T.C.
HİTİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GELİNGÜLLÜ BARAJINDAKİ *CYPRINUS CARPIO, LEUCISCUS CEPHALUS* VE *PAGELLUS ERYTHRINUS* BALIK TÜRLERİNDEKİ BAZI AĞIR METAL (Cd, Pb, Cu, Zn) SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Filiz MURAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Menderes SUİÇMEZ

HAZİRAN 2015
ÇORUM

Filiz MURAT tarafından hazırlanan "Gelingüllü Barajındaki *Cyprinus carpio*, *Leuciscus cephalus* ve *Pagellus erythrinus* Balık Türlerindeki Bazı Ağır Metal (Cd, Pb, Cu, Zn) Seviyelerinin Belirlenmesi" adlı tez çalışması 09/10/2015 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Menderes SUİÇMEZ .....

Prof. Dr. Durali MENDİL .....

Yrd. Doç. Dr. Emre AVCI .....

Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 23/10/2015 tarih ve 2015/184 sayılı kararı ile Filiz MURAT'ın Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesi almaya onanmıştır.

Prof. Dr. Ali KILIÇARSLAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.

TEZ BEYANI

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.

Filiz MURAT

GELİNGÜLLÜ BARAJINDAKİ *Cyprinus carpio, Leuciscus cephalus* VE *Pagellus erythrinus*BALIK TÜRLERİNDEKİ BAZI AĞIR METAL (Cd, Pb, Cu, Zn) SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Filiz MURAT

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2015

ÖZET

Bu çalışmada *Leuciscus cephalus, Cyprinus carpio, Pagellus erythrinus* türlerinin iç organ, solungaç ve kas dokusunda toksik etkiye sahip Cu, Zn, Pb, Cd gibi ağır metallerin birikim düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Zirai ürünlerin kullanımına bağlı kirletici faktörlerin Gelingülü Baraj Gölünde oluşturduğu ağır metal birikimlerinin balıklar üzerindeki etkisi incelemiştir. Araştırma başında (Ocak ayında) baraj gölünden alınan su numuesideki ağır metal düzeyleri tarımsal hasat başlangıcında (Eylül ayında) tekrar incelenerek zaman içerisindeki değişimi dikkate alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda pullu sazan, aynalı sazan, mercan ve tatlısu kefalinde yıl boyunca en düşük ve en yüksek ölçülen Cu değeri 0,02±0,002-0,57±0,06;0,05±0,01-0,59±0,06; 0,03±0,003-0,56±0,05; 0,09±0,01-0,59±0,06; Pb değeri 0,07±0,01-1,59±0,02; 0,01±0,01-0,27±0,02; 0,06±0,01-0,41±0,04; 0,01±0,001-0,22±0,02; Cd değeri 0,03±0,002-0,54±0,04; 0,02±0,002-0,58±0,05; 0,01±0,001-0,45±0,04; 0,02±0,002-0,08±0,01; Zn değeri 1,01±0,10-96,62±8,92; 2,67±0,24-99,88±9,45; 1,75±0,15-18,73±1,63; 1,60±0,15-29,46±2,54 (mg/kg) olarak tespit edilmiş ve en fazla birikimin Zn ve Cd' da olduğu her ay özellikle iç organlarda kabul edilebilir değerin üzerinde analiz sonuçlarına rastlandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca ağır metal birikim miktarlarının çokluk sırasına göre genel olarak; iç organ, solungaç, kas dokusu şeklinde olduğu saptandı. Balık örneklerinden elde edilen sonuçlar limit değerlerle karşılaştırıldı. İncelediğimiz balık türlerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarının kabul edilebilir değerlerde olmadığı tespit edilerek göl suyunun metal kirliliğini arttırabilecek muhtemel tehlikelere karşı tedbirlerin alınması ve düzenli olarak kontrollerinin yapılması ağır metal birikimlerine engel olacak tedbirlerin değerlendirilmesi gerektiği kanısını taşımaktayız.

Anahtar Kelimeler:*Leuciscus cephalus, Cyprinus carpio, Pagellus erythrinus,* ağır metal

DETERMININ OF CERTAIN HEAVY METAL LEVELS (Cd, Pb, Cu, Zn) IN FISH SPECIES OF *Cyprinus carpio, Leuciscus cephalus* AND *Pagellus erythrinus* IN THE GELİNGÜLLÜ DAM

Filiz MURAT

HITIT UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

Haziran 2015

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the accumulation level of heavy metals such as Cu, Zn, Pb, Cd which have a toxic effect on visceral organs, gills and muscle tissue of species of *Leuciscus cephalus, Cyprinus carpio, Pagellus erythrinus*. It was examined the effects of heavy metal accumulation on fish which was occurred in Gelingülü Dam Lake by polluting factors associated with the use of agricultural products. The lowest and the highest values measured throughout the year as a result of the analysis performed on common carp, *Cyprinus carpio, Pagellus erythrinus* and *Leuciscus cephalus* are determined in the unit of mg/kg as 0,02±0,002-0,57±0,06; 0,05±0,01-0,59±0,06; 0,03±0,003-0,56±0,05; 0,09±0,01 to 0,59±0,06 for Cu; 0,07±0,01-1,59±0,02; 0,01±0,01-0,27±0,02; 0,06±0,01-0,41±0,04; 0,01±0,001-0,22±0,02 for Pb; 0,03±0,002-0,54±0,04; 0,02±0,002-0,58±0,05; 0,01±0,001-0,45±0,04; 0,02±0,002-0,08±0,01 for Cd and 1,01±0,10-96,62±8,92; 2,67±0,24-99,88±9,45; 1,75±0,15-18,73±1,63; 1,60±0,15-29,46±2,54 for Zn and the highest accumulation has been observed for Zn and Cd, and every month particularly in internal organs over the acceptable values.Additionally, it was detected that the amount of heavy metal accumulation is generally in as visceral organs, gill, muscle tissue according to the order of abundance. The results obtained from fish samples were compared with the limit value. It was detected that some heavy metal concentrations in the fish species we have examined, is not within acceptable values. So we believe that it is necessary to take measures against possible dangers that may increase the metal pollution of the lake water and making regular checks.

Keywords: *Leuciscus cephalus, Cyprinus carpio, Pagellus erythrinus*, heavy metal

TEŞEKKÜR

Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından FEF03.13.008 numaralı projeye destek veren Hitit Üniversitesi Rektörlüğüne, Tezime konu olan bu çalışmayı veren, çalışmalarımda desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Menderes SUİÇMEZ' e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca; varlığını her zaman yanımda hissettiğim manevi desteğini benden hiç esirgemeyen annem, babam ve kardeşime sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER vii
ÇİZELGELER DİZİNİ ix
ŞEKİLLER DİZİNİ x
HARİTALAR DİZİNİ xii
SİMGE VE KISALTMALAR xiii
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI 3
2.1. Gelingüllü Barajı 3
2.2. Kirlenme 4
2.2.1. Kirlenme Unsurları 5
2.3. Ağır Metaller 7
2.3.1. Ağır Metallerin Biyolojik Bulunurluluğu ve Alınım Biyolojisi 9
2.3.2. Sucul Ortamlarda Ağır Metal Kirliliği ve Sucul Canlılarda Birikimi 11
2.3.3. Besin Zinciri ve Doğal Etkiler Sonucu Ağır Metallerin Taşınımı 12
2.3.4. Ağır Metallerin Hücre İçerisine Girişi 14
2.3.5. Ağır Metallerin Vücuttaki Dağılımı 16
2.3.6. Ağır Metallerin Balık Tarafından Alınması ve Birikimi 17
2.4. İncelenen Ağır metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri 18
2.4.1. Çinko 18
2.4.2. Bakır 20
2.4.3. Kadmiyum 22
2.4.4. Kurşun 25
2.5. Araştırmada Kullanılan Balık Türleri Hakkında Genel Bilgiler 28
2.5.1. Tatlısu Kefali (*Leuciscus cephalus*, L., 1758) 28
2.5.2. Aynalı Sazan ve Pullu Sazan (*Cyprinus carpio*, L., 1758) 28
2.5.3. Mercan (*Pagellus erythrinus* L., 1758) 29
3. MATERYAL VE YÖNTEM 30

3.1.Materyalin Araziden Toplanması ve Analize Hazırlanması 30
3.2. Materyallerin Çözünürleştirmesi 30
3.2.1. Deneyde Kullanılan Asitler 30
3.2.2. Balık Örneklerinin Çözünürleştirme Metodu 31
3.3. Yöntem 32
3.3.1. Yaş Yakma Yöntemi 32
3.3.2. Kuru Yakma Yöntemi 32
3.3.3. Mikrodalga Yöntemi 33
3.3.4. Numunelerin Analizleri 33
3.3.5. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) 34
3.4. Ağır Metal Analizleri 34
3.5. İstatistiksel Analiz 34
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 36
4.1. Araştırma Sonuçları 36
4.2. TARTIŞMA 78
4.3. SONUÇLAR 83
KAYNAKLAR 85
ÖZGEÇMİŞ 95

