2, 15-22.

Dane, H., Şişman, T., 2017. A histopathological study on the freshwater fish species chub (*Squalius cephalus*) in the Karasu River, Turkey. *Turkish Journal of Zoology,* 41, 1-11.

Dane, H., Şişman, T., 2020. A morpho-histopathological study in the digestive tract of three fish species influenced with heavy metal pollution. *Chemosphere*, 242, 125212.

Datta, C., Tiwari, P., 2016. Impact of environmental degradation on human health. *International research journal of management, IT and social sciences*, 3(1), 1-6.

Davraz, A., Yılmaz, E. I., 2016. Hydrogeological and hydrogeochemical assesment of Gölhisar (Burdur) plain. *Pamukkale University Journal Of Engineering Sciences-Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22, 528-537.

Delgado, C., Wada, N., Rosegrant, M.W., Meijer, S., Ahmed, M., 2003. *The future of fish: issues and trends to 2020.* IFPRI Issue Brief 15. Washington, D.C. (USA): IFPRI.

Demir, S., Karakişi, H., 2016. Metazoan parasite fauna of the Prussian carp, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)(Cyprinidae), from Marmara Lake, Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, 68(2), 265-268.

Demirarslan, K., Demirarslan, D., 2018. Sanayileşme, kentleşme ve çevre ilişkisi: Kocaeli İli örneği. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 1(1), 29-43.

Demirbağ, E., Kelek, S., Çınar, K., 2012. Kovada, Eğirdir ve Karacaören II Baraj göllerinde yaşayan sudak balığı (*Sander lucioperca* L., 1857) solungaçlarındaki Glikokonjugatların Histokimyasal Yapısı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23(1), 29-33.

Dereli, E. M., Ertürk, A., Çakmakçı, M., 2017. Yüzeysel sularda ağır metallerin etkileri ve ötrofikasyon ile ilişkisi. *Turkish Journal of Aquatic Sciences*, 32(4), 214-231.

Devanesan, E., Gandhi, M. S., Selvapandiyan, M., Senthilkumar, G., Ravisankar, R., 2017. Heavy metal and potential ecological risk assessment in sediments collected from Poombuhar to Karaikal Coast of Tamilnadu using Energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) technique. *Beni-Suef University Journal of Basic And Applied Sciences*, 6(3), 285-292.

Didinen, H., Boyacı, Y. Ö., 2014. Beyşehir Gölü zooplankton türlerinin aylık dağılımı. *Journal of Natural & Applied Sciences*, 18(1), 91-98.

Diler, D., Çınar, K., 2009. Kangal balıklarının (*Garra rufa*) solungaçlarındaki mukus hücrelerinin histokimyasi üzerine çalışma. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 51-60.

Diler, D., Çınar, K., 2010. Histochemical characterization of glycoconjugates in the gills of the *Aphanius sureyanus anatoliae sureyanus* (Neu, 1937)(Osteichthyes: Cyprinodontidae). *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 1-8.

Dinçtürk E., 2014. Beyşehir Gölü'nde gümüşi havuz balığının (*Carassius gibelio* Bloch, 1782) bazı populasyon özellikleri ve biyoekolojik durumunun belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.

Dizman, S., Görür, F. K., Keser, R., 2017. Assessment of human health risk from heavy metals levels in water and tissues of two trout species (*Oncorhynchus mykiss* and *Salmo coruhensis*) from the Fırtına and Güneysu Rivers in Turkey. *Toxin Reviews*, 36(4), 306-312.

Dökmeci, A.H., 2005. Gala Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Yükseklisans Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Edirne,112 sf., Türkiye.

Duffus, J., H., 2002. Heavy metals—A meaningless term?. *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), 793-807.

Duodu, G. O., Goonetilleke, A., Ayoko, G. A., 2016. Comparison of pollution indices for the assessment of heavy metal in Brisbane River sediment. *Environmental Pollution*, 219, 1077-1091.

Ebrahimpour, M., Pourkhabbaz, A., Baramaki, R., Babaei, H., Rezaei, M., 2011. Bioaccumulation of heavy metals in freshwater fish species, Anzali, Iran. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87(4), 386.

EC, 2006. European Commission, Commission Regulation No 1881/2006 of 19 December 2006 *Setting Maximum Levels For Certain Contaminants İn Foodstuffs*. Official Journal of The European Community, 2001; 77,1-13.

Egemen, Ö., 2000. *Çevre ve Su Kirliliği* Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın No:42, 70-74.

Ekmekçi, F. G., Kırankaya, Ş. G., Gençoğlu, L., Yoğurtçuoğlu, B., 2013. Türkiye içsularındaki istilacı balıkların güncel durumu ve istilanın etkilerinin değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 28(1), 105-140.

Elbeshti, R.T. A., Elderwish, N.M., Abdelali, K. M. K., Taştan, Y., 2018. Effects of Heavy Metals on Fish. *Menba Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 4(1), 36-47.

Emiroğlu, O., Uyanoğlu, M., Canbek, M., Başkurt, S., 2010. Erythrocyte sizes of *Carassius gibelio* species in Porsuk Dam Lake (Eskisehir/Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(24), 3077-3082.

Emiroğlu, Ö., Bayramoğlu, G., Öztürk, D., Yaylacı, Ö. K., 2011. Determination of the gynogenetic reproduction character of *Carassius gibelio* in Uluabat Lake. *Asian journal of animal and veterinary advances*, 6(6), 648-653.

Emiroğlu, Ö., Tarkan, A. S., Top, N., Başkurt, S., Sülün, Ş., 2012. Growth and life history traits of a highly exploited population of non-native gibel carp, *Carassius gibelio* from a Large Eutrophic Lake (Lake Uluabat, NW Turkey): is reproduction the key factor for establishment success?. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 925-936. doi: 10.4194/1303-2712-v12_4_20.

Enuneku, A., Omoruyi, O., Tongo, I., Ogbomida, E., Ogbeide, O., Ezemonye, L., 2018. Evaluating the potential health risks of heavy metal pollution in sediment and selected benthic fauna of Benin River, Southern Nigeria. *Applied Water Science*, 8(8), 224.

Erdemli, A. Ü., 1982. Beyşehir Gölü balıkları. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 131-142.

Erdoğan, F., 2008. Alabalık yemlerinde alternatif protein kaynakları kullanımı ve kültür balıkçılığının geleceği açısından önemi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi,* 4(1-2), 74-85.

Erdoğan, Z., Torcu Koc, H., Güngör, S., Ulunehir, G., 2014. Age, growth and reproductive properties of an invasive species *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) (Cyprinidae) in the Ikizcetepeler Dam Lake (Balikesir), Turkey. *Periodicum biologorum*, 116(3), 285-291.

Erdoğan, K., Kandemir, Ş., Doğru, M. I., Doğru, A., Şimşek, I., Yılmaz, S., Örün, G., Altaş, L., Yazıcıoğlu, O., Korkmaz, N., Örün I., 2019. The effects of seasonal heavy-metal pollution of Ladik Lake on pike fish (*Esox lucius*), *Biological Rhythm Research,* 1-25. doi:10.1080/09291016.2019.1607215.

Ergüden, S. A., 2015a . Age and growth properties of Prussian Carp, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) living in the middle basin of Seyhan River in Adana, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 47(5), 1365-1371.

Ergüden, S., 2015b. Determination of condition factor and length-weight relationship of the Prucian carp, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) inhabiting Seyhan Dam Lake. *International Journal of Scientific Research,* 1, 157-166.

Ergüden, S. A., 2018. Current status of invasive prussian carp, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) in Seyhan Basin and its potential Effects on basin ecosystem. *International Journal of Scientific and Technological Research,* 4(6) 53-59.

EU, 1998. Council Directive 98/83/EC (1998) Off J L 330/41:32-54.

EU, 2001. *Commission Regulation as regards heavy metals*, Directive 2001/22/EC No. 466/2001.

EU, 2020. *Commission Regulation* 2020/1245 *amending and correcting Regulation (EU) on plastic materials and articles intended to come into contact with food*. No. 10/2011

Ezemonye, L. I., Adebayo, P. O., Enuneku, A. A., Tongo, I., Ogbomida, E., 2019. Potential health risk consequences of heavy metal concentrations in surface water, shrimp (*Macrobrachium macrobrachion*) and fish (*Brycinus longipinnis*) from Benin River, Nigeria. *Toxicology Reports*, 6, 1-9.

Fafioye, O.O., Oladunjoye, R.Y., Bamidele, T., Ige, T.A., 2017. Determination of heavy metal levels in *Oreochromis niloticus* and *Chrysichthys nigrodigitatus* from Ogun River, Nigeria. *International Journal of Fisheries and Aquaculture,* 9, 86-91.

Fakıoğlu, Ö., Demir, N., 2011. Beyşehir Gölü fitoplankton biyokütlesinin mevsimsel ve yersel değişimleri. *Ekoloji*, 20(80), 23-32.

Fan, Z., Shen, J., 1990. Studies on the evolution of bisexual reproduction in crucian carp (*Carassius auratus gibelio* Bloch). *Aquaculture*, 84(3-4), 235-244.

FAO, 1983. C*ompilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products*, Food and Agriculture Organization, Fishery Circular No. 464, 5-100.

FAO, 1999. *World Aquaculture Society (WAS),* Sydney, Australia, May 1999. http://www.fao.org/3/x4933e/X4933e4.htm (Erişim Tarihi: 11.2020).

FAO, 2003. *Food and Agriculture Organization Heavy Metal Regulations* – Faolex (2003). Legal Notice no. 66/2003. 2003.

FAO, 2013. *Fish And Human Nutrition,* http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/newsroom/docs/BlueGrowthNutritionRev2.pdf (Erişim Tarihi: 11.2020).

FAO, 2014. *Fish Trade and Human Nutrition: The Role of Fish in Nutrition and Food Security*. Working Document COFI:FT/XIV/2014, Bergen, Norway.

FAO, 2017. http://www.fao.org/zhc/detail-events/en/c/880881/ (Erişim Tarihi: 11.2020).

FAO, 2018. Dünyada Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Durumu. http://www.fao.org/3/CA0191TR/ca0191tr.pdf Aralık 2019 (Erişim Tarihi: 11.2020).

FEPA, 2003. *Federal Environmental Protection Agency. Guidelines and Standards for Environmental Pollution Control in Nigeria.* Nigeria

Fernandes, A. C., Medeiros, C. O., Bernardo, G. L., Ebone, M. V., Di Pietro, P. F., Assis, M. A. A. D., Vasconcelos, F. D. A. G. D., 2012. Benefits and risks of fish consumption for the human health. *Revista de Nutrição*, 25(2), 283-295.

Fırat, Ö. , İnandı, A., 2016. Investigation of combined effect of zeolite and mercury toxicity on some serum biochemical parameters of *Oreochromis niloticus*. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(3), 251-257. doi: 10.12714/egejfas.2016.33.3.09.

Fidan, A.F., Ciğerci, İ.H., Konuk, M., Küçükkurt, İ., Aslan, R., Dündar, Y., 2008. Determination of some heavy metal levels and oxidative status in *Carassius carassius* L.,1758 from Eber Lake. *Environmental Monitoring and Assessment,* 147 (1-3), 35-41.

Fierro, P., Valdovinos, C., Vargas-Chacoff, L., Bertrán, C., Arismendi, I., 2017. Macroinvertebrates and fishes as bioindicators of stream water pollution. *Water Quality. Intechopen, Rijeka*, 23-38.

Freeman, L. A., Corbett, D. R., Fitzgerald, A. M., Lemley, D. A., Quigg, A., Steppe, C. N., 2019. Impacts of urbanization and development on estuarine ecosystems and water quality. *Estuaries and Coasts*, 42(7), 1821-1838.

Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Van der Laan, R. (eds) 2020. Eschmeyer's Catalog of Fishes:Genera,Species,References. (http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp). Electronic version accessed 11.2020.