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.1. Tatlısu kefali, Aynalı Sazan, Pullu Sazanve Mercan numuneleri boy ve ağırlık ölçüm değerleri 36
Çizelge 4.2.Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri 74
Çizelge 4.3. Gelingülü Barajı Su Numuneleri Ocak ve Eylül Sonuçları 74
Çizelge 4.4. Aynalı sazan, Pullu sazan, Mercan ve Tatlısu kefali türlerinin solungaçlarında belirlenen ağır metal düzeyleri (mg/kg)..... 75
Çizelge 4.5. Aynalı sazan, Pullu sazan, Mercan ve Tatlısu kefali türlerinin visseral organlarında belirlenen ağır metal düzeyleri (mg/kg)..... 76
Çizelge 4.6. Aynalı sazan, Pullu sazan, Mercan ve Tatlısu kefali türlerinin kas dokularında belirlenen ağır metal düzeyleri (mg/kg)..... 77

ŞEKİLLERDİZİNİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Çevrede iz elementlerin taşınma yolları 9
Şekil 2.2. Ağır metallerin besin zinciriyle balıklara geçişi 13
Şekil 2.3. Ağır metallerin vücuda alınımı ve dağılımı. 18
Şekil 4.1. Ocak ayı Cu ölçüm değerleri ..... 40 Şekil 4.2. Ocak ayı Pb ölçüm değerleri 40
Şekil 4.3. Ocak ayı Cd ölçüm değerleri .....40 Şekil 4.4. Ocak ayı Zn ölçüm değerleri 40
Şekil 4.5. Şubat ayı Cu ölçüm değerleri.....43Şekil 4.6. Şubat ayı Pb ölçüm değerleri 43
Şekil 4.7. Şubat ayı Cd ölçüm değerleri..... 43Şekil 4.8. Şubat ayı Zn ölçüm değerleri 43
Şekil 4.9. Mart ayı Cu ölçüm değerleri .....46Şekil 4.10. Mart ayı Pb ölçüm değerleri 46
Şekil 4.11. Mart ayı Cd ölçüm değerleri .....46Şekil 4.12. Mart ayı Zn ölçüm değerleri 46
Şekil 4.13. Nisan ayı Cu ölçüm değerleri . 49Şekil 4.14. Nisan ayı Pb ölçüm değerleri 49
Şekil 4.15. Nisan ayı Cd ölçüm değerleri . 49Şekil 4.16. Nisan ayı Zn ölçüm değerleri 49
Şekil 4.17. Mayıs ayı Cu ölçüm değerleri.....52 Şekil 4.18. Mayıs ayı Pb ölçüm değerleri..... 52
Şekil 4.19. Mayıs ayı Cd ölçüm değerleri52 Şekil 4.20. Mayıs ayı Zn ölçüm değerleri 52
Şekil 4.21. Haziran ayı Cu ölçüm değerleri ..... 55 Şekil 4.22. Haziran ayı Pb ölçüm değerleri..... 55
Şekil 4.23. Haziran ayı Cd ölçüm değerleri .....55Şekil 4.24. Haziran ayı Zn ölçüm değerleri..... 55

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.25. Temmuz ayı Cu ölçüm değerleri.....58Şekil 4.26. Temmuz ayı Pb ölçüm değerleri..... 58
Şekil 4.27. Temmuz ayı Cd ölçüm değerleri..... 58 Şekil 4.28. Temmuz ayı Zn ölçüm değerleri..... 58
Şekil 4.29. Ağustos ayı Cu ölçüm değerleri.....61Şekil 4.30. Ağustos ayı Pb ölçüm değerleri..... 61
Şekil 4.31. Ağustos ayı Cd ölçüm değerleri.....61 Şekil 4.32. Ağustos ayı Zn ölçüm değerleri..... 61
Şekil 4.33. Eylül ayı Cu ölçüm değerleri ..64 Şekil 4.34. Eylül ayı Pb ölçüm değerleri 64
Şekil 4.35. Eylül ayı Cd ölçüm değerleri .64 Şekil 4.36. Eylül ayı Zn ölçüm değerleri 64
Şekil 4.37. Ekim ayı Cu ölçüm değerleri ...67Şekil 4.38. Ekim ayı Pb ölçüm değerleri 67
Şekil 4.39. Ekim ayı Cd ölçüm değerleri .67 Şekil 4.40. Ekim ayı Zn ölçüm değerleri 67
Şekil 4.41. Kasım ayı Cu ölçüm değerleri ..... 70 Şekil 4.42. Kasım ayı Pb ölçüm değerleri..... 70
Şekil 4.43. Kasım ayı Cd ölçüm değerleri70Şekil 4.44. Kasım ayı Zn ölçüm değerleri 70
Şekil 4.45. Aralık ayı Cu ölçüm değerleri 73Şekil 4.46. Aralık ayı Pb ölçüm değerleri 73
Şekil 4.47. Aralık ayı Cd ölçüm değerleri 73Şekil 4.48. Aralık ayı Zn ölçüm değerleri 73

HARİTALAR DİZİNİ

Harita Sayfa

Harita 2.1. Çalışma alanının haritası……4

SİMGE VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
Ag	Gümüş
As	Arsenik
Au	Altın
Br	Brom
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
Hg	Cıva
HNO_3	Nitrik Asit
H_2O_2	Hidrojen Peroksit
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Ni	Nikel

Simgeler Açıklama

Pb	Kurşun
ppm	Milyonda Bir (1/1 000 000), mg/kg
Pt	Platin
Se	Selenyum
Sr	Stronsiyum
Zn	Çinko
r	Korelasyon katsayısı
µ	Mikro

Kısaltmalar Açıklama

AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
DSİ	Devlet Su İşleri
EPA	Çevre Koruma Ajansı
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commision
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Endüstri ve tarım sektöründe yapılan ciddi faaliyetler sulardaki ağır metal seviyelerini kaçınılmaz olarak artırmaktadır. Ağır metaller bulundukları ortamdaki yoğunluklarına bağlı olarak bitkiler, hayvanlar ve insanlar üzerinde olumlu ya da çoğunlukla olumsuz etki yapabilirler. Atmosferde oluşan radyoaktif atıklar, evsel ve sanayi atıklarının uygun olmayan alanlara boşaltılması, kazayla oluşan sızıntılar kimyasal sistemlerden ve jeolojik aşınmalardan uzaklaşarak okyanus, nehir ve göller gibi sucul sistemlerin içine yayılmaktadır. Sucul organizmaları dolaylı etkileyen kullanımı yaygın ağır metaller kara ve suda yaşayan organizmaların vücutlarında toksik madde birikimine neden olur. Deniz canlılarında az yoğunlukta dahi olsa bulunan ağır metaller biyolojik birikime sebep olup besin zinciriyle insanlara da geçebilir. Balıkların organlarındaki ağır metal konsantrasyonları temel olarak su ve besinlerdeki kirlilik seviyesine ve toplam katı atık miktarı, ötrofikasyon, asidifikasyon ve toksisiteyebağlıdır. Ağır metaller ortamda normal sınırlar içinde bulunduklarında organizmaların, metabolizmaları için gerekli olmaktadır. Bazı ağır metaller biyolojik sistemler için alınması gereken temel besin unsurları olmasına karşın gereğinden fazla alındıklarında yada uzun süre ağır metalle kirlenmiş ortamda kalındığında zehirleyici hatta öldürücü etki yapmaktadırlar (Morton, 1976; Tuncer, 1980-82).

Ağır metaller su organizmaları tarafından çok kolay bir şekilde alınabilmekte ve canlıların proteinlerine çok kuvvetli bir şekilde bağlanabilmektedirler (Kalay ve ark., 1758).Toksik etkili Kadmiyum (Cd), cıva (Hg), krom (Cr), nikel (Ni) ve kurşun (Pb) gibi ağır metallerle düşük derişimlerde, bakır (Cu), çinko (Zn) ve demir (Fe) gibi eser elementlerin yüksek derişimlerde belirtilen kaynaklardan sucul ortamlara katılımı, duyarlı türlerde toplu ölümlere neden olduğu gibi, hoşgörüsü yüksek türlerde metabolik bakımdan aktif doku ve organlarda birikime, besin zinciri aracılığı ile artan derişimlerde üst trofik düzeylere iletilmesine ve çeşitli çevre ve sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Heath, 1995; Montero ve ark., 2005).