Fural, Ş., Kükrer, S., Cürebal, İ., 2020. Geographical information systems based ecological risk analysis of metal accumulation in sediments of İkizcetepeler Dam Lake (Turkey). *Ecological Indicators*, 119, 106784.

Gao, L., Wang, Z., Li, S., Chen, J., 2018. Bioavailability and toxicity of trace metals (Cd, Cr, Cu, Ni, and Zn) in sediment cores from the Shima River, South China. *Chemosphere*, 192, 31-42.

García-Ordiales, E., Covelli, S., Esbrí, J. M., Loredo, J., Higueras, P. L., 2016. Sequential extraction procedure as a tool to investigate PTHE geochemistry and potential geoavailability of dam sediments (Almadén mining district, Spain). *Catena*, 147, 394-403.

Garnero, P. L., de los Angeles Bistoni, M., Monferran, M., 2020. Trace element concentrations in six fish species from freshwater lentic environments and evaluation of possible health risks according to international standards of consumption. *Environmental Science and Pollution Research İnternational*, 27, 27598–27608.

Gautam, R. K., Sharma, S. K., Mahiya, S., Chattopadhyaya, M. C., 2015. Contamination of heavy metals in aquatic media: transport, toxicity and technologies for remediation, in *Heavy Metals In Water: Presence, Removal and Safety, S. K. Sharma, Ed., The Royal Society of Chemistry,* Cambridge, UK, 1–24 s.

Gaygusuz, Ö., Emiroğlu Ö., Tarkan A. S., Aydin H., Top N., Dorak Z., Karakuş U., Başkurt S., 2013. Assessing the potential impact of nonnative fish on native fish by relative condition. *Turkish Journal of Zoology*, 37, 84-91.

Geldiay, R., Balık, S., 2002. Freshwater fishes of Turkey, II. *Baskı, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, 46, 532.

Geldiay, R., Balık, S., 2007. *Türkiye Tatlısu Balıkları*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları no: 46 Ders Kitabı Dizini no: 16 Bornova- İzmir, 644 s.

Genç, T. O., Yılmaz, F., 2016. Risk assessment and accumulation of metals in sediment of Köyceğiz Lagoon System, Turkey. *Journal of Advances of Agriculture*, *6*(1), 804-812.

Genç, T. O., Yılmaz, F., 2018. Heavy metals content in water, sediment, and fish *(Mugil cephalus*) from Koycegiz lagoon system in Turkey: Approaches for assessing environmental and health risk. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(1), 71-82.

Gençer, M., Başayiğit, L., Akgül, M., 2015. Eğirdir Gölü koruma zonları CORINE arazi kullanım sınıflaması. *Journal of Agricultural Sciences*, 21, 26-38.

Gheorghe, D. C., Nica, A., Cristea, V., Răzlog, G. P., 2012. Growth and mortality estamation parameters for the Prussian carp (*Carassius gibelio*, Bloch, 1782) population from Danube River (km 170-196). *UASVM Iasi, Lucrări Ştiinţifice Journal, Seria Zootehnie*, 57(17), 164-169.

Ghisi, N.C., de Oliveira E.C., 2019. *Biomonitoring of Diffuse Contamination in the Subtropical Region of Brazil: Multibiomarker Assessment in Neotropical Freshwater Fishes.* In: Gómez-Oliván L.M. (eds) Pollution of Water Bodies in Latin America. Springer, Cham. 255-273 s.

Giannopoulos, G., Hartop, K. R., Brown, B. L., Song, B., Elsgaard, L., Franklin, R. B, 2020. Trace metal availability affects greenhouse gas emissions and microbial functional group abundance in freshwater wetland sediments. *Frontiers in microbiology*, 11, 560861. doi: 10.3389/fmicb.2020.560861.

Gobas, F.A.P.C., Morrison, H.A., 2000. *Handbook of PropertyEstimation Methods for Chemicals,* Boethling, R.S., Ed., CRC Press, 2000, 192 s.

Goel, P.K., 2006. *Water Pollution, Cause, Effects and Control*, Second revised Edition. New Age international Publishers.

Gökkuş, K., Berber, S., 2019. Heavy metal pollution in İnebolu and Bartın Ports, Black Sea, Turkey. Indian Journal of Geo Marine Sciences, 48(10), 1600-1608.

Gözükara, G., Altunbaş, S., Sarı, M., 2019. Burdur Gölü'ndeki seviye değişimi sonucunda ortaya çıkan lakustrin materyalin zamansal ve mekansal değişimi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3), 386-396.

Grant, S.L., Kim, M., Lin, P., Crist, K.C., Ghosh, S., Kotamarthi, V.R., 2014. A simulation study of atmospheric mercury and its deposition in the Great Lakes. Atmospheric Environment, 94, 164-172.

Gray, J.S., 2002. Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. *Marine Pollution Bulletin*, 45(1-12), 46-52.

Gu, Y. G., Lin, Q., Huang, H. H., Wang, L. G., Ning, J. J., Du, F. Y., 2017. Heavy metals in fish tissues/stomach contents in four marine wild commercially valuable fish species from the western continental shelf of South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 114(2), 1125-1129.

Guo, W., Huo, S., Ding, W., 2015. Historical record of human impact in a lake of northern China: Magnetic susceptibility, nutrients, heavy metals and OCPs, *Ecological Indicators*, 57, 74-81.

Gupta, B. G., 2019. Impact on surface water and human health due to toxic waste water released from bleaching and dyeing units at Maheshtala Textile Cluster, West Bengal, India (August 10, 2019). Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3435466 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3435466

Gülcen, B., Karaca, Ö., Kuş, M. A., Özcan, E., Kaman, D., Ögetürk, M., Kuş, İ.,2014. Sıçanlarda beyin prefrontal korteks dokusu üzerine omega-3 yağ asitlerinin koruyucu etkisi. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(1), 22-26.

Gülcü Gür, B., Tekin Özan, S., 2017a. The seasonal variations of heavy metal levels in muscle, liver and gill of Pike (*Esox lucius* L.,1758) inhabiting Işıklı Lake (Turkey). *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 40-45.

Gülcü Gür, B., Tekin Özan, S., 2017b. The investigation of heavy metal levels in water and sediment from Işıklı Lake (Turkey) in relation to seasons and physico-chemical parameters. *Journal of Aquaculture Engineering And Fisheries Research*, 3(2), 87-96.

Güldiren, O., Tekin Özan, S., 2018. Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nde yaşayan Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın kas, karaciğer ve solungaçlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 9(2), 157-167.

Gülle, İ., Küçük, F., 2016. Isparta İli içsu balıkları faunası ve ekolojik durumu. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 12(2), 149- 157.

Güngör, H. S., 2012. İkizcetepeler Baraj Gölü'nde Yaşayan Gümüşi Havuz Balığı *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) Populasyonunun Biyolojik Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, Türkiye.

Gwangndi, M. I., Muhammad, Y. A., Tagi, S. M., 2016. The impact of environmental degradation on human health and its relevance to the right to health under international law. *European Scientific Journal*, 12(10).

Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water research*, 14(8), 975-1001.

Hammoud, H. A., Rabee, A. M., 2017. Assessment of Heavy Metals Pollution in Sediment of Shatt Al-Hilla by Using Ecological Indices. *Iraqi Journal of Science*, 58(3C), 1609-1616.

Has-Schön, E., Bogut, I., Rajković, V., Bogut, S., Čačić, M., Horvatić, J., 2008. Heavy metal distribution in tissues of six fish species included in human diet, inhabiting freshwaters of the Nature Park "Hutovo Blato"(Bosnia and Herzegovina). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 54(1), 75-83.

Hassimi, H., Taleb, A., Bouezmarni, M. · Karzazi, O., Taleb, M., Kherbeche A., Debbaut, V., 2019. The effect of the physicochemical conditions variations on the behavior of heavy metals trapped in polluted fluvial system sediments: the case of Oued Sebou, Morocco. *Applied Water Science,* 9(17). https://doi.org/10.1007/s13201-019-0891-2.

Hawkes S.J., 1997. What is a "Heavy Metal"?. *Journal of Chemical Education,* 74, 11,1374 https://doi.org/10.1021/ed074p1374.

Hefnawy, A. E., El-Khaiat, H. M., 2015. The importance of copper and the effects of its deficiency and toxicity in animal health. *International Journal of Livestock Research*, *5*(12), 1-20.

Hembrom, S., Singh, B., Gupta, S.K., Nema, A.K., 2020. *A Comprehensive Evaluation of Heavy Metal Contamination in Foodstuff and Associated Human Health Risk: A Global Perspective.* In: Singh P., Singh R., Srivastava V. (eds) Contemporary Environmental Issues and Challenges in Era of Climate Change. Springer, Singapore.

Herawati, N., Suzuki, S., Hayashi, K., Rivai, I.F., Koyoma, H., 2000. Cadmium, copper and zinc levels in rice and soil of Japan, Indonesia and China by soil type. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 64, 33-39.

Ho, H. H., Swennen, R., Cappuyns, V., Vassilieva, E., Van Gerven, T., Tran, T.V. 2012. Potential release of selected trace elements (As, Cd, Cu, Mn, Pb and Zn) from sediments in Cam River-mouth (Vietnam) under infl uence of pH and oxidation. *Science of The Total Environment*, 435-436(0), 487–498.

Hogstrand, C., 2011. *Zinc*, *Fish Physiology*. Academic Press, New York, 31(A) 135-200. https://doi.org/10.1016/S1546-5098(11)31003-5

Hong, Y. J., Liao, W., Yan, Z. F., Bai, Y. C., Feng, C. L., Xu, Z. X., Xu, D. Y., 2020. Progress in the research of the toxicity effect mechanisms of heavy metals on freshwater organisms and their water quality criteria in China. *Journal of Chemistry*, ID 9010348, 12s.

Hossain, M., Z., 2015. Water: The most precious resource of our life. *Global Journal of Advanced Research*, 2(9), 1-11.

Hsu, L. C., Huang, C. Y., Chuang, Y. H., Chen, H. W., Chan, Y. T., Teah, H. Y., Chen, T. Y., Chang, C. F., Liu, Y. T., Tzou, Y. M., 2016. Accumulation of heavy metals and trace elements in fluvial sediments received effluents from traditional and semiconductor industries. *Scientific reports*, *6*, 34250. https://doi.org/10.1038/srep34250.

Huang, Y., Zhang, D., Xu, Z., Yuan, S., Li, Y., Wang, L., 2017. Effect of overlying water pH, dissolved oxygen and temperature on heavy metal release from river sediments under laboratory conditions. *Archives of Environmental Protection*, *43*(2), 28-36.

Huntington, T., 2009. *Use of wild fish and other aquatic organisms as feed in aquaculture – a review of practices and implications in Europe*. In: Hasan, M.R., Halwart, M. (Eds.), Fish as Feed Inputs for Aquaculture: Practices, Sustainability and Implications. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 518, Rome, 209–268.

Huo, S., Zhang, J., Yeager, K. M., Xi, B., Qin, Y., He, Z., Wu, F., 2015. Mobility and sulfidization of heavy metals in sediments of a shallow eutrophic lake, Lake Taihu, China. *Journal of environmental sciences*, *31*, 1-11.

Hussain, M., Muhammad, S., Malik, R. N., Khan, M. U., Farooq, U., 2014. Status of heavy metal residues in fish species of Pakistan. *Reviews Of Environmental Contamination and Toxicology*, 230, 111–132. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04411-8_5.

Huy, T. B., Tuyet-Hanh T. T., Johnston, R., Nguyen-Viet, H., 2014 Assessing health risk due to exposure to arsenic in drinking water in Hanam Province, Vietnam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11,7575-7591.

IFFO, 2020. *The Marine Ingredients Organisation, Benefits of Marine Ingredients*. https://www.iffo.com/benefits-marine-ingredients (Erişim Tarihi: 11.2020).

Ionescu, P., Radu, V. M., Deak, G., Ciobotaru, I. E., Marcu, E., Diacu, E., Pipirigeanu, M., 2019. Bioaccumulation of potentially toxic elements in fish species from aquatic environments located in crowded areas of southern Romania. *Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology*, 1, 53-58.

Iqbal, J., Saleem, M., Shah, M. H. , 2016. Spatial distribution, environmental assessment and source identification of metals content in surface sediments of freshwater reservoir, Pakistan. *Geochemistry*, 76(1), 171-177.

Islam, M. S., Ahmed, M. K., Habibullah-Al-Mamun, M., 2014. Heavy metals in cereals and pulses: health implications in Bangladesh. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(44), 10828-10835.

Islam, M. S., Ahmed, M. K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, M., Kundu, G. K., 2017. Heavy metals in the industrial sludge and their ecological risk: A case study for a developing country. *Journal of Geochemical Exploration*, 172, 41-49.

Islam, M. S., Hossain, M. B., Matin, A., Sarker, M. S. I., 2018. Assessment of heavy metal pollution, distribution and source apportionment in the sediment from Feni River estuary, Bangladesh. *Chemosphere*, 202, 25-32.

İlhan, A., Sarı H.M., 2013. Marmara Gölü balık faunası ve balıkçılık faliyetleri, *Ege Journal* of *Fisheries* and *Aquatic* Sciences,30(4),187-191. doi:10.12714/egejfas.2013.30.04.08.

İlhan, A., Balık, S., Sarı, H., 2014a. Orta ve batı anadolu endemik içsu balıklarının günümüzdeki dağılımları ve koruma statüleri. *Aquatic Sciences and Engineering*, 29(2), 9-34.

İlhan, A., Sarı, H.M., Şahin, M., 2014b. Reproductive biology of gibel carp (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) population in Marmara Lake (Manisa). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 31(4), 215-219. doi: 10.12714/egejfas.2014.31.4.07

İlhan, A., Sarı, H. M., 2015. Length-weight relationships of fish species in Marmara Lake, West Anatolia, Turkey. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, *73*(1), 30-32.

İnnal, D., Erk'akan, F., 2006. Effects of exotic and translocated fish species in inland waters of Turkey. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 16, 39–50.

İnnal, D., 2011. Distribution and impacts of *Carassius species* (Cyprinidae)in Turkey: a review. *Management of Biological Invasions*, 2(1), 57-68.

İnnal, D., 2012. Age and Growth properties of *Carassius gibelio* (Cyprinidae) living in Aksu River Estuary (Antalya – Turkey). *Review of Hydrobiology*, 5(2) 97-109.

İnnal, D., Çağlan, D. C., Özdemir, F., 2019. Species composition of fish community in Onaç Creek (Burdur-Turkey) and their length-weight relationships. *Acta Biologica Turcica*, 32(3), 135-142.

İnnal, D., Stavrescu-Bedivan, M., Özturk, M. O., Özmen, Ö., 2020. First record of *Contracaecum rudolphii* Hartwich, 1964 in *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) from Turkey. *Aquatic Sciences and Engineering,* 35(1), 1-5.

Jakimska A., Konieczka, P., Skóra, K.,Namieśnik J., 2011. Bioaccumulation of metals in tissues of marine animals, Part II: Metal concentrations in animal tissues. *Polish Journal of Environmental Studies,* 20(5), 1127-1146.

Jarić, I., Višnjić-Jeftić, Ž., Cvijanović, G., Gačić, Z., Jovanović, L., Skorić, S., Lenhardt, M., 2011. Determination of differential heavy metal and trace element accumulation in liver, gills, intestine and muscle of sterlet (Acipenser ruthenus) from the Danube River in Serbia by ICP-OES. *Microchemical Journal*, 98(1), 77-81.

Jarup, L., 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167-182.

JECFA, 1982a. *Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Copper, TRS 683-JECFA 26/31.* https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa database/chemical.aspx?chemID=2824 (Erişim Tarihi: 11. 2020).

JECFA, 1982b. *Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Zinc, TRS 683-JECFA 26/32*. https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=4197 (Erişim Tarihi: 11. 2020).

JECFA, 1999. *Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Lead, TRS 896-JECFA 53/81*. https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=3511 (Erişim Tarihi: 11.2020).

JECFA, 2006. *Evaluation of certain veterinary drug residues in food (Sixty-sixth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*). WHO Technical Report Series, No. 939, 2006.

JECFA, 2010. *Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Cadmium, TRS 960-JECFA 73*. https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=1376 (Erişim Tarihi: 11.2020).

JECFA, 2013. *Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Cadmium, TRS 983 JECFA 77.* https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=1376 (Erişim Tarihi: 11.2020).

Jezierska, B., Witeska, M., 2006. The metal uptake and accumulation in fish living in polluted waters. Soil and water pollution monitoring, protection and remediation, *Springer*, Dordrecht, 107-114.

Jia, Y., Wang, L., Qu, Z., Wang, C., Yang, Z., 2017. Effects on heavy metal accumulation in freshwater fishes: species, tissues, and sizes. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(10), 9379-9386.

John, M., Heuss-Aßbichler, S., Ullrich, A., Rettenwander, D., 2016. Purification of heavy metal loaded wastewater from electroplating industry under synthesis of delafossite (ABO2) by "Lt-delafossite process". *Water Research*, 100, 98-104.

Judd, S J., 2016. The status of industrial and municipal effluent treatment with membrane bioreactor technology. *Chemical Engineering Journal,* 305, 37-45.

Kaçıkoç, M., Beyhan, M., 2014. Hydrodynamic and water quality modeling of Lake Eğirdir. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 42(11), 1573-1582.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2003. Metallerin çevresel etkileri-*I. Metalurji Dergisi*, 136, 47-53.

Kalender, L., Uçar, S. Ç., 2013. Assessment of metal contamination in sediments in the tributaries of the Euphrates River, using pollution indices and the determination of the pollution source, Turkey. *Journal of Geochemical Exploration*, 134, 73-84.

Kalyoncu, L., Kalyoncu, H., Arslan, G., 2011. Determination of heavy metals and metals levels in five fish species from Işıklı Dam Lake and Karacaören Dam Lake (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment,* 184, 2231-2235.

Kandemir, S., Doğru, M., Orun, I., Dogru, A., Altaş, L., Erdoğan, K., Örün, G., Polat, N., 2010. Determination of heavy metal levels, oxidative status, biochemical and hematological parameters in *Cyprinus carpio* L., 1758 from Bafra (Samsun) fish lakes. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9, 617-622.

Kantarcı, M., 2008. Isınma–kuraklaşma sürecinin Göller Bölgesindeki durumu ve etkileri üzerine ekolojik bir değerlendirme. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 9(2), 1-34.

Kaptan, H ,Tekin Özan, S., 2014. Eğirdir Gölü'nün (Isparta) suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan Sazan'ın (*Cyprinus carpio* L. 1758) bazı doku ve organlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel University Journal of Science,* 9 (2), 44-60.

Karadede-Akın, H., Ünlü, E., 2007. Heavy metal concentrations in water, sediment, fish and some benthic organisms from Tigris River, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 131(1-3), 323-337.

Karayakar, F., Bavbek, O., Cicik, B., 2017. Mersin Körfezi'nde avlanan balık türlerindeki ağır metal düzeyleri. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*. 3(3), 141-150.

Katalay, S., Ayhan, M.M., Günal, A.Ç., 2019. The effects of zinc pyrithione on total hemocyte counts of mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(2), 185-189. doi: 10.12714/egejfas.2019.36.2.11

Katip, A., Karaer, F., 2011. Uluabat Gölü su kalitesinin Türk mevzuatına ve uluslararası kriterlere göre değerlendirilmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 16(2), 25-34.

Katip, A., 2019. Bioaccumulation of trace metals in wastewater-fed aquaculture: A case study in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(6), 4221–4238.

Kaya, G., Türkoğlu, S., 2018. Toxic and essential metals in *Cyprinus carpio, Carassius gibelio*, and *Luciobarbus esocinus* tissues from Keban Dam Lake, Pertek, Turkey. *Food Additives & Contaminants: Part B*, *11*(1), 1-8.

Kayhan, F. E. (2006). Su ürünlerinde kadmiyumun biyobirikimi ve toksisitesi. *Su Ürünleri Dergisi*, *23*(1), 215-220.

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.

Kayrak, S., Tekin Özan, S., 2018. determination of heavy metal contents in water, sediments and fish tissues of *Tinca tinca* in Kovada Lake, Turkey. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research,* 4(2), 73-84.

Kazancı, N., 1999. Köyceğiz, Beyşehir, Akşehir, Eber, Kovada, Yarışlı, Bafa, Salda, Karataş, Küçük ve Büyük Menderes Deltası, Güllük Sazlığı, Karamuk Bataklığı'nın Limnolojisi, Çevre Kalitesi ve Biyolojik Çeşitliliği, *Türkiye İç Sular Araştırma Dizisi: IV,* 372s.

Kelek, S., Çınar, K., 2010. Kovada Gölü'nde yaşayan sudak balığı (*Sander lucioperca*) solungaçlarının histokimyasal yapısı. *Istanbul University Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 25(2), 25-35.

Kelek, S., Çınar, K., 2011. Eğirdir Gölü'nde yaşayan sudak balığı (*Sander lucioperca*) solungaçlarının histokimyasal yapısı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(3), 142-147.

Kesici, E., Kesici, C., 2006. The effects of interverences in natural structure of Lake Eğirdir (Isparta) to ecological disposition of the lake. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1), 99-103.

Khalili Tilami, S., Sampels, S., 2018. Nutritional value of fish: lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(2), 243-253.

Khan, S., Shahnaz, M., Jehan, N., Rehman, S., Shah, M. T., Din, I., 2012. Water quality and human health risk in Charsadda district, Pakistan. *The Journal of Cleaner Production,* 10, 10-16.

Khan, M. Y. A., Gani, K. M., Chakrapani, G. J., 2017. Spatial and temporal variations of physicochemical and heavy metal pollution in Ramganga River—a tributary of River Ganges, India. *Environmental Earth Sciences*, 76(5), 231.

Kılınç, B., 2007. Balık atıklarının değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi,* 24(3), 315-319.

Kır, İ., 2005. Karataş Gölü (Burdur) ve çevresinin balık, amfibi ve sürüngen faunası. *Ekoloji*, 14(56), 23-25.

Kır, I., Tekin Özan, S., 2005. Occurrence of helminths in tench (*Tinca tinca* L., 1758) of Kovada (Isparta) Lake, Turkey. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 25, 75-81.

Kır, İ., Tekin Özan, S., Barlas, M., 2006. Heavy metal concentrations in organs of Rudd, *Scardinus erythrophthalmus* L., 1758 populating Lake Karataş-Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(1), 25-29.

Kır, İ., Tekin Özan, S. ve Tuncay, Y., 2007. Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 24(1-2), 155–158.

Kır, İ., Samancı, İ., 2012. Karacaören II Baraj Gölü (Burdur, Isparta)'nde yaşayan havuz balığı (*Carassius gibelio* Bloch., 1782)'nın Parazit Faunası. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8(2), 38-42.

Kır, İ., Erdoğan, M., Engin, M.S., 2014. Investigation of heavy metal pollution in the sediments and water of the Eğirdir Lake in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin,* 23, 3540–3545.

Kırankaya, S. G., 2007. A Comparative Study on Growth, Reproduction and Feeding Biology of Mirror Carp, Wild Carp (*Cyprinus carpio*, L., 1758) and Prussian carp [*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)] in Gelingüllü Dam Lake (Yozgat-Turkey), Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

Kırankaya, Ş., Ekmekçi, F.G., 2013. Life-history traits of the invasive population of Prussian Carp, *Carassius gibelio* (Actinopterigi: Cypriniformes: Cyprinidae) from Gelingüllü reservoir, Yozgat Turkey. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 43, 31-40. doi: http://dx.doi.org/10.3750/AIP2013.43.1.05.