Özellikle denizlere göre daha küçük ve kapalı ortamlar olan barajlar sayesinde akarsularımızdan, sulamada, arazileri taşkından korumada, içme suyu olarak kullanmada ve enerji üretilmesinde yararlanılabilmektedir.Barajlarda doğal su sirkülasyonu yavaş olup, kendini yenileme yeteneği sınırlıdır. Dolanımı zayıf olan bu gibi durgun sularda ekosistemin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri bozulur, canlılar için gerekli olan oksijen ve besin maddesi sağlanamaz. Su ortamında kirlenmenin kritik seviyeye ulaşması ortamın fauna ve florasını etkiler.Bu ortamların içme suyu temini, sulama ve balıkçılık gibi çeşitli amaçlarla kullanımını sınırlandırır. Kirlilikten dolayı sulardaki ekolojik dengenin bozulması sonucu sucul organizmaların sayısında bir yandan azalmalar gözlenirken öte yandan insanlar tarafından doğrudan beslenmek için tüketilen türler aracılığı ile insan sağlığı tehdit edilmektedir (Kocataş ve Geldiay, 1979; Grimanis ve ark., 1982; Uysal ve Tuncer, 1982).

Pek çok endüstri kuruluşu ürettiği ağır metaller ile sucul ortamlarda ciddi kirlenmeler oluşturmaktadır. Sucul ekosistemlerde biyolojik çevrimin bir halkası olan balıklar önemli bir protein kaynağıdır. Aşırı kirlenme ile balıklar ciddi olarak metal kirliliğine maruz kalmaktadırlar(Bryan, 1976).

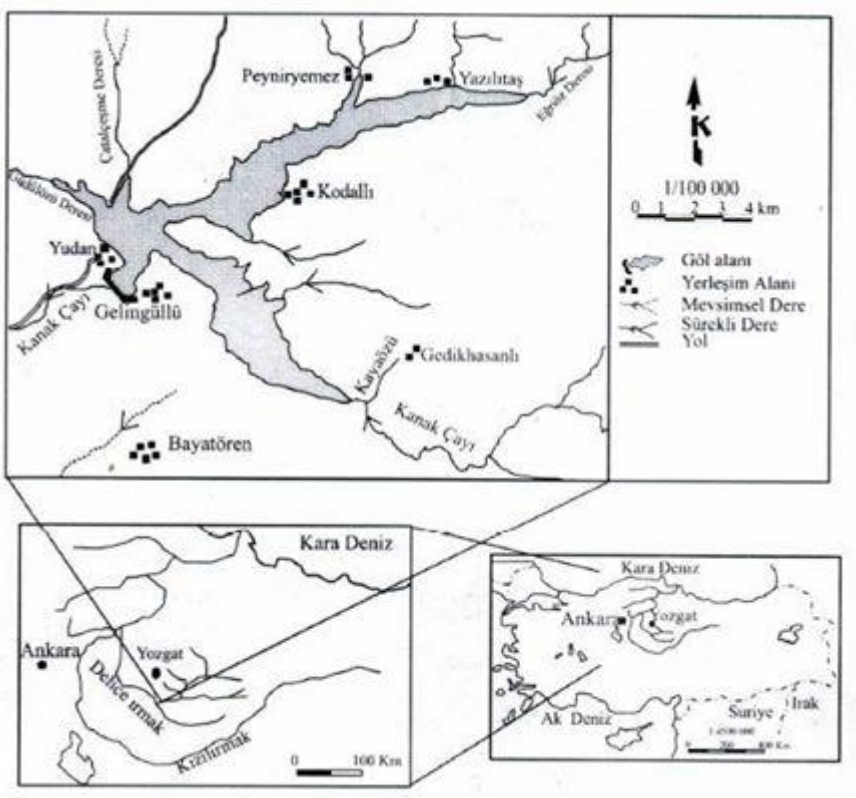
Bu çalışmanın amacı çalıştığımız Gelingülü Baraj gölünde belirli ağır metallerin canlı dokusundaki ve sucul ortamdaki miktarının araştırılması ve dolayısıyla insan sağlığı açısından oluşabilecek muhtemel risklerin belirlenmesine yardımcı olmaktır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Gelingüllü Barajı

Gelingüllü Baraj Gölü, İç Anadolu Bölgesi'nde Yozgat ili merkezinin yaklaşık 40 km güneyinde (39°36'30''N, 35°03'20''E) yer almaktadır. Baraj 1986-1994 yılları arasında, Kızılırmak'ın bir kolu olan Delice Irmağı üzerine kurulmuştur (Harita 2.1.). Deniz seviyesinden yüksekliği 1050 m olan bir bölgede yer alan baraj gölünü besleyen en önemli su kaynakları; Kanak Çayı ve Eğriöz deresidir. Toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 1 362 000 m^3, akarsu tabanından yüksekliği 54,00 m, normal su kotunda göl hacmi 270,00 hm^3, normal su kotunda gölalanı 23,20 km^2'dir. (Kırankaya ve Ekmekçi, 1999)

Sert karasal iklimin hüküm sürdüğü bir bölgede bulunan gölde su sıcaklığının yaz aylarında en fazla 25°C, kışın ise 4°C'ye kadar düştüğü saptanmıştır. Gölün genellikle aralık, ocak ve şubat aylarında donduğu belirlenmiştir. Baraj gölünde *Capoeta tinca, Capoeta capoeta sieboldi, Leuciscus cephalus, Chondrostoma regium, Alburnus orontis, Barbus tauricus, Orthrias sp.* gibi türler doğal olarak bulunmaktadır (Ekmekçi ve Özeren, 2003). Ekonominin büyük oranda tarım ve hayvancılığa dayandığı yörede, tarımsal su desteği sağlamak amacıyla kurulan Gelingüllü Baraj Gölü'ne, yöre halkına yeni bir gelir kaynağı oluşturmak üzere ilk defa 1994 yılı Eylül ayında 3-5 cm büyüklüğünde 200 000 adet Aynalı sazan aşılanmıştır ve daha sonraki yıllarda, her yıl 100 000 – 200 000 adet arasında değişen sayılarda yavru sazan göle bırakılarak Aynalı sazan stoğu yenilenmiştir (Anonim, 1994-2014. DSİ Yozgat Su Ürünleri Araştırma ve Üretim İstasyonu, Yozgat, Yayınlanmamış).



Harita 2.1. Çalışma alanının haritası

2.2. Kirlenme

Çevre kirliliği kent yaşamının başlaması ile ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak artmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren, dünyadaki nüfus artışına bağlı olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve bunun sonucu olarak da ekosistemin bozulması giderek çok daha ciddi bir hal almıştır. Ekosistemin önemli bir kısmını oluşturan sucul ortam, kullanılmış sular ve diğer atıklar için alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanıldığında, ekosistem içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan kısımdır (Hammand ve Beliles, 1980; Şanlı, 1984; Detlefsen, 1988; Kaya ve ark., 1998).

Su kirlenmesi, organik kirlenme, anorganik kirlenme, bakteriyolojik kirlenme ve termal kirlenme şeklinde sınıflandırılabilir. Sulardaki anorganik kirlenmenin en önemli kaynağını metaller oluşturmaktadır. Sulardaki ağır metal miktarları, suyun yaygın kullanma alanlarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Alıcı su ortamındaki

metaller sulardaki sediment, bitkiler ve hayvanlar tarafından depo edilirler. Beslenme yoluyla besin zincirinin en üst halkasını oluşturan insana kadar ulaşan bu metallerle (Hg, Cd, Pb, As) birçok akut ve kronik zehirlenme olaylarıbelirlenmiştir. Alıcı sulardaki anorganik kirlilik arttığı zaman su ürünleri, bitkiler, balıklar için ve sulama suyu olarak kullanıldığında da çevre, bitki ve hayvanlar için zararlı olmaktadır (Yaramaz, 1992).

2.2.1. Kirlenme Unsurları

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) yüzey sularındaki kirlilik etmenleriniaşağıda sınıflandırılmıştır:

a. Bakteri, virüs ve diğer hastalık yapıcı canlılar:Suları biyolojik açıdan kirleten organizmalar, genellikle hastalıklı veya portör olan hayvan ve insanların dışkılarından kaynaklanmaktadır. Bulaşıcı etki, bu atıklarla doğrudan temasla veya atıklarla bulaşmış sulardan dolaylı oluşur.
b. Organik maddelerden kaynaklanan kirlenme: Ölmüş hayvan-bitki artıkları ve tarımsal artıkların yüzey sularına karışması sonucu ortaya çıkar. Suyun oksijen seviyesi değişimleri su kalitesini etkiler. Ayrıca mikroorganizmalara uygun bir üreme ve gelişme ortamını sağlar.
c. Endüstri artıkları: Çeşitli endüstri kuruluşlarından çıkan fenol, arsenik, siyanür, krom gibi toksik maddelerden oluşurlar. Bileşimleri gün geçtikçe değişir.
d. Yağ ve benzeri maddeler:Çeşitli araçlarla taşınan petrolün, kazalar ve sızmalar sonucu yüzey sularına karışmasıyla oluşan kirliliktir.
e. Sentetik deterjanlar: İçerdikleri fosfatlar yüzeysel sularda östrofikasyona ve ikincil olarak kirlenmeye neden olurlar.
f. Radyoaktivite:Nükleer enerjinin kullanıldığı tesislerin reaksiyon ürünleri (Plütonyum, Baryum 142 ve Kripton 91) radyoaktiftir. Nükleer atıklar yeraltı ve deniz altında uzun süre saklandığında,sızmalar sonucu sulara karışmalarıyla toksidite görülmeye başlar. Bu radyoaktif atıklar atmosferdeki nükleer silah denemelerinden, hastane ve araştırma kuruluşlarından da kaynaklanabilmektedir.