Kilercioğlu, S., Dağlioğlu, N., Kilercioğlu, B.G., 2015. Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesinden yakalanan levrek (*Dicentrarchus labrax* L.,1758) ve yayın (*Silurus glanis* L.,1758) balıklarında kalıcı organik kirleticilerin belirlenmesi. *Journal of Aquatic Sciences,* 30, 1-13.

Kiyani, V., Hosynzadeh, M., Ebrahimpour, M., 2013. Investigation acute toxicity some of heavy metals at different water hardness. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(2), 134-142.

Kleanthidis, P. K., Sinis, A. I., Stergiou, K. I., 1999. Length-weight relationships of freshwater fishes in Greece. *Naga, The ICLARM Quarterly*, 22(4), 37-40.

Kocataş, A. (2006). *Ekoloji ve Çevre Biyolojisi* (9. baskı). İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları Ders Kitabı Dizini No:20.

Koç, C., Yılmaz, E ., 2019. A study about of heavy metal pollution in the Büyük Menderes River in Turkey . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* 15, 571-578. DOİ: 10.31590/ejosat.533632.

Kottelat, M., J. Freyhof, 2007. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin.

Koller, M., Saleh, H.M., 2018. Introductory Chapter: *Introducing Heavy Metals*. In Heavy Metals; Saleh, H.E.-D.M., Aglan, R.F., Eds.; IntechOpen: London, UK. Available online: https://www.intechopen.com/books/heavy-metals/introductory-chapter-introducing-heavy-metals.

Korkmaz, C., Ay, Ö., Ersoysal, Y., Köroğlu, M. A., Erdem, C., 2019. Heavy metal levels in muscle tissues of some fish species caught from north-east Mediterranean: Evaluation of their effects on human health. *Journal of Food Composition and Analysis*, 81, 1-9.

Kormoker, T., Proshad, R., Islam, M. S., 2019. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment of the Louhajang River, Bangladesh. *SF Journal of Environmental* and *Earth Science.* 2(2), 1030.

Kottelat, M., Freyhof, J., 2007. *Handbook of European freshwater fishes*. Publications Kottelat.

Kowalska, J. B., Mazurek, R., Gąsiorek, M., Zaleski, T., 2018. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination–A review. *Environmental Geochemistry and Health*, 40(6), 2395-2420.

Köse, E., Uysal, K., Tokatlı, C., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., 2012. Assessment of boron in water, sediment and fish tissues of Porsuk Stream, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 44(5), 1446-1449.

Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N. 2015. Heavy metal accumulations in water, sediment, and some cyprinid species in Porsuk Stream (Turkey). *Water Environment Research*, 87(3), 195-204.

Köse, E., Emiroğlu, Ö., Çiçek, A., Aksu, S., Başkurt, S., Tokatli, C., Uğurluoğlu, A., 2020. Assessment of ecologic quality in terms of heavy metal concentrations in sediment and fish on Sakarya River and Dam Lakes, Turkey. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 29(3), 292-303.

Krauskopf, K. B., 1971. The source of ore metals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 35(7), 643-659.

Kris-Etherton P.M., 2003. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease *Circulation*, 107(3), 512-512.

Kumar, A., MMS, C. P., Chaturvedi, A. K., Shabnam, A. A., Subrahmanyam, G., Mondal, R., Yadav, K. K. (2020). Lead toxicity: health hazards, influence on food chain, and sustainable remediation approaches. *International Journal Of Environmental Research and Public Health*, *17*(7), 2179.

Kurnaz, A., Mutlu, E., ve Uncumusaoğlu A.A., 2016. Determination of water quality parameters and heavy metal content in surface water of Çiğdem Pond (Kastamonu/Turkey) *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(10), 907-913.

Kuru, M., Balik, S., Ustaoğlu, M. R., Ünlü, E., Tas-Kavak, E., Gul, A., Yılmaz, M., Sarı, H.M., Küçük, F., Kutrup, B., Hamalosmanoglu, M., 2001. Evaluation of wetlands according to Ramsar agreement fish criteria [Türkiye'de Bulunan Sulak Alanların Ramsar Sözleşmesi Balık Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi Projesi] TC Çevre Bakanlığı Çevre Kordinatörlüğü Genel Müdürlüğü ve Gazi Üniversitesi Vakfı. Kesin Raporu Ankara.

Kutlu, B., 2018. Dissemination of heavy-metal contamination in surface sediments of the Uzunçayır Dam Lake, Tunceli, Turkey. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24(8), 2182-2194.

Küçük F., Turan D., Şahin C., Gülle İ., 2009. *Capoeta mauricii n sp* a new species of cyprinid fish from Lake Beyşehir, Turkey (Osteichthyes: Cyprinidae). Zoology in the Middle East, 47, 71-82.

Küçük, F., 2012. Extinct endemic fishes of Turkey: *Alburnus akili* (Gövce) and *Pseudophoxinus handlirschi* (Kavinne)(Pisces: Cyprinidae). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12(2), 345-347.

Küçük, F., Atalay, M. A., Güçlü, S. S., Gülle, İ., 2012. Türkiye'de yayılış gösteren *Pseudophoxinus* (Teleostei: Cyprinidae) türlerinin bazı morfolojik özellikleri ve zoocoğrafik dağılımları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8(2), 1-9.

Küçük, F., Bayçelebi, E., Güçlü, S. S., Gülle, İ., 2015. Description of a new species of Hemigrammocapoeta (Teleostei: Cyprinidae) from Lake Işıklı, Turkey. *Zootaxa*, 4052(3), 359-365.

Küçük, F., Gülle İ., İnnal D., Güçlü S. S., 2016. Burdur İli balıkları biyoçeşitlilik envanteri populasyon ve habitat durumları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 7.

Lakra, K. C., Lal, B., Banerjee, T. K., 2019. Coal mine effluent-led bioaccumulation of heavy metals and histopathological changes in some tissues of the catfish *Clarias batrachus*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(3), 1-14.

Leonardos, I. D., Tsikliras, A. C., Eleftheriou, V., Cladas, Y., Kagalou, I., Chortatou, R., Papigioti, O., 2008. Life history characteristics of an invasive cyprinid fish (*Carassius gibelio*) in Chimaditis Lake (northern Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 24(2), 213-217.

Li, N., Tian, Y., Zhang, J., Zuo, W., Zhan, W., Zhang, J., 2017. Heavy metal contamination status and source apportionment in sediments of Songhua River Harbin region, Northeast China. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 3214-3225.

Liasko, R., Liousia, V., Vrazeli, P., Papiggioti, O., Chortatou, R., Abatzopoulos, T. J., Leonardos, I. D., 2010. Biological traits of rare males in the population of *Carassius gibelio* (Actinopterygii: Cyprinidae) from Lake Pamvotis (north-west Greece). *Journal of Fish Biology*, 77(3), 570-584.

Liu, W. H., Zhao, J. Z., Ouyang, Z. Y., Söderlund, L., Liu, G. H., 2005. Impacts of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing, China. *Environment International*, 31(6), 805-812.

Liu, X., Jiang, J., Yan, Y., Dai, Y., Deng, B., Ding, S., Su S., Sun W., Li, Z., Gan, Z., 2018. Distribution and risk assessment of metals in water, sediments, and wild fish from Jinjiang River in Chengdu, China. *Chemosphere*, 196, 45-52.

Loska K., Wiechuła D., 2000. Effects of pH and aeration on copper migration in above-sediment water. *Polish Journal of Environmental Studies*, 9(5), 433-437.

Lu, L., Liu, G., Wang, J., Liu, Y., 2017. Accumulation and health risk assessment of trace elements in *Carassius auratus gibelio* from subsidence pools in the Huainan coalfield in China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(9), 1-16.

Lubna, A., Mohamed, C.A., Mokhtar, M., 2012. Accumulation pattern of heavy metals in marine organisms collected from a coal burning power plant area of Malacca Strait. *Scienceasia,* 38, 331-339.

Łuczyńska, J., Paszczyk, B., Łuczyński, M. J., 2018. Fish as a bioindicator of heavy metals pollution in aquatic ecosystem of Pluszne Lake, Poland, and risk assessment for consumer's health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 153, 60-67.

Luo, J., Ye, Y., Gao, Z., Wang, Y., Wang, W., 2014. Characterization of heavy metal contamination in the habitat of red-crowned crane (*Grus japonensis*) in Zhalong Wetland, Northeastern China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 93(3), 327-333.

MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G., Berger, T. A. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39, 20–31.

Mackay, D., Fraser, A., 2000. Bioaccumulation of persistent organic chemicals: mechanisms and models. *Environmental Pollution*, 110(3), 375-391.

MAFF, 1995. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activitiesregulating the disposal of wastes at sea, 1993. Aquatic Environment Monitoring Report No. 44. Directorate of Fisheries Research, Lowestoft.

Magalhães, C., Costa, J., Teixeira, C., Bordalo, A.A., 2007. Impact of trace metals on denitrification in estuarine sediments of the Douro River estuary, Portugal. *Marine Chemistry*, 107, 332–341.

Malik, N., Biswas, A.K., Qureshi, T.A., Borana K., Virha R., 2010. Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 267. https://doi.org/10.1007/s10661-008-0693-8.

Manaşırlı, M., Azgin, C., Ozyurt, C. E., Goksu, M. Z. L., 2019. The growth and mortality rates of silver crucian carp (*Carassius gibelio* BLOCH, 1982) in Seyhan Dam Lake (Southeastern Mediterranean Region: Adana, Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(3), 1667-1675.

Mangadze, T., Dalu, T., Froneman, P. W., 2019. Biological monitoring in southern Africa: a review of the current status, challenges and future prospects. *Science of The Total Environment*, 648, 1492-1499.

Manoj, K., Padhy, P. K., 2014. Distribution, enrichment and ecological risk assessment of six elements in bed sediments of a tropical river, Chottanagpur Plateau: a spatial and temporal appraisal. *Journal of Environmental Protection*, *5*(14), 1419.

Markich, S. J., Brown, P. L., Jeffree, R. A., 2001. Divalent metal accumulation in freshwater bivalves: an inverse relationship with metal phosphate solubility. *Science of The Total Environment*, *275*(1-3), 27-41.

Martin S, Griswold, W., 2009. Human health effects of heavy metals. *Environmental Science and Technology Briefs for Citizens*,15, 1-6.

Masindi V., Muedi K.L., 2018. Environmental contamination by heavy metals, in: environmental contamination by heavy metals. *Intech*, https://doi.org/10.5772/intechopen.76082.

Maurya, P.K., Malik, D.S., Yadav,K.K., Kumar, A., Kumar, S., Kamyab, H., 2019. Bioaccumulation and potential sources of heavy metal contamination in fish species in River Ganga basin: Possible human health risks evaluation. *Toxicology Reports 6*, 472-481.

Mensoor, M., Said, A., 2018. Determination of heavy metals in freshwater fishes of the Tigris River in Baghdad. *Fishes*, *3*(2), 23.

Menteşe, S., 2017. Çevresel sürdürülebilirlik açısından toprak, su ve hava kirliliği: Teorik bir inceleme. *Journal of International Social Research*, *10*(53), 381-389.

Mihaileanu, R. G., Neamtiu, I. A., Fleming, M., Pop, C., Bloom, M. S., Roba, C., Gurzau, E., 2019. Assessment of heavy metals (total chromium, lead, and manganese) contamination of residential soil and homegrown vegetables near a former chemical manufacturing facility in Tarnaveni, Romania. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(1), 8.

Milam, C., Maina, H., Maitera, O. N., Daniel, V. N., 2020. An assessment of heavy metal contents impact on fish species obtained from Kiri Dam, Adamawa State. *FUW Trends in Science & Technology Journal*, 5 (1), 001- 006.

Milanov, Đ. R., Krstić, P. M., Marković, V. R., Jovanović, A. D., Baltić, M. B., Ivanović, S. J., Jovetıć, M., Baltić, Ž. M. (2016). Analysis of heavy metals concentration in tissues of three different fish species included in human diet from Danube River. *Acta Veterinaria*, 66(1), 89-102.

Miller, C. V., Gutiérrez-Magness, A. L., Feit Majedi, B. L., Foster, G. D., 2007. *Water quality in the Upper Anacostia River, Maryland: Continuous and discrete monitoring with simulations to estimate concentrations and yields, 2003-05*. U. S. Geological Survey.

Miller, J.D., Hutchins, M., 2017. The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom *Journal of Hydrology*: *Regional Studies*, 12, 345-362, 10.1016/j.ejrh.2017.06.006.

Milošković, A., Branković, S., Simić, V., Kovačević, S., Ćirković, M., Manojlović, D., 2013. The accumulation and distribution of metals in water, sediment, aquatic macrophytes and fishes of the Gruža Reservoir, Serbia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 90(5), 563-569.

Mimeche, F., Biche, M., 2015. Length–weight relationships of four non-native cyprinid from the semiarid region in North-East of Algeria. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 8(1), 82-88.

Mishra, S., Bharagava, R.N., More, N., Yadav, A., Zainith, S., Mani, S., Chowdhary, P., 2019. *Heavy metal contamination:An alarming threat to environment and human health*. In Environmental Biotechnology: For Sustainable Future; Sobti, R.C., Arora, N.K., Kothari, R., Eds.; Springer: Singapore, 103-125.

Mitra, A., Barua, P., Zaman, S., Banerjee, K., 2012. Analysis of trace metals in commercially important crustaceans collected from UNESCO protected world heritage site of Indian sundarbans. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12(1), 49-61.

Miyasaka, C. K., de Souza, J. A., Torres, R. P., Mancini Filho, J., Lajolo, F. M., Curi, R. 1998. Effect of the administration of fish oil by gavage on activities of antioxidant enzymes of rat lymphoid organs. *General Pharmacology: The Vascular System*, 30(5), 759-762.

Mohanty, B.P., Ganguli, S., Mahanty, A., Mita, T., Patra, S., Karunakaran D., Mathew S., Chakraborty, K., Paul, B.N., Sarma, D., Dayal, S., Singh, S., Ayyappan, S., 2019. Fish in human health and nutrition. *Advances in Fish Research,* 7, 189–218.

Mol, S. Karakulak, F. S., Ulusoy, Ş., 2017. Assessment of potential health risks of heavy metals to the general public in Turkey via consumption of red mullet, whiting, turbot from the Southwest Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(6), 1135-1143.

Moradinasab G., Daliri M., Ghorbani R., Paighambari S.Y., Davoodi R., 2012. Length-weight and length-length relationships, Relative condition factor and Fulton's condition factor of Five Cyprinid species in Anzali wetland, southwest of the Caspian Sea. *Caspian Journal of Environmental Sciences,* 10(1), 25-31.

Mota, T. F. M., Sampaio, A. R., Ghisi, N. C., 2019. Biomonitoring using comet assay in fish: A scientometric approach. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 14(1), 49-52.

Muller, G., 1969. Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River. *Geojournal* 2, 108-118.

Mustafa, S. A., 2020. Histopathology and heavy metal bioaccumulation in some tissues of *Luciobarbus xanthopterus* collected from Tigris River of Baghdad, Iraq. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46, 123-129.

Mutlu, E., Kutlu, B., Demir, T., 2016. Assessment of Çınarli Stream (Hafik-Sivas) water quality via physico-chemical methods. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(4), 267-278.

Naji, A., Khan, F. R., Hashemi, S. H., 2016. Potential human health risk assessment of trace metals via the consumption of marine fish in Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 667-671.

Numann, W., 1958. Anadolu'nun muhtelif göllerinde limnolojik ve balıkçılık ilmi bakımından araştırmalar ve bu göllerde yaşayan sazanlar hakkında özel bir etüd. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü Yayınlarından*, 7, 114s.

Nurgül, Ş., Tekin Özan, S., 2016. The histomorphological changes in *Carassius carassius* (Linnaeus,1758), liver and kidney tissues of some heavy metals. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences,* 45(9), 1123-1127.

O'Callaghan, I., Harrison, S., Fitzpatrick, D., Sullivan, T., 2019. The freshwater isopod *Asellus aquaticus* as a model biomonitor of environmental pollution: A review. *Chemosphere*, 235, 498-509.

Onsanit, S., Ke, C., Wang, X., Wang, K. J., Wang, W. X., 2010. Trace elements in two marine fish cultured in fish cages in Fujian province, China. *Environmental Pollution*, 158(5), 1334-1342.

Oruçoğlu, K., Beyhan, M., 2019. Göller Bölgesi göllerinde ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research,* 3(1), 10-20.

Ölçek, Z. S., 2019. Demirköprü Baraj Gölü'ndeki Gümüşi Havuz Balığı [*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)]'nın Biyolojik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.

Örün, E., Yalçın, S. S., 2011. Kursun, civa, kadmiyum: çocuk sağlığına etkileri ve temasın belirlenmesinde saç örneklerinin kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 3(2), 73-81.

Özbolat, G., Tuli A., 2016. Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521.

Özdemir, N., Yılmaz, F., Levent Tuna, A., Demirak, A., 2010. Heavy metal concentrations in fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius carassius*) sediment and water found in the Geyik Dam Lake, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 5, 798-804.

Özdilek, Ş. Y., Partal, N., Jones, R. I., 2019. An invasive species, *Carassius gibelio*, alters the native fish community through trophic niche competition. *Aquatic Sciences*, 81(2), 1-11.

Özdilek, Ş.Y., Jones, R.I., 2014. The diet composition and trophic position of introduced Prussian Carp *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) and native fish species in a Turkish River. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 14, 769-776. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v14_3_19.

Özen, M.R., Pak, F., 2020. Metal accumulation in some tissues of Meagre (*Argyrosomus regius*) exposed to copper and cadmium. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 37(2), 201-206. doi: 10.12714/egejfas.37.2.12.

Özkan, Y., Koca, S. S., 2006. The efficiency of omega-3 fatty acid (fish oil) in hyperlipidemia treatment. *Fırat Tıp Dergisi*, 11(1), 40-44.

Özkök, R., Çubuk, H., Tümgelir, L., Uysal, R., Çınar, Ş., Küçükkara, R., Erol, K.G., Ceylan, M., 2007. Eğirdir Gölü'ndeki Gümüşi Havuz Balığı (*Carassius gibelio* Bloch, 1782) Populasyonunun Büyüme Özellikleri. *Türk Sucul Yaşam Dergisi,* 3-5.

Özparlak, H., Arslan G., Arslan E., 2012. Determination of some metal levels in muscle tissue of nine fish species from the Beyşehir Lake, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 12(4), 761-770.

Özparlak, H., Sanda, M. A., Arslan, G., 2016. Some heavy metal levels in muscle tissue of seven fish species from the Suğla and Beysehir lakes, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(6), 2090-2098.

Öztürk, M. O., 2011. Emre Baraj Gölü (Afyonkarahisar)'deki üç cyprinid balık türünün helmint faunası üzerine bir araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(1), 23-29.

Özuluğ, M., 1999. A taxonomic study on the fish in the basin of Büyükçekmece Dam Lake. *Turkish Journal of Zoology*, 23(4), 439-452.

Özuluğ, M., Acıpınar, H., Gaygusuz, Ö., Gürsoy, Ç., Tarkan A.S., 2005. Effects of human factor on the fish fauna in a drinking-water resource (Ömerli Dam Lake-Istanbul, Turkey). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1, 50-55.

Özuluğ, M., Saç, G., Gaygusuz, Ö., 2013. İstilacı özellikteki *Gambusia holbrooki, Carassius gibelio* ve *Pseudorasbora parva* (Teleostei) türleri için Türkiye'den yeni yayılım alanları. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Dergisi,* 28, 1-22.

Özuluğ, M., Gaygusuz, O., Gaygusuz, C. G., Saç, G., 2019. New distribution areas of four invasive freshwater fish species from Turkish Thrace. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(10), 837-845.

Paches, M., Martínez-Guijarro, R., Aguado, D. Ferrer J., 2019. Assessment of the impact of heavy metals in sediments along the Spanish Mediterranean coastline: Pollution indices. *Environmental Science and Pollution Research,* 26, 10887–10901. https://doi.org/10.1007/s11356-019-04485-8.

Padovan, A., Munksgaard, N., Alvarez, B., McGuinness, K., Parry, D., Gibb, K., 2011. Trace metal concentrations in the tropical sponge *Spheciospongia vagabunda* at a sewage outfall: synchrotron X-ray imaging reveals the micron-scale distribution of accumulated metals. In *Ancient Animals, New Challenges*, Springer, Dordrecht, 275-288.

Pakosta, T., Vetešník, L., Šimková, A., 2018. A long temporal study of parasitism in asexual-sexual populations of *Carassius gibelio:* Does the parasite ınfection support coevolutionary red queen dynamics?. *BioMed Research International*, Article ID 6983740, 10 pages. https://doi.org/10.1155/2018/6983740.

Pandey, G., Madhuri, S., 2014. heavy metals causing toxicity in animals and fishes. *Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences* 2(2), 17-23.

Pandey, G., Madhuri, S., Shrivastav, A. B., 2012. Contamination of mercury in fish and its toxicity to both fish and humans: An overview. *International Research Journal* of *Pharmacy,* 3(11), 44-47.

Partal, N., Özdilek, Ş.Y., 2017. Distribution and feeding ecology of invasive *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) in Karamenderes Stream, Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 34(2), 157-167.

Paul, D., 2017. Research on heavy metal pollution of river Ganga: A review. *Annals of Agrarian Science*, 15(2), 278-286.

Perdikaris, C., Ergolavou, A., Gouva, E., Nathanailides, C., Chantzaropoulos, A., Paschos, I., 2012. *Carassius gibelio* in Greece: The dominant naturalised invader of freshwaters. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22(1), 17-27.

Pesantes, A. A., Peña Carpio, E., Vitvar, T., María Mahamud López, M., Menéndez-Aguado, J. M., 2019. A multi-index analysis approach to heavy metal pollution assessment in river sediments in the Ponce Enríquez Area, Ecuador. *Water*, 11(3), 590.

Polat, S, Bellitürk, K., Metinoğlu, M., 2019. Evaluation of agricultural fields in terms of soil productivity and environmental health in the industrial zone. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım* Bilimleri *Dergisi*, 24 (Özel Sayı), 222-231.

Popenda A., 2014. Effect of redox potential on heavy metals and As behavior in dredged sediments, *Desalination and Water Treatment*, 52,19-21, 3918-3927, doi: 10.1080/19443994.2014.887449.

Popkin, B.M., D'Anci, K.E., Rosenberg, I.H., 2010. Water, hydration, and health. *Nutrition Reviews*, 68, 439–458.

Qadri, H., Bhat, R. A., Mehmood, M. A., Dar, G. H., 2020. *Fresh Water Pollution Dynamics and Remediation*. Springer Singapore.

Qian, Y., Cheng, C., Feng, H., Hong, Z., Zhu, Q., Kolenčík, M., Chang, X., 2020. Assessment of metal mobility in sediment, commercial fish accumulation and impact on human health risk in a large shallow plateau lake in southwest of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 194, 110346.

Rabee, A. M., Al-Fatlawy, Y. F., Nameer, M., 2011. Using Pollution Load Index (PLI) and geoaccumulation index (I-Geo) for the assessment of heavy metals pollution in Tigris river sediment in Baghdad Region. *Al-Nahrain Journal of Science*, 14(4), 108-114.