g. Pestisitler: Yapay organik maddelerdir. Zararlı böcek, bitki ve mantarlarla mücadelelerde kullanılırlar. Uzun süreli kullanımları sonucu zararlı etkileri ortaya çıkar.
h. Yapay organik kimyasal maddeler: Farmasotik, petrokimya ve kimya endüstrilerince üretilirler. Bu maddeler yerlerini aldıkları doğal organik maddelerden daha güç degredasyona uğrarlar.
i. Yapay ve doğal tarımsal gübreler: Bunlar ikincil olarak kirlenmeye neden olurlar.
j. Anorganik tuzlar:Çözünen tuzlar, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, sülfat, nitrat, bikromat ve fosfatları halinde bulunurlar. Bunların yüksek dozları kirleticidir. Suları içme, sulama ve birçok endüstriyel kullanım için uygunsuz hale getirirler.
k. İnert çözünmeyen madde: Tebeşir, Jips gibi birçok inert çözünmeyen madde sularda bulanıklığı arttırır. Bu yüzden arzu edilmezler.

Bunların dışında sular fiziksel (renk, sıcaklık, süspansiyon, maddeler), fizyolojik (tat, koku), kimyasal ve biyolojik kirlenmeye de maruz kalabilirler.

Göl kirlenmesinin ana unsurları akarsular ve atmosferik olaylardır. Akarsularla taşınan çözünmüş ve askıdaki maddelerin önemli miktarı erozyon ve kimyasal çözünme sonucu oluşur. Ayrıca asit yağmurları da kirliliği artırmaktadır. Göle karışan kirleticilerin büyük bir kısmı akarsular, endüstriyel atıklar ve drenaj yoluyla taşınmasına karşılık, atmosferle kirliliğin taşınması da son derece önemlidir. Havadaki kirleticilerin yağışlar ve rüzgâr gibi atmosferik etkenlerle uzun mesafelere taşınması ve yerüstü sularına karışması sonucu su kirliliği meydana gelmektedir (Anonim, 2007).

Kirlenmeye neden olan kimyasal kirleticilerden en önemlileri ağır metallerdir. Kimyasal kirleticiler doğada kalıcıklarına göre üç sınıfa ayrılır:

a. Bozunmayan Kimyasal Kirleticiler: Zamanla kimyasal veya biyolojik parçalanmaya uğramayan inorganik birleşiklerdir. Derişimleri su ortamında zamanla artar, yağmur suları ile seyrelerek azalır.

b. Bozunan Kimyasal Kirleticiler: Zamanla biyolojik olarak parçalanan organik birleşiklerdir. Mikroorganizmalar tarafından parçalanır ve kararlı hale getirilirler.
c. Zamanla Biyolojik Olarak Biriken Kirleticiler:Canlı bünyesinde zamanla birikime yol açan cıva, arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, bakır gibi metaller ve tarım ilaçlarıdır (Özer, 1996).

2.3. Ağır Metaller

Kentlerden ve pekçok endüstri kuruluşlarından çevreye salınan toksik maddeler çevre kirliliğine sebep olmaktadırlar. Doğadaki bu kirliliğin önemli kaynaklarından birini de ağır metaller oluşturmaktadır. Ağır metaller organizmanın büyüme ve gelişmesi için gerekli olan, canlıdaki miktarı organizmanın ağırlığının% 0,01'den az olan elementlerdir. Bir başka tanıma göre ise özgül ağırlığı 5 g/cm'den büyük ve atom numarası 22 ile 92 arasında olan elementlerdir (Förstner ve Wittmann, 1981).

Biyolojik anlamda metaller üç gruba ayrılabilir (Clark, 1992):

a. Esas elementler (Hafif metaller): Sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınırlar. Sodyum, potasyum, kalsiyum vb.
b. Yan elementler (Geçiş elementleri): Düşük konsantrasyonlarda esansiyel olan fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösteren elementlerdir. Demir, bakır, kobalt, mangan vb.
c. İz elementler (Metalloitler): Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan, oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan elementler (Cıva, kurşun, kalay, selenyum, kadmiyum, arsenik vb)

Bunlardan yan elementler ve iz elementler genelde ağır metal olarak adlandırılırlar.

Birçok metal, düşük konsantrasyondabiyolojik fonksiyona sahipken yüksek konsantrasyonda toksik olabilir (Cu, Zn vb.). Bazı metaller ise herhangi bir biyolojik fonksiyona sahip değildir (Cd, Hg, Ag, Pb, As vb.). Vücut için esansiyel olan eser miktarlardaki metaller, biyokimyasal olayların tam olarak yürütülebilmesi için temel elementlerdir ve metabolize edilebilirler. Esansiyel olmayanların herhangi bir biyolojik fonksiyonları belirlenememiştir ve metabolize edilemezler. Bu metaller, su ortamında belirli limitlerin üzerine çıktıklarında toksik etki yapıp, organizmaların

canlılığına son veren maddelerdir (Küçükgülmez, 2005). Esansiyel olmayan bu ağır metaller ne parçalanarak zararları azaltılabilmekte ne de vücuttan atılabilmektedirler. Dolayısıyla bunlar metabolik fonksiyonda görev almadıklarından hücreler için toksiktirler (Güven ve ark.,1995).

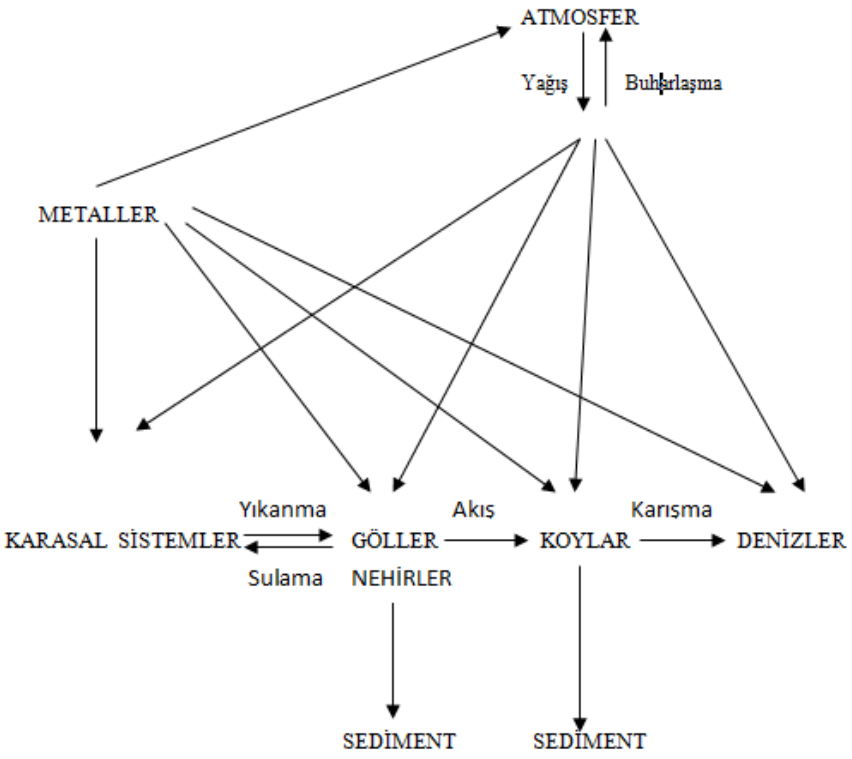
Bir ağır metalin hayati olup olmadığı organizmaya bağlı olarak değişiklik gösterir. Örneğin nikel bitkilerde toksik etki gösterirken, hayvanlarda eser seviyede bulunması gereklidir (Kahvecioğlu ve ark., 2006). Bakır, çinko, nikel ve krom gibi bazı ağır metallerin çok düşük konsantrasyonları (iz miktarları) büyüme için öneme sahiptir fakat yüksek konsantrasyonları toksik etki yapmaktadır (El-Sheekh ve ark., 2003). Vücut için gerekli ağır metaller, organizma metabolizmasında önemli rol oynarlar. Bazıları metabolizmada önemli biyolojik moleküllerdir ve enzim sistemlerinde koenzim olarak görev yaparlar. Besin zincirinin bir sonraki halkasına geçtiğinde toksik etkileri artabilmektedir.