Rafati Rahimzadeh, M., Rafati Rahimzadeh, M., Kazemi, S., Moghadamnia, A. A. (2017). Cadmium toxicity and treatment: An update. *Caspian journal of internal medicine*, *8*(3), 135–145. https://doi.org/10.22088/cjim.8.3.135.

Rajeshkumar, S., Li, X., 2018. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. *Toxicology Reports*, 5, 288 - 295.

Rao, J. V., Srikanth, K., Pallela, R., Rao, T. G., 2009. The use of marine sponge, *Haliclona tenuiramosa* as bioindicator to monitor heavy metal pollution in the coasts of Gulf of Mannar, India. *Environmental Monitoring And Assessment*, 156(1-4), 45.

Rashed, M. N., 2001. Cadmium and lead levels in fish (*Tilapia nilotica*) tissues as biological indicator for lake water pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*, 68(1), 75-89.

Ravanbakhsh, M., Javid, A. Z., Hadi, M., Fard, N. J. H., 2020. Heavy metals risk assessment in fish species (*Johnius belangerii (C) and Cynoglossus arel*) in Musa Estuary, Persian Gulf. *Environmental Research*, 109560.

Regaldo, L., Gutierrez, M. F., Reno, U., Fernández, V., Gervasio, S., Repetti, M. R., Gagneten, A. M., 2018. Water and sediment quality assessment in the Colastiné-Corralito stream system (Santa Fe, Argentina): impact of industry and agriculture on aquatic ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(7), 6951-6968.

Reis, İ., Cerim, H., Ateş, C., 2020. Some growth parameters of five fish species in the lower Sakarya river, Turkey. *Aquatic Sciences and Engineering,* 35(3), 75-82.

Rodríguez-Barroso, M. R., Benhamou, Y., El Moumni, B., El Hatimi, I., García-Morales, J. L., 2009. Evaluation of metal contamination in sediments from north of Morocco: geochemical and statistical approaches. *Environmental Monitoring and Assessment*, 159(1-4), 169.

Ruelas-Inzunza, J., Soto-Jiménez, M. F., Ruiz-Fernández, A. C., Ramos-Osuna, M., Mones-Saucedo, J., Páez-Osuna, F., 2014. 210Po, Cd and Pb distribution and biomagnification in the yellowfin tuna *Thunnus albacares* and skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* from the Eastern Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, 87(1-2), 98-103.

Ruppert, J.L.W., Docherty, C., Neufeld, K., Hamilton, K., Mac Pherson, L., Poesch, M. S., 2017. Native freshwater species get out of the way: Prussian carp (*Carassius gibelio*) impacts both fish and benthic invertebrate communities in NorthAmerica. *Royal Society Open Science*, 4, 170400. http://dx.doi.org/10.1098/rsos.170400.

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.

Saç, G., Okgerman, H., 2015. Growth and reproduction of a non-native fish species *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) from Büyükçekmece Lake (İstanbul, Turkey). *European* (IUFS) *Journal of Biology*, 74(1), 1-12.

Saç, G., Özuluğ, M., 2017. New data on distribution of three invasive freshwater fish species in Istanbul (Turkey). *Acta Biologica Turcica*, 30(1), 11-15.

Saher, N.U., Kanwal, N., 2019. Assessment of some heavy metal accumulation and nutritional quality of shellfish with reference to human health and cancer risk assessment: a seafood safety approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 5189-5201.

Salam, M. A., Paul, S. C., Noor, S. N. B. M., Siddiqua, S. A., Aka, T. D., Wahab, R., Aweng, E. R., 2019. Contamination profile of heavy metals in marine fish and shellfish. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 5(2), 225-236.

Sallam, K. I., Abd-Elghany, S. M., Mohammed, M. A., 2019. Heavy metal residues in some fishes from Manzala Lake, Egypt, and their health-risk assessment. *Journal of Food Science*, 84(7), 1957-1965.

Sancer, O., Tekin Özan, S., 2016. Seasonal changes of metal accumulation in water, Sediment and *Phragmites austrialis* (Cav.) Trin. ex Steudel growing in Lake Kovada (Isparta, Türkiye). *Suleyman Demirel University Journal of Science*, 11(2).

Sánchez, M. L., 2008. *Causes and effects of heavy metal pollution*. Nova Science Publishers, New York.

Sarı, H. M., Balık, S., Ustaoğlu, M. R., İlhan, A., 2008. Population structure, growth and mortality of *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) in Buldan Dam Lake. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8(1), 25-29.

Sarı, E., Balkıs, N., 2009. Nilüfer, Simav, Gönen ve Biga Çayları Yüzey Sedimentlerinde Jeolojik ve Antropojenik Ağır Metal Kirliliği. 62. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 13-17.

Selvaggi, R., Damianić, B., Goretti, E., Pallottini, M., Petroselli, C., Moroni, B., La Porta, G., Cappelletti, D., 2020. Evaluation of geochemical baselines and metal enrichment factor values through high ecological quality reference points: a novel methodological approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1), 930-940.

Seven, T., Can B. Darende, B. N., Ocak S., 2018. Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.

Shirani, M., Afzali, K. N., Jahan, S., Strezov, V., Soleimani-Sardo, M., 2020. Pollution and contamination assessment of heavy metals in the sediments of Jazmurian playa in southeast iran. *Scientific reports*, 10(1), 1-11.

Shrivastava, P., Saxena, A., Swarup, A., 2003. Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal,(MP) India. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 8(1), 1-4.

Singh, M. R., 2007. Impurities-heavy metals: IR perspective. *International Journal of the Physical Sciences*, 5(4), 1045-1058.

Singh, R., Gautam, N., Mishra, A., Gupta, R., 2011. Heavy metals and living systems: An overview. *Indian Journal* of *Pharmacology*, 43(3), 246–253. doi:10.4103/0253-7613.81505

Singh, H., Raghuvanshi, D., Pandey, R., Yadav, A., Tripathi, B., Kumar, P., Shukla, D. N., 2016. Assessment of seven heavy metals in water of the river Ghaghara, a major tributary of the Ganga in Northern India. *Advances in Applied Science Research*, 7(5), 34-45.

Singh, H., Pandey, R., Singh, S. K., Shukla, D. N., 2017. Assessment of heavy metal contamination in the sediment of the River Ghaghara, a major tributary of the River Ganga in Northern India. *Applied Water Science*, *7*(7), 4133-4149.

Skoric, S., Visnjić-Jeftic, Z., Jaric, I., Djikanovic, V., Mickovic, B., Nikcevic, M., Lenhardt, M., 2012. Accumulation of 20 elements in great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) and its main prey, common carp (*Cyprinus carpio*) and Prussian carp (*Carassius gibelio*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 80, 244-251.

Slater, J., Capone, D.G., 1984. Effect of metals on nitrogen fixation and denitrification in slurries of anoxic saltmarsh sediment, *Marine Ecology - Progress Series*, 18, 89-95.

Small, K., Kopf, R.K., Watts, R.J., Howitt, J., 2014. Hypoxia, blackwater and fish kills: Experimental lethal oxygen thresholds in juvenile predatory lowland river fishes. *Plos One* 9(4), e94524. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094524.

Soylu, E., Uzmanoğlu, S., Çolak, S. Ö., Soylu, M. P., 2017 Community structure of the parasites of the endemic chocolate chub *Squalius carinus* Özuluğ & Freyhof, 2011 (Cyprinidae) from Işıklı Lake, Çivril, Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, 69, 405-409.

Sökmen, T., Güneş, M., Kırıcı, M., 2018. Karasu Nehri'nden (Erzincan) alınan su, sediment ve *Capoeta umbla* dokularındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi . *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4), 578-588. doi: 10.30910/turkjans.471355

Sönmez, A., Hisar, O., Yanık, T., 2012. Karasu Irmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1), 69-77.

Sönmez, A. Y., Kadak, A. E., Özdemir, R. C., Bilen, S., 2016. Kastamonu kıyılarından yakalanan bazı ekonomik balık türlerinde ağır metal birikiminin tespiti. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 31(2).

Stone, N. J., 1996. Fish consumption, fish oil, lipids, and coronary heart disease. *Circulation*, 94(9), 2337-2340.

Subasinghe, R., Soto, D., Jia, J., 2009. Global aquaculture and its role in sustainable development. *Reviews in Aquaculture*, 1, 2–9.

Sultana, M. S., Rana, S., Yamazaki, S., Aono, T., Yoshida, S., 2017. Health risk assessment for carcinogenic and non-carcinogenic heavy metal exposures from vegetables and fruits of Bangladesh. *Cogent Environmental Science*, *3*(1), 1291107.

Svecevičius, G., Idzelis, R. L., Mockutė, E., 2014. Accumulation of heavy metals in different body tissues of Gibel carp *Carassius gibelio* separately exposed to a model mixture (Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd) and nickel. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 22(4), 292-300.

Syasina, I.G., Khlopova, A.V., Chukhlebova, L.M., 2012. Assessment of the State of the Gibel Carp *Carassius auratus gibelio* in the Amur River Basin: Heavy-Metal and Arsenic Concentrations and Histopathology of Internal Organs. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 62, 465–478. https://doi.org/10.1007/s00244-011-9719-2.

Szabelska, A., Kirtiklis, L., Przybył, A., Boroń, A., 2017. 5S rDNA Sequence shows differences between diploid and triploid Prussian carp *Carassius gibelio* (Teleostei, Cyprinidae). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(6), 1127-1133.

Sani, U., 2011. Determination of some heavy metals concentration in the tissues of Tilapia and Catfishes. *Biokemistri*, 23(2).

Şaşı, H., Balık, S., 2003. The distribution of three exotic fishes in Anatolia, *Turkish Journal of Zoology,* 27, 319-322.

Şaşı, H., Yozukmaz, A., Yabanli, M., 2018. Heavy metal contamination in the muscle of Aegean chub (*Squalius fellowesii*) and potential risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(7), 6928-6936.

Şen, G., Karaytuğ, S., 2017. Effects of lead and selenium ınteraction on acetylcholinesterase activity in brain and accumulation of metal in tissues of *Oreochromis niloticus* (L., 1758). *Natural and Engineering Sciences*, 2(2), 21-32.

Şener, Ş., Şener, E., Davraz, A., Karagüzel, R., Bulut, C., 2010. Eğirdir Gölü su kalitesine yönelik ön bulgular: yerinde ölçümlerin değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 72-83.

Şener Ş., Elitok, Ö, Şener, E., Davraz A., 2011. An investigation of Mn contents in water and bottom sedimans from Eğirdir Lake, Turkey, *Journal of Engineering Science and Design*, 1(3), 145-149.

Şener, Ş., Davraz, A., Karagüzel, R., 2013. Evaluating the anthropogenic and geologic impacts on water quality of the Eğirdir Lake, Turkey. *Environmental Earth Sciences,* 70, 2527–2544. https://doi.org/10.1007/s12665-013-2296-0.

Şener, Ş., Davraz, A., Karagüzel, R., 2014. Assessment of trace metal contents in water and bottom sediments from Eğirdir Lake, Turkey. *Environmental earth sciences*, 71(6), 2807-2819.

Şener, Ş., Şener, E., 2015. Kovada Gölü (Isparta) dip sedimanlarında ağır metal dağılımı ve kirliliğinin değerlendirilmesi. *Journal of Natural & Applied Sciences*, 19(2), 86-96.

Şener, Ş., Şener, E., 2016. Kovada Gölü'nün (Isparta) hidrojeokimyasal incelemesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 49-58.

Tarakçı Z., Küçüköner E., 2006. Esansiyel bir mineral olan çinkonun fonksiyonel özellikleri**,** Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu.

Tarkan, A. S., Gaygusuz, Ö., Gürsoy, Ç., Acıpınar, H., Bilge, G., 2006. A new predator species *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) in Marmara Region: Succesful or not. *Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, Antalya*, 195-204.

Tarkan, A. S., Copp, G. H., Top, N., Özdemir, N., Önsoy, B., Bilge, G., Emiroğlu, Ö., 2012. Are introduced gibel carp *Carassius gibelio* in Turkey more invasive in artificial than in natural waters?. *Fisheries Management and Ecology*, 19(2), 178-187.

Tayebi, B., Ahangar A.G., 2014. The influence of heavy metals on the development and activity of soil microorganisms. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences.* 4(4), 75-85.

Taylan, Z.S., Özkoç, H.B., 2007. Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 9(2), 17–33.

Tekin Özan, S., Kir, İ., 2005. Comparative study on the accumulation of heavy metals in different organs of tench (*Tinca tinca* L. 1758) and plerocercoids of its endoparasite *Ligula intestinalis*. *Parasitology Research*, 97(2), 156-159.

Tekin Özan, S., Kir, İ., 2006. Concentrations of some heavy metals in organs of two fish species from the Beyşehir Lake, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(6), 530-534.

Tekin Özan, S., 2008. Determination of heavy metals in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental Monitoring* and *Assessment*, 145, 295-302.

Tekin Özan, S., Kir, İ., 2008a. Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment,* 138, 201–206. https://doi.org/10.1007/s10661-007-9765-4.

Tekin Özan, S., Kir, İ., 2008b. Concentrations of some heavy metals in tench (*Tinca tinca* L., 1758), ıts endoparasite (*Ligula intestinalis* L., 1758), sediment and water in Beyşehir Lake, Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 17(4), 597–603.

Tekin Özan, S., Aktan, N., 2012. Relationship of heavy metals in water, sediment and tissues with total length, weight and seasons of *Cyprinus carpio* L., 1758 from Işıklı Lake (Turkey). *Pakistan Journal of Zoology*, 44(5), 1405-1416.

TGK, 2011. *Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği*. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Resmi Gazete Tarihi: 29. 12. 2011, Resmi Gazete Sayısı: 28157, Ankara.

Tiryaki O., Canhilal R., Horuz S., 2010. Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 26(2), 154-169.

Tiwari, A., Mayank, P., Dwivedi, A. C., 2017. Assessment of human health risk via the consumption of the freshwater fish, *Cyprinus carpio* and *Oreochromis niloticus* from the Ganga River, India. *Bioved*, 28, 341-349.

Tokatlı, C., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., Dayıoğlu, H., 2014. Statistical approaches to evaluate the aquatic ecosystem qualities of a significant mining area: Emet stream basin (Turkey). *Environmental Earth Sciences,* 71, 2185–2197. doi:10.1007/s12665-013-2624-4.

Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., Çiçek, A., Dayıoğlu, H., Başkurt, S., 2016. Maden havzası balıklarında vücut ağırlığı ile ağır metal biyoakümülasyon ilişkileri: Emet Çayı Havzası. *Anadolu University Journal of Science and Technology C- Life Science and Biotechnology*, 4(2), 57-72.

Topkara, E., Bayhan, B., Saygı, H., 2020. Competition for conservation: Observation of 1st Prussian Carp *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) catching competition in Gökpınar Dam Pond (Denizli-Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 29, 2626-2631.

Tran, N., Chu, L., Chan, C.Y., Genschick, S., Phillips, M.J., 2018. Fish supply and demand for food security in Sub-Saharan Africa: An analysis of the Zambian fish sector. *Marine Policy*, 99, 343-350. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.11.009

Treer, T., Matulić, D., Bogdanović, G., Aničić, I., Safner, R., Piria, M., S˘prem N., Tomljanović, T., 2011. The condition of allochtonous fishes in the Mediterranean Vransko Lake. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(3), 965.

TSE, 1997, 2005. *Sular - İnsanî Tüketim Amaçlı Sular.* TS 266 ICS 13.060.20, Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

Tunca, E. Ü., 2016 . Beyşehir Gölü'nde su ve sedimentte ağır metal birikimi ve sedimentte antropojenik kontaminasyon değerlendirmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 205-219.

Tümgelir, L., Çubuk, H., Çinar, Ş., Özkök, R., Küçük-kara, R., Ceylan, M., Çetinkaya, S., 2007. Beyşehir Gölü'ndeki tatlısu kefali (*Leuciscus lepidus* Heckel, 1843) populasyonunun büyüme özellikleri. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 5(8), 200-208.

Türk- Çulha, S. T., Yabanlı, M., Baki, B., Yozukmaz, A., 2016. Heavy metals in tissues of scorpionfish (*Scorpaena porcus*) caught from Black Sea (Turkey) and potential risks to human health. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(20), 20882-20892.

Uğurlu, S., Polat, N., 2006. Miliç Irmağı (Terme, Samsun) balık faunası. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(3), 441-444.

Ullah, A. A., Maksud, M. A., Khan, S. R., Lutfa, L. N., Quraishi, S. B., 2017. Dietary intake of heavy metals from eight highly consumed species of cultured fish and possible human health risk implications in Bangladesh. *Toxicology Reports*, 4, 574-579.

Umerfaruq, M.Q., Solanki M.A., 2015. Physico–chemical parameters of water in Bibi Lake, Ahmedabad, Gujarat, India. *Journal of Pollution Effects & Control*, (3)1-134.

Uncumusaoğlu, A., Ümit, S., Akkan, T., 2016. Environmental contamination of heavy metals in the Yağlıdere stream (Giresun), Southeastern Black Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(12), 5492-5498.

URL-1, (http://www.wwf.org.tr/?1292). (Erişim Tarihi: 11.2020)

USEPA, 1989. *Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part a) Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response*. Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C EPA/540/ 1-89/002.

USEPA, 1998. *USEPA Region 6. Human health risk assessment. Protocol Chapter 7: Risk and Hazard Characterization. Multimedia Planning and Permitting Division. Center for Combustion Science and Engineering*. Office of Solid Waste, USEPA 7, 1–7s.

USEPA, 2000. *Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures*. EPA/630/R-00/002August 2000.

USEPA, 2001. *Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses.* EPA-823-B-01-002. Office of Water, Washington, DC.

USEPA, 2016. *Development of National Bioaccumulation Factors: Supplemental Information for EPA's 2015 Human Health Criteria*. Update EPA 822-R-16-001 January 2016.

USEPA, 2016a. *United States Environmental Protection Agency, Risk Assessment, Human Health Risk Assessment.* October 3, 2016. https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment (Erişim Tarihi: 11. 2020).

USEPA, 2016b. *United States Environmental Protection Agency Risk Assessment, Ecological Risk Assessment.* September 23, 2016. https://www.epa.gov/risk/ecological-risk-assessment (Erişim Tarihi: 11. 2020).

USEPA, 2018. U.S. Environmental Protection Agency *Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables.* EPA 822-F-18-001. Office of Water Washington, DC.

USEPA, 2020**.** *United States Environmental Protection Agency, Regional Screening Level (RSL) Generic Table*. May 2020.

Uslu, H., Atila, G., Erşan, Y.Ç., Özden, Z. 2016. İsrail Sazanı *(Carassius gibelio Bloch, 1782)* balıklarına uygulanan cypermethrin'in oksidatif stres parametreleri üzerine etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 6 (1),41-4.

Ustaoğlu, F. , 2020. Ecotoxicological risk assessment and source identification of heavy metals in the surface sediments of Çömlekci stream, Giresun, Turkey. *Environmental Forensics*, 1-13.

Ustaoğlu, F., Islam, M. S., 2020. Potential toxic elements in sediment of some rivers at Giresun, Northeast Turkey: A preliminary assessment for ecotoxicological status and health risk. *Ecological Indicators*, 113, 106237.

Ustaoğlu, F., Tepe, Y., 2018. Determination of the sediment quality of Pazarsuyu stream (Giresun, Turkey) by multivariate statistical methods. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(3), 304-312.

Uysal, K., Emre, Y., Köse, E., 2008. The determination of heavy metal accumulation ratios in muscle, skin and gills of some migratory fish species by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon (Antalya/Turkey). *Microchemical Journal,* 90, 67–70. doi:10.1016/j.microc.2008.03.005.

Uysal, R., Alp, A., Yeğen, V., Apaydın Yağcı, M., Çetinkaya, S., Yağcı, A., Bostan, H., Cesur, M., Küçükkara, R., 2015. İznik Gölü (Bursa/Türkiye)'ndeki gümüşi havuz balığının (*Carassius gibelio* Bloch, 1782) büyüme özellikleri. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 1(1), 19-27. doi: 10.17216/LimnoFish-5000086696.

Uzel, N., Kuş, S., Taşdemir, S., Güleşir, T., Uç, H., Benzer, S., Gül, A., 2019. Cıva (ıı) klorür'ün *Oncorhynchus mykiss* üzerindeki hematolojik ve genotoksik etkileri. *EJONS International Journal of Mathematic Engineering and Natural Sciences*, 3(8).

Uzun A., Keleş R., Bal İ., 2014. Sapanca Gölü içme suyu havzasında otoyol ve demiryolundan kaynaklanan kirliliğin yağmur suyu sulak alan metoduyla giderilmesi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 2(1), 9-15.

Ünlü, S., Alpar, B., 2016. An assessment of trace element contamination in the freshwater sediments of Lake Iznik (NW Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 75(2), 140.

Vardi, V., Chenji, V., 2020. Bioaccumulation of heavy metals in edible marine fish from coastal areas of Nellore, Andhra Pradesh, India. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences,* 10(1), 18-24.

Varol, M., 2011. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*, 195, 355-364.

Varol, M., Şen, B., 2012. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. *Catena*, 92, 1-10.

Varol, M., Sünbül, M. R., 2017. Comparison of heavy metal levels of farmed and escaped farmed rainbow trout and health risk assessment associated with their consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(29), 23114-23124.

Varol, M., Sünbül, M. R., 2019. Environmental contaminants in fish species from a large dam reservoir and their potential risks to human health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 169, 507-515.

Varol, M., Sünbül, M. R., 2020. Macroelements and toxic trace elements in muscle and liver of fish species from the largest three reservoirs in Turkey and human risk assessment based on the worst-case scenarios. *Environmental Research*, 109298.

Varol, M., Kaçar, E., Akın, H. K., 2020. Accumulation of trace elements in muscle, gill and liver of fish species (*Capoeta umbla* and *Luciobarbus mystaceus*) in the Tigris River (Turkey), and health risk assessment. *Environmental Research*, 109570.

Venkateswarlu, V., Venkatrayulu, C., 2020. Bioaccumulation of heavy metals in edible marine fish from coastal areas of Nellore, Andhra Pradesh, India. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 10(1), 018-024.

Verreycken, H., Van Thuyne, G., Belpaire, C. , 2011. Length–weight relationships of 40 freshwater fish species from two decades of monitoring in Flanders (Belgium). *Journal of Applied Ichthyology*, 27(6), 1416-1421.

Vieira, C. E. D., Costa, P. G., Caldas, S. S., Tesser, M. E., Risso, W. E., Escarrone, A. L. V., dos Reis Martinez, C. B., 2019. An integrated approach in subtropical agro-ecosystems: Active biomonitoring, environmental contaminants, bioaccumulation, and multiple biomarkers in fish. *Science of the Total Environment*, 666, 508-524.

Vu, C.T., Lin, C., Yeh, G. Villanueva M.C., 2017. Bioaccumulation and potential sources of heavy metal contamination in fish species in Taiwan: assessment and possible human health implications. *Environmental Science* and *Pollution Research* (ESPR), 24, 19422–19434.

Wang, Z. W., Zhu, H. P., Wang, D., Jiang, F. F., Guo, W., Zhou, L., Gui, J. F., 2011. A novel nucleo-cytoplasmic hybrid clone formed via androgenesis in polyploid gibel carp. *BMC Research Notes*, 4(1), 1-13.

Wang, W.X., 2016. *Bioaccumulation and biomonitoring.* In Marine Ecotoxicology, Academic Press, 99-119.