Cu, Zn, Cd, Pb, Hg, Ni, Co ve As gibi ağır elementler, endüstriyel aktiviteler, atık su deşarjları ve asit yağmurları vasıtası ile su ekosistemlerine girmektedirler (Moiseenko ve Kudryavtseva, 2001). Bu metaller su ortamlarına girdiklerinde, besin zincirinde birikebilmekte ve ekolojik zararlara neden oldukları için dedolayısıyla insan sağlığını datehlikeye sokmaktadırlar (Grimanis ve ark., 1978; Adams ve ark., 1992; Ermosele ve ark., 1995).Bu metallerdip sedimentlerinde birikme eğiliminde olup değişik formları ile besin zincirine girebilir (Şekil 2.1). Çeşitli yollardan denize ulaşan çeşitli formlardaki ağır metallerin deniz canlıları tarafından alınımı şu yollarla olmaktadır (Merlini, 1980);

a. Ortam suyunda bulunan çözünmüş veya organik moleküllere bağlı iyonların su ile beraber alınmasıyla,
b. İçinde ağır metalleri biriktirmiş besin maddeleri ile,
c. Yüzeylerinde ağır metalleri adsorbe etmiş sestonlarla,
d. Toksik metal iyonları ile organizmaların ürettiği bazı maddeler arasındaki çekim nedeni ile ortaya çıkan absorbsiyon yoluyla.

Canlı vücuduna giren ağır metaller;

a. Hücre geçirgenliğinde iyonik dengeyi bozar.
b. Enzim fonksiyonlarını bozarak fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonların inhibe edilmesine etkendirler.
c. Hormonların yapısını etkileyerek üreme ve diğer sistemlerde zararlı etki gösterebilmektedirler.
d. Populasyon yoğunluğunu bozarak, kommunite yapısına ve ekosistemin işleyişine etki ederler.



Şekil 2.1.Çevrede iz elementlerin taşınma yolları (Goyer, 1986)

2.3.1. Ağır Metallerin Biyolojik Bulunurluluğu ve Alınım Biyolojisi

Doğal ya da antropojenik kaynaklar vasıtasıyla su sistemlerine bulaşan ağır metaller, suda serbest iyon şeklinde veya inorganik ve organik anyonların çözünmüş kompleksleri şeklinde bulunurlar. Ayrıca çözünmemiş kompleks ya da organik partiküller şeklinde de bulunabilirler. Bunun sonucu olarak organizmalar ağır metallerin bir kısmını serbest iyon şeklinde olanlarını sudan doğrudan alırken

diğerbir kısmını besin zinciri yoluyla bir kısmını da sedimentten doğrudan aldıkları belirtilmiştir (Hodson, 1988; Klerks ve Fraleigh, 1997). Hücreler, bunların iyonlarını aktif ya da pasif taşınma ile hücre yüzeyi vasıtasıyla almaktadırlar. A sınıfı metaller (K, Ca, Mg gibi) temel olarak oksijen bakımından zengin ligandlara (karboksil grupları gibi), B sınıfı metaller (Hg, Pb, Pt, Au gibi) sülfür ve nitrojen bakımından zengin ligandlara (amino asitler gibi) bağlanarak, geçiş metalleri (Cd, Cu, Zn gibi) ise B sınıfı metaller gibi davranarak hücre içine alınırlar (Niebor ve Richardson, 1980). Bu aşama pasif birikim, absorpsiyon, iyon değişimi, koordinasyon, kompleks oluşumu, şelat oluşturma ve mikro presipitasyon proseslerini içerir. Hücreye alınan metal iyonları metal bağlayıcı proteinlere ya da diğer hücre içi bölgelere bağlanırlar (Dönmez ve Aksu, 2002).

Ortamda bulunan ağır metal iyonları yüksek konsantrasyonlardacanlılar için oldukça toksiktir. Yüksek metal konsantrasyonları:

a. Hücre zarının geçirgenliğini değiştirerek,
b. Hücredeki sülfidril(-SH) gruplarıyla etkileşerek,
c. Fosfat grupları ve aktif ADP ya da ATP gruplarıyla reaksiyon ilgileriyle,
d. Gerekli iyonlarla yer değiştirerek toksisiteye neden olmaktadırlar (Patra ve ark., 2004).

Metallerin toksitideleri; metalin kimyasal formuna, biyolojik bulunurluğuna, hücreye alınım yoluna, metalin aksiyon etkisine ve metabolizmasına, diğer metallerle etkileşimine, metalin akut ve kronik etkisine, toksik etkisini göstereceği hedef bölgeye, hücre içi fizyolojik işlemlere (solunum, fotosentez gibi) ve genetik adaptasyonlara bağlıdır. Metallerin bu toksik etkilerine karşı gösterilen yanıt mekanizmaları şu şekilde sıralanmıştır;

a. Onlara özel üretilen organik bileşiklerce metallerin depolanması,
b. Bazı hücre bölümlerindeki kompartmantalizasyonu,
c. Metal iyonlarının dışarı atılmasıyla olmaktadır.

Metallothioneinler, ferritinler ve fitoşelatinler metalleri bağlayarak metallerin hücrede oluşturabileceği zararlı etkileri önlemektedirler (Patra ve ark., 2004).

2.3.2. Sucul Ortamlarda Ağır Metal Kirliliği ve Sucul Canlılarda Birikimi

Ağır metaller sularda ayrışamadıkları için veya zor ayrıştıkları içindokularda yüksekkonsantrasyonlarda birikirler. Emilimi yapılmayan ağır metaller ise boşaltım sistemi ile vücuttan atılırlar. Eğer boşaltım sistemi bunun için yeterli olmazsa, toksik metaller karaciğer, böbrek ve değişikorgan ve dokularda depolanırlar (Ağacasulu, 2007). Bazı su canlıları, sabit konsantrasyonlardaki bakır ve çinko gibi esansiyel metallerin seviyelerini düzenleyebilmektedirler. Fakat bu düzenleme daha yüksek metal konsantrasyonlarında bozulmakta ve böylece ağır metal birikimi olmaktadır. Vücutta metal düzenlenmesi, metal alınım oranına paralel olarak atılım oranındaki artış ile sağlanmaktadır. Kadmiyum ve cıva gibi esansiyel olmayan ağır metallerin vücuttaki konsantrasyonları ise genellikle düzenlenememekte ve dolayısıyla birikme sudaki ağır metal konsantrasyonu ile orantılı olmaktadır. Bununla birlikte, bir metalin organizmadaki konsantrasyonu, o metali biriktirme oranına bağlıdır (Ünlü ve Gümgüm, 1993). Balıkların çeşitli organ ve dokularında biriken ağır metaller, etki süresine ve ortamınkonsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Balıklarda belirli bir metalin hangi organ ve dokuda depo edileceği canlı türlerine görefarklılık göstermektedir. Genel olarak en yüksek birikim karaciğerde, en düşük birikim ise kas dokusunda olmaktadır(Kargın ve Erdem, 1992). Bazı temel metabolik fonksiyonların yürütülebilmesi için az miktarlarda gereksinim duyulan bakır ve çinko gibi ağır metallerin ortamdaki derişimlerinin artması, metalin öncelikle metabolik aktivitesi yüksek olan organlarda birikmesine ve toksik etkiye neden olmaktadır.Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme alışkanlığına ve vücuda alınan metale bağlı olup, doku ve organlar arasında farklılık gösterir. Örneğin, karnivor balıklardaki ağır metal konsantrasyonunun herbivor balıklardaki konsantrasyondan daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çünkü besin zincirinde daha üst basamaklarda bulunan balıklar alt basamaktaki canlılarda biriken ağır metalleri de alırlar. Sonuçta bu metaller hayvanlarda akut veya kronik zehirlenmelere yol açabilmektedirler (Aksun, 1986).

Ağır metaller solungaç, deri ve besin yolu ile sucul canlılara geçer (Bat ve ark.,1999). Sudaki ağır metallerin balıklara geçişi özellikle geniş bir yüzey alanına sahip olan solungaçlar aracılığı ile olur (Göksu ve ark., 2003). Balıklar, sudaki

oksijeni solungaçlarla alırken suda çözünmüş veya askıda bulunan materyalleri de alır (Karadede ve Ünlü, 2000). Ağır metaller yiyecekler yolu ile direkt olarak sindirim sistemi ile de alınabilir (Bat ve ark., 1999).Sindirim kanalından absorbe olan toksik maddeler, kan dolaşımı ile tüm vücuda dağılır. Ağız yoluyla vücuda giren toksik maddelerin absorbsiyonunun en fazla olduğu yer ince bağırsaklardır. Bağırsak mukozasındaki absorbsiyon valvül, villus ve mikrovillusların mideye oranla çok daha yaygın olması, toksik maddelerin burada daha uzun sürede kalmalarına, dolayısıyla mukozalarla daha çok temas etmelerine neden olmaktadır. Deri, genellikle toksik maddelerle sık sık temas halindedir. Ancak derinin ağır metallere karşı fazla geçirgen olmayışı nedeniyle bu yoldan canlıların zehirlenmeleri nispeten seyrektir (Karadede ve Ünlü, 2000).