Wang, X., Liu, X., He, Y., Hu, X., Zha, F., Liu, G., Dong, Z., 2016. Seasonal variations and health risk of heavy metals in the muscle of Crucian carp *(Carassius auratus*) cultured in subsidence ponds near Suzhou, East-central China. *Exposure and Health*, 8(1), 79-91.

Wang, P., Tran, N., Wilson, N.L.W., Chan, C.Y., Dao, D., 2018. An analysis of seafood trade duration: the case of ASEAN. *Marine Resource Economics,* https://doi.org/10.1086/700599.

Wani L. A., Ara, A., Usmani, J. A., 2015. Lead toxicity: a review. *Interdisciplinary Toxicology*, *8*(2), 55-64.

Weber, P., Behr, E. R., Knorr, C. D. L., Vendruscolo, D. S., Flores, E. M., Dressler, V. L., Baldisserotto, B., 2013. Metals in the water, sediment, and tissues of two fish species from different trophic levels in a subtropical Brazilian river. *Microchemical Journal*, 106, 61-66.

Weldeslassie T., Naz H., Singh B., Oves M., 2018. *Chemical Contaminants for Soil, Air and Aquatic Ecosystem*. In: Oves M., Zain Khan M., M.I. Ismail I. (eds) Modern Age Environmental Problems and their Remediation. *Springer,* Cham. 1-22 s.

Wetzel, R. G., 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Academic Press, San Diego, 1006 s.

WHO, 1996. *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (1996 : Geneva, Switzerland), World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations.

WHO, 2010. *Exposure to Lead: A major public health concern (2010). World Health Organization. Preventıng Disease Through Healthy Environments.* WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland. https://www.who.int/ipcs/features/lead..pdf?ua=1.

WHO,2013.https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/123074/AQG2ndEd_6_4Chromium.PDF (Erişim tarihi: 11.2020).

WHO, 2017. *Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition Incorporating the frst addendum.* 1–631

Wijnhoven, S., Leuven, R. S., van der Velde, G., Jungheim, G., Koelemij, E. I., de Vries, F. T., Eijsackers, H. J., Smits, A. J., 2007. Heavy-metal concentrations in small mammals from a diffusely polluted floodplain: importance of species- and location-specific characteristics. *Archives Of Environmental Contamination and Toxicology*, 52(4), 603–613. https://doi.org/10.1007/s00244-006-0124-1.

Wimalawansa, S. A., Wimalawansa, S.J., 2016. Environmentally induced, occupational diseases with emphasis on chronic kidney disease of multifactorial origin affecting tropical countries. *Annals of occupational and environmental medicine*, *28*(1), 33.

Witeska, M., Jezierska, B., 2003. The effects of environmental factors on metal toxicity to fish(review). *Fresenius Environmental Bulletin*, 12(8), 824-829.

Wojciechowska, E., Nawrot, N., Walkusz-Miotk, J., Matej-Łukowicz, K., Pazdro, K., 2019. Heavy metals in sediments of urban streams: contamination and health risk assessment of influencing factors. *Sustainability*, 11(3), 563.

Xia, F., Qu, L., Wang, T., Luo, L., Chen, H., Dahlgren, R. A., Huang, H., 2018. Distribution and source analysis of heavy metal pollutants in sediments of a rapid developing urban river system. *Chemosphere*, 207, 218-228.

Xu, X., Huo, Q., Dong, Y. Zhang, S., Yang, Z. Yang, Y., Zhang, C., 2019. Bioaccumulation and health risk assessment of trace metals in fish from freshwater polyculture ponds in Chengdu, China. *Environmental Science and Pollution Research (*ESPR*)* 26, 33466–33477).https://doi.org/10.1007/s11356-019-06412-3

Yabanlı, M., Coşkun, Y., Öz, B., Yozukmaz, A., Sel, F., Öndeş, S., 2013. Determination of the content of heavy metal in the lake water and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) obtained from Bafa Lake and evaluation in terms of public health. *Bornova Veteriner Bilimleri Dergisi*, 35, 15-23.

Yabanlı, M., Yozukmaz, A., Sel, F., 2014. Bioaccumulation of heavy metals in tissues of the gibel carp *Carassius gibelio*: Example of Marmara Lake, Turkey. *Russian Journal of Biological Invasions*, 5, 217-224.

Yadav, V., Arif, N., Singh, S., Srivastava, P.K., Sharma, S., Tripathi, D.K., Dubey, N.K., Chauhan, D.K., 2016. Exogenous mineral regulation under heavy metal stress: Advances and prospects. *Biochemical Pharmacology,* 5, 220. doi: 10.4172/2167-0501.1000220.

Yağcı, M. A., Alp, A., Yeğen, V., Uysal, R., Yağcı, A., Ceylan, M., 2008. Işıklı Gölü'ndeki (Çivril-Denizli) Sazan populasyonu (*Cyprinus carpio* L., 1758)'nun büyüme özellikleri. *Su Ürünleri Dergisi*, 25(4), 337-341.

Yağcı, M. A., 2014. Seasonal variations in zooplankton species of Lake Gölhisar, a shallow lake in Burdur, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 46(4), 927-932.

Yağcı, A., Apaydın Yağcı, M., Bilgin, F., Erbatur, İ., 2016. The effects of physicochemical parameters on fish distribution in Eğirdir Lake, Turkey. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15(2), 846-857.

Yahya, Al N., Mohamed, S. K, Mohamed A.G., 2018. Environmental Pollution by Heavy Metals in the Aquatic Ecosystems of Egypt. *Open Access Journal of Toxicology*, 3(1), 555603. doi: 10.19080/OAJT.2018.03.555603 002.

Yarar, M., Magnin, G., 1997. Türkiye'nin. önemli kuş alanları. *Dogal Hayatı Koruma Dernegi, Istanbul*.

Yavuz, F., Baycan, T., 2013. Evaluation of the success factors in watershed management: Beyşehir Lake Basin (Turkey). *Humanities and Social Sciences Review*, 1, 241-249.

Yazgan, Ç. Ü., 2010. Tarihi süreçte toplum-çevre ilişkileri ve çevre sorunlarının ortaya çıkışı. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 5(1), 227-244.

Yazıcıoğlu, O., Yılmaz, S., Yazıcı, R., Polat, N., 2013. Ladik Gölü (Samsun-Türkiye)'nde yaşayan havuz balığı, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)'nın kondisyon faktörü, boy-ağırlık ve boy-boy ilişkileri. *Karadeniz Fen Bil Dergisi,* 3(9),72-80.

Yeğen, V. Balık, S., Bostan, H., Uysal R., Bilçen, E., 2006. Göller bölgesindeki bazı göl ve baraj göllerinin balık faunalarının son durumu. *1.Ulusal Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu*, 7-9 ŞUBAT 2006, Antalya.

Yerli, S. V., Alp, A., Yegen, V., Uysal, R., Yagci, M. A., Balık, I., 2013. Evaluation of the ecological and economical results of the introduced alien fish species ın Lake Egirdir, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13, 795-809.

Yerli, S. V., Mangıt, F., Emiroğlu, Ö., Yeğen, V., Uysal, R., Ünlü, E., Zengin, M., 2014. Distribution of invasive *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)(Teleostei: Cyprinidae) in Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14(2), 581-590.

Yeşilayer, N., Kaymak, İ. E., Gören, H. M., Karslı, Z., 2013. Balık yemlerinde balık ununa alternatif bitkisel protein kaynaklarının kullanım olanakları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 4, 12–30.

Yeşilbudak, B., Erdem, C., 2014. Cadmium accumulation in gill, liver, kidney and muscle tissues of common carp, *Cyprinus carpio*, and Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 92(5), 546-550.

Yılmaz, M., Bostancı, D., Yılmaz, S., Polat N., 2007a. Eğirdir Gölü (Isparta)'nde yaşayan havuz balığı (*Carassius gibelio* Bloch, 1782)'nın beslenme rejimi, *Ulusal Su Günleri 2007, Türk Sucul Yaşam Dergisi,* 3-5(5-8), 230- 239.

Yılmaz, M., Yılmaz, S., Bostancı, D., Polat, N., Yazıcıoğlu, O., 2007b. Bafra Balık Gölleri'nde yaşayan havuz balığı (*Carassius gibelio,* Bloch 1782)'nın beslenme rejimi. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 1(2), 48-57.

Yi, Y., Yang Z., Zhang, S., 2011. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. *Environmental Pollution*.159, 2575–2585, doi: 10.1016/j.envpol.2011.06.011.

Yi, Y., Tang,C., Yi, T., Yang, Z., Zhang, S., 2017. Health risk assessment of heavy metals in fish and accumulation patterns in food web in the upper Yangtze River, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety,*145, 295-302. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.07.022.

Yiğit, S., Altındağ, A., 2006. Concentration of heavy metals in the food web of Lake Egirdir, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 27(3), 475-478.

Yipel, M., Yarsan, E., 2014. A risk assessment of heavy metal concentrations in fish and an invertebrate from the Gulf of Antalya. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, *93*(5), 542-548.

Yuan, Y., Xiang, M., Liu, C., Theng, B.K.G., 2017. Geochemical characteristics of heavy metal contamination induced by a sudden wastewater discharge from a smelter. *Journal of Geochemical Exploration*, 176, 33-41.

Yung, M. M. N., Fougères, P. A., Leung, Y. H., Liu, F., Djurišić, A. B., Giesy, J. P., Leung, K. M. Y., 2017. Physicochemical characteristics and toxicity of surface-modified zinc oxide nanoparticles to freshwater and marine microalgae. *Scientific Reports,* 7: 15909.

Zeitoun M.M., Mehana E.E., 2014. Impact of Water pollution with heavy metals on fish health: Overview and updates. *Global Veterinaria,* 12 (2), 219-231.

Zengin, M., Karakaplan, S., Ersoy, İ., 2002. Beyşehir Gölü ve Çumra Ovası sulamasında kullanılan diğer sulama suları kalitesinin belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 16(29), 72-78.

Zhai, T., Wang, J., Fang, Y., Qin, Y., Huang, L., Chen, Y., 2020. Assessing ecological risks caused by human activities in rapid urbanization coastal areas: Towards an integrated approach to determining key areas of terrestrial-oceanic ecosystems preservation and restoration. *The Science of the total environment*, 708, 135-153. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135153.

Zhang, D., Lee, D.-J. Pan, X., 2013. Desorption of Hg(II) and Sb(V) on extracellular polymeric substances: Effects of pH, EDTA, Ca(II) and temperature shocks, Bioresource Technology, 128(0),711–715.

Zhang, J., Zhu, L., Li, F., Liu, C., Qiu, Z., Xiao, M., Cai, Y., 2018. Comparison of toxic metal distribution characteristics and health risk between cultured and wild fish captured from Honghu city, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 334.

Zhang, M., He, P., Liu, P., Shen, Y., Qiao, G., Li, Q., Huang, J., 2019. Acute toxicity of heavy metals to *Onchidium struma* under different salinities. *International Journal of Agriculture and Biology*, 21(2), 307-313.

Zhelyazkov, G. I., Georgiev, D. M., Peeva, S. P., Kalcheva, S. E., Georgieva, K. Y., 2018. Chemical composition and levels of heavy metals in fish meat of the Cyprinidae Family from Zhrebchevo Dam, Central Bulgaria. *Ecologia Balkanica*, 10(2), 133-140.

Diversity and distribution of the ichthyofauna in the Göksu River Estuary, Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, *72*(4), 667-676.

7. İnnal, D., Ünal, M. C., Çağlan, D. C., Civáňová, K., Özmen, Ö., 2020. Some Parasitological Features of Paradiplozoon bliccae (Monogenea: Diplozoidae) Infestation in Pseudophoxinus burduricus-An Endemic Fish Species from Doğanbaba Creek (Lake Salda, Turkey). *Acta Aquatica Turcica*, *16*(4), 498-505.