2.3.3. Besin Zinciri ve Doğal Etkiler Sonucu Ağır Metallerin Taşınımı

Besin piramidinde, üreticilerden tüketicilere doğru gidildikçe detoksife edilemeyen ağır metallerin birikimi artar. Canlılar her ne kadar belirli oranlarda birikici etki göstermeye başlayan metalleri uzaklaştırsalar da alt sıralarındaki canlılarda biriken metaller, besin zinciri ile bir üst sıradaki canlılara geçer ve toksiditeye sebep olurlar. Karalarda bulunan kayaçlardaki iz elementler, parçalanma, taşınma, birikme, tortulaşma gibi sedimenter süreçler ile bir yerden başka bir yere taşınma halindedirler (Üşenmez, 1985). Bu taşınma olaylarına yağmur ve akarsuların da karışmasıyla iz elementler, su akışıyla beraber denizlerin ve göllerin tabanlarında toplanırlar. Sucul ekosistemlerdeki canlılar, sedimentlerde biriken ağır metallerle etkileşirler. Böylelikle bu inorganik maddeler, besin zinciri içerisinde doğadaki taşınımlarını sürdürürler. Sucul ekosistemlerin sedimentlerinde biriken bu maddelerin madde döngüleriyle tekrar karasal ekosistemlere dönüşü, karadan deniz ve göl diplerine geçişe göre çok zayıftır. İz elementler, sanayileşmenin de etkisi ile çevreye fazlaca yayılmaya başlamıştır. Bu durum besin zincirinin halkalarını oluşturan canlılar üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bu nedenle, ağır metallerin alınan besinlerde ne düzeyde bulunuyor olduğu daha çok önem kazanmıştır.

Mikroskobik bitkiler olan fitoplanktonlar, sudaki besleyicileri ve güneş ışığından aldıkları enerjiyi kullanarak besin zincirini başlatırlar (Şekil 2.2.). Bu canlılar, zooplanktonlar tarafından yenilmekte ve bu hayvansal organizmalar da daha

büyükleri tarafından tüketilmektedirler. Böyleceher bir tür, aynı zamanda bir alt kademeden aldığı ağır metalide biriktirmektedir (Merlini, 1971). Denizel organizmalarının bazıları ağır metalleri belli bir dereceye kadar bünyelerinde depolayabilirler (Windom, 1991).Bu ağır metaller, organizmalar için zehirli veya zararlı olmasa bile besin zincirinin üst basamağındaki canlılara ve insana ulaştığında, bu canlıların ve insanın sağlığını etkilemektedirler.



Şekil 2.2. Ağır metallerin besin zinciriyle balıklara geçişi

Kirletilmiş bölgelerde deniz dibi sedimanı yüksek ağır metal konsantrasyonuna sahiptir. Dolayısıyla, sedimandan beslenen canlılarda en yüksek ağır metal konsantrasyonugörülür (Kocaman, 1999).

Sudaki besin zincirinde kirliliğin biyolojik olarak gelişmesi sebebiyle, metal kirliliğinin yoğun olduğu sucul ortamlardaki balıklarla beslenen kuşların da, sudaki metal kirliliğinden çok fazla etkilendikleri belirtilmiştir. Canlıların kirlenmeden en az derecede etkilenmesi için suda bulunan kirliliğin derecesinin belirlenmesi gereklidir. Fakat aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı ortamdaki tehlikeli ağır metal düzeylerini belirlemek oldukça güç olmaktadır:

a. Çoğu metallerin (Cu, Zn, Co, Sr ve Ni gibi) organizmada doğal olarak çok düşük düzeylerde bulunması,
b. Metalle zehirlenmenin, hem metalin direkt toksisitesine hem de mutajenik, embriyotoksik, gonadotoksik ve kanserojenik etkilerini kapsayan uzun dönem biyobirikiminin sonucu olabilmesi,

c. Toksik etkilerin metalin özelliğine, metal kombinasyonlarına (yani sinerjik ve antogonistik etki) ve diğer faktörlere bağlı olabilmesidir (Moiseenko ve Kudryavtseva, 2001).

2.3.4. Ağır Metallerin Hücre İçerisine Girişi

Genel anlamda, toksik maddelerin etkinliklerini gösterebilmeleri için belirli bir konsantrasyonda membranlardan geçip etki yerine ulaşmaları gerekir. Bu konsantrasyon alınan toksik maddenin miktarına, absorbsiyon hızına bağlı olarak değişir ve kan dolaşımıyla organizmaya dağılır. Toksik bir maddenin membrandan geçişi başlıca iki şekilde olmaktadır:

1. Difüzyon veya pasif transport

2. Özel transport

1. Difüzyon veya pasif transport:Kimyasal maddelerin transmembran devinimleri membranın iki yüzü arasındaki konsantrasyon farkıyla gerçekleşmektedir. Yoğun konsantrasyondan daha az yoğun konsantrasyona doğru madde akışı vardır. Pasif transport membranın iki yüzü arasındaki osmotik basınç farkı sonucu porlardan geçen sıvı küçük molekülleri ile birlikte sürüklenir, büyük parçacıklar dışarda kalır. Lipidde çözünen maddeler membranları daha kolay geçer ve membranın diğer tarafında sulu fazda difüze olur. İyonize bileşiklerin, membranın lipid ve proteini ileiyonik etkileşmeleri nedeniyle difüzyonları zorlaşır. Difüzyon vücut içinde iki şekilde gerçekleşir: a. Filtrasyon, b. Basit Difüzyon

a. *Filtrasyon (Süzülme):* Membran gözeneklerini dolduran sulu faz içinde çözünmüş olan küçük moleküller (molekül ağırlığı 100 dalton altında olanlar) bu gözeneklerden geçebilir. Bu olaya "filtrasyon" denir. Filtrasyonu sağlayan kuvvet osmotik veya hidrostatik basınçtır. Membran gözenekleri organlara göre değişmektedir. Örneğin; böbrek glomerülleri ve kapilerde gözenek büyüklükleri 40 A^o civarında olduğundan, molekül ağırlıkları 50 000 - 60 000 dalton arası maddeler membranları filtrasyonla geçebilirler.

b. *Basit Difüzyon*:Membranın iki yüzündeki yoğunluk farkına dayanan yoldur. Geçiş hızı yoğunluk farkı ile doğru orantılıdır. Özellikle yağda çözünen maddeler bu yola vücut membranlarını rahatlıkla aşabilirler.

2. Özel transport:Basit difüzyon veya filtrasyonla membranı geçemeyen, lipid çözünürlüğü yüksek ve büyük molekül ağırlıklı maddelerin hücre membranını geçişidir. Üç şekilde meydana gelir: a. Aktif transport, b. Kolaylaştırılmış Difüzyon, c. Endositoz

a. *Aktif transport*: Geçiş olayında enerji gerekiyor ve toksik madde konsantrasyon farkını aşabiliyorsa "aktif transport" denir.
b. *Kolaylaştırılmış Difüzyon:*Eğer membranı geçiş enerji istemiyor ve konsantrasyon engeline karşı toksik madde taşınamıyorsa "kolaylaştırılmış difüzyon" denir.Membranın dış yüzünde,toksik madde molekülü bir makromolekül ile kompleks yaparak hücre içine taşınır. Bu kompleks membranın diğer tarafında serbest kalır, daha sonra taşıyıcı geldiği yere tekrar transport yapmak için döner. Ayrıca bir bileşiğin absorpsiyonu benzer kimyasal yapıdaki diğer bir bileşik tarafından inhibe edilebilir. Örneğin; Cu, Cd ve Zn'nun moleküler bakımdan birbirlerine olan benzerliklerinden dolayı taşıyıcı proteinin Cu ile kompleks yapması yerine, oldukça toksik olan Cd ile bağlanıp hücre içerisine Cd transfer etmesiyle gerekli olan Cu'ın alınımı inhibe edilmiş olur (Dökmeci, 1988). Bu mekanizma, toksik maddelerin absorpsiyonundan çok eliminasyonlarında daha önemli olmaktadır.Hogstrand ve Haux (1991), Cd transferinin kolaylaştırılmış difüzyon ile olduğunu, Zn alımının Ca-ATPase vasıtasıyla aktif transport sayesinde olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca ağır metallerin, hücre içerisinde arttığı zaman bu metallerin büyük bir kısmının metallotionein proteinlerine bağlandığını belirtmişlerdir.
c. *Endositoz:* Sıvılar için pinositoz, katılar için fagozitoz denilen bu özel mekanizmada, hücre membranından çıkan uzantılar toksik maddeyi sarar ve hücre içine çeker. Yüksek molekül ağırlıklı ve kolloidal maddeler ancak bu şekilde hücre membranını geçebilirler. Tersine büyük moleküllerin ve

taneciklerin, hücre membranının yarılması ile hücre dışına çıkması da "ekzositoz"olarak adlandırılır (Vural, 2005).

2.3.5. Ağır Metallerin Vücuttaki Dağılımı

Ağır metaller absorbe olup dolaşıma geçtikten sonra, vücut ağırlığının büyük çoğunluğunu oluşturan sıvı kısma geçer. Kandan, sıvı bölüme geçiş genellikle konsantrasyon gradiyentine göre pasif difüzyonla olmaktadır. Vücutta toksik maddelerin dağıldığı sıvı kompartımanları başlıca üçe ayrılır:

a. Plazma
b. İnterstisyel ya da ekstraselüler sıvı
c. İntrasellüler (hücre içi) sıvı

Ağır metallerin vücuttaki dağılımı; kandaki dağılım ve dokulardaki dağılım olmak üzere iki önemli özellik gösterir.

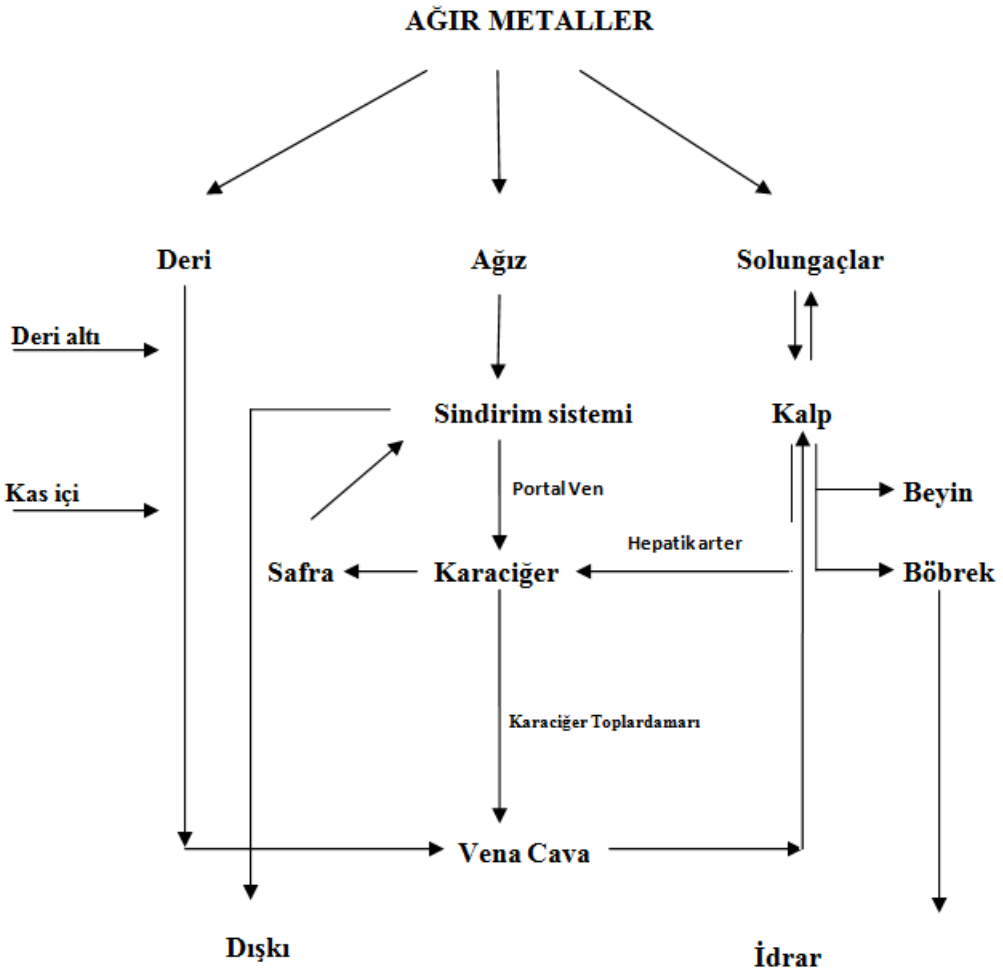
a. Kandaki dağılım: Cu iyonlarının ve bazı metallerin bağlanmasında seruloplazminler önem taşır. Plazmada bağlı olan madde inaktiftir ve böbreklerden elimine edilemez. Serbest ve bağlı madde molekülleri arasında bir denge vardır. Serbest moleküller kanda azaldıkça, bağlı maddelerin bir kısmı serbest hale geçer. Proteinlere bağlı olan ağır metaller vücutta depo görevi yaparlar. Toksik olan cıva, plazma albuminine bağlanır.
b. Dokulardaki dağılım:Birçok metal çoğunlukla spesifik dokuda depolanır. Bazıları yüksek konsantrasyonda bir dokuda depolanıp toksik etkinin o organda ortaya çıkmasına yol açar. Diğer bazı metaller ise, organ dışında başka yerde zehirlenme belirtilerine yol açar. Örneğin, Pb kemiklerde depolanmasına karşın belirtilerini yumuşak dokuda gösterir.Toksik maddelerin santral sinir sisteminden geçişlerinde kan-beyin bariyeri sınırlayıcı rol oynamaktadır. Kan-beyin bariyeri yavru balıklarda tam olarak gelişmediğinden, birçok ağır metal yeni doğanlarda erişkinlerden daha etkilidir. Absorbe olan eser elementler solungaçlardan ve bağırsaklardan kana geçerek vücudun diğer kısımlarına gönderilirler. Her metalin dağılış yeri farklıdır. Balıklarda kronik olarak bakıra maruz kalması halinde, bakırın daha

çok karaciğerde depo edildiği görülüyor. Ayrıca çinkonun solungaç epitellerinden transferi oldukça hızlıdır. Bakır ve kadmiyumun tersine çinko birincil olarak deride ve kasta dağılım gösterir, çok küçük miktarları karaciğer ve böbrekte akümüle olur. Çinkonun karaciğer ve böbrekte atılımı oldukça hızlıdır. Oysa kemik, kas ve deride daha yavaş elimine olurlar. Kadmiyum balıkta çok yavaş birikir ve esas biriktiği organ karaciğer ve böbreklerdir (Hogstrand ve Haux,1991).

2.3.6. Ağır Metallerin Balık Tarafından Alınması ve Birikimi

Suyun ve sedimentin fizikokimyasal özellikleriağır metallerin balık tarafından alınmasınaetkilidir. Örneğin, bakır, kadmiyum ve çinkonun alınması sudakiyüksek kalsiyum konsantrasyonundan etkilenerek azalır. Balıklarda biriken ağır metallerin girişiserbest vücut yüzeyleri, solungaçlar ve sindirim kanalı olmak üzere başlıca üç farklı yoldan gerçekleşir (Şekil 2.3.). Ağır metal absorbsiyonu en fazla solungaçlarda gerçekleşirken vücut yüzeyinden absorbsiyon oldukça azdır (Amundsen ve ark., 1997).

a. Solungaçlardan absorbsiyon: Balıklar, ağız yoluyla alınan sudaki oksijenin solungaçlardaki kılcal damarlardan geçmesi sırasında suda çözünmüş veya askıda bulunan materyalleri de alırlar. Bu sırada suda bulunan ağır metallerde solungaçlardaki lameller tarafından vücut içerisine alınır (Heath, 1987).
b. Sindirim sisteminden absorbsiyon**:** Balıklarda en çok zehirlenmeler ağız yoluyla alınan toksik maddelerle olmaktadır. Bu nedenle gastrointestinal absorbsiyon oldukça önemlidir. Sindirim kanalından absorbe olan toksik madde, kan dolaşımı yolu ile tüm vücuda dağılarak zehirlenmeye yol açabilir. Bu zehirlenme; zehrin türüne, şiddetine ve absorbe konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Ağız yoluyla vücuda giren toksik maddelerin absorbsiyonlarının fazla olduğu yer ince bağırsaklardır (Dökmeci, 1988).
c. Deriden absorbsiyon: Deri genellikle toksik maddelerle temas halindedir. Ancak derinin ağır metallere karşı fazla geçirgen olmayışı nedeniyle canlıların bu yolla zehirlenmeleri daha az görülür. Deride epidermis bölgesinde bulunan stratum corneum tabakası epidermik bir bariyer olarak birçok kimyasal maddenin geçişini önlemektedir (Dökmeci, 1988).



Şekil 2.3. Ağır metallerin vücuda alınımı ve dağılımı (Dökmeci, 1988).

2.4. İncelenen Ağır metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri

2.4.1. Çinko

Çinko gerek insan gerekse hayvanlar için gerekli esansiyel elementlerden birisidir. Biyolojik sistemlerde yalnız Zn^{+2} olarak bulunur. Hava, toprak, su ve bütün gıdalarda mevcut olup, mineral olarak bol bulunan elementtir. Demir ve diğer metallerin kaplama işlemlerinde, kuru hücre akülerde, alaşım imalatında, beyaz boya üretiminde, seramiklerde, kauçuk sanayinde, gübrelerde, bazı kozmetik ve sağlık alanında kullanılmaktadır (Atsdr, 2003).

Biyokimyasal yönden çinkonun önemi, bazı enzimlerin aktivasyonu için vazgeçilmez bir madde olmasından kaynaklanmaktadır. Çinko, enzimlerin ve hormonların

bileşenlerinden biridir. Alkol dehidrojenaz, karbonik anhidraz, alkalen fosfataz, DNA ve RNA polimerazlar gibi yaklaşık 300 enzimin yapısında bulunur. Protein sentezinde fonksiyonu bulunan çinko gen ekspresyonunda yapısal ve enzimatik rol oynamaktadır. Katalitik ve gen eksprosyonundaki rolünün yanı sıra, diğer proteinlerin ve nükleik asitlerin yapılarını korumakta, hücre alt birimlerinin bütünlüğünü korumakta, transport işlemelerinde yer almakta, bağışıklık sistemindeki olaylarda önemli rol oynamaktadır (Belce, 2002).

Karbonhidrat metabolizmasında etkin rol oynayan insülin hormonu, çinko kompleksi halinde depo edilmektedir. Dolayısıyla vücuttaki değişimi, insülinin üretimi, depolanması ve salgılanmasında etkilidir. Canlı organizmada çinko azlığında, pankreasın hücrelerinin çinko içeriğinin azaldığı ve insülin salınımında azalma olduğu belirlenmiştir (Boguist, 1969). Böylece çinkonun azalışına bağlı olarak karaciğerdeki glikojen seviyesinde de artış görülmektedir (Vallae, 1959).

Toprakta bulunan çinkonun yaklaşık %90'ı bitki büyümesinde kullanılır. Sucul organizmalarda ise çinkonun fazlası biriktirilmektedir. En çok birikim gösteren organlar, böbrek, kas ve karaciğerdir. Çinkonun yetersiz miktarda alımı, 200'den fazla enzimi olumsuz etkilediği gibi, yüksek düzeyleri de canlılarda çeşitli hasarlara sebep olmaktadır. Çinko eksikliği gençlerde büyümeyi olumsuz etkiler, hamile kadınlarda bebeklerin gelişimini engeller, bağışıklık sistemini zayıflatır. İnsan vücudundaki çinkonun yaklaşık %90'ı kemik ve kaslarda bulunup, vücuttan atılması normal şartlarda idrar ve dışkı vasıtasıyla olur. İştah ve bağışıklık sistem aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi ve derideki aşırı hassasiyetler, kolesterolün yükselmesi, insanlardaki aşırı çinko alımında gözlenen genel problemlerdir (Atsdr, 2003).

Çinkonun toksik etkisi suyun kimyasına, suda bulunan diğer metallere ve yer kabuğunun bazikliğinebağlı olarak değişir.Çinko ortamda yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunda solungaçları tahrip ederek balığı öldürebilir. Genellikle çinkonun sudaki organizmalar için zararları şu şekilde sıralanabilir(Kruger, 2002):

a. Deride lezyonlar, hemorajiler ve omur hasarlarına neden olur.
b. Balıkta yumurta zarında incelmeye neden olarak yumurtlama esnasında yumurtanın yırtılmasına neden olur.
c. Gonat faaliyetlerine engel olur.
d. Embriyonik gelişiminisekteye uğratır.
e. Yumurtadan çıkan larvanın çinkoya maruz kalması kulak kapsüllerinde ve gözlerde şekil bozukluklarına, ağızda ve solungaç kemerlerinde sakatlıklara neden olur.

2.4.2. Bakır

Bakır, düşük derişimlerde hayvansal organizmalar için gereksinim duyulan bir eser element olup, amin oksidaz, katalaz, seruloplazmin, sitokrom oksidaz, dopamin beta-hidroksilaz, peroksidaz, süperoksit dismutaz, tirozinaz ve ürikaz gibi yaklaşık 30 kadar enzim ve glikoprotein'in yapısal bileşiminde bulunur (Aaseth ve Norseth, 1986; Goyer, 1986).Bakır, konsantrasyonu 0,05-2 mg/kg olmak koşulu ile tüm gıdaların içinde bulunur.Biyolojik sistemlerde Cu^{+2} ve Cu^{+1}şeklinde bulunan bakır en çok, hayvan sakatatları, fındık, meyve, fasulye, tahıllar, yumurta ve balıkta bulunur (Anonymous., 2001).

Katalaz, peroksidaz ve sitokrom oksidaz gibi oksidatif enzimlerin bakır içermesi, metalin hidrojen peroksit, organik madde yıkımı ve enerji üretimi ile ilişkili olduğunu gösterir (Sorensen, 1991).

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit canlılarda zehir etkisi göstermesine karşın yüksek yapılı canlılarda temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, antibakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır (Anonymous., 2001).

Bakır, çoğunlukla ince bağırsakta aktif ve pasif transportla absorbe edilir. Gastrointestinal kanaldan absorbe edilen bakır öncelikle albumine bağlanarak ve küçük bir kısmı da histidinle kompleks yaparak karaciğere taşınır. Burada çoğu metallothionein benzeri proteinlerin yapısında depolanır. Bakır, karaciğerde

serüloplazmin yapısına girerek kana salınır. Plazmada bulunan total bakırın % 95'ten fazlası serüloplazmin yapısındadır ve bu şekilde dokulara taşınır. Serüloplazmin, bakır içeren bir metalloglikoproteindir. Karaciğerdeki ferritinden (plazmada bakır taşıyıcı protein) ve diğer demir depolarından demirin salınmasını sağlar. Ekstra sellüler ortamda antioksidan aktiviteyi serüloplazmin ve ferritin sağlar. Bakır, demirin dokulardan plazmaya geçişini sağlar (Cartwrigh, 1977).

Bakır, en fazla karaciğerde depolanır. Kalp, beyin ve böbreklerde yüksek; kas ve kemikte ise düşük konsantrasyonda bulunur. Buna rağmen vücut total bakırının %50'si kas ve kemik dokusundadır (Cartwrigh, 1977).

Madeni kaplama işlemleri, endüstriyel atıklar ve bazı tarımsal ilaçlar ile bakırın sucul ortamlara bırakılması sonucu; su, sediment ve organizmalarda yüksek miktarlarda bakır birikebilir ve yüksek konsantrasyonlardaki birikimler toksik etki yaparak canlıların ölümüne neden olabilir. Bakırın sucul canlılar tarafından gereksinim duyulan düzeyde ortamdan alınımı ve depolanması iç homeostasi ile sağlanır. Ancak balıklarda atılım, depolama ve detoksifikasyon mekanizmaları, ağır metal alınımını karşılamadığı durumlarda dokularda birikme, hücresel veya moleküler düzeyde yapısal ve işlevsel bozukluklara neden olur (Dethloff ve ark., 2001).

Balıklar tarafından bakırın ortamdan alınımı, besin, solungaçlar ve tüm vücut yüzeyinden absorbsiyon yolu ile olmaktadır. Vücuda alınan metal, taşıyıcı proteinlere bağlanarak, kan yolu ile metabolik bakımdan aktif doku ve organlara taşınmakta ve metal bağlayıcı proteinlere bağlanarak alıkonması sonucu birikmekte ve yüksek derişimlere ulaşabilmektedir (Mc Geer ve ark., 2000). Bakırın düşük derişimlerinin uzun süreli etkisinde, karaciğer, solungaç, böbrek ve dalak gibi dokuların yanı sıra kas, beyin, ovaryum ve testis gibi dokularda da önemli düzeylerde biriktiği saptanmıştır (Cicik, 2003).

Çeşitli balık türlerinde yapılan araştırmalarda bakır etkisinin, karaciğer hücrelerinde sitoplazmik vakuollerin sayısında artışa, lizozomal veziküllerde büyümeye, nukleusta şekilsel değişimlere, karaciğer hücrelerinin safra kanalına bakan mikrovilluslarında kısalmaya (Kotze ve ark., 1999; Levesque ve ark., 2002), solungaç lamellerinde hipertropiye neden olduğu (Handy, 2003) belirlenmiştir. Balıklarda bakır etkisinin

mukus salınımını artırdığı (Lewis ve Lewis, 1971), solungaç yüzeyinin mukus ile kaplanması sonucu ortaya çıkan hipoksik koşulların, anaerobik metabolizmayı stimüle ettiği (Levesque ve ark., 2002), endokrin sistem aracılığı ile karbonhidrat ve protein metabolizmalarını etkilediği ve lipid peroksidasyonunu artırdığı (Vijayan ve ark., 1997; Hollis ve ark., 2001), gelişmeyi yavaşlattığı (Marr ve ark., 1996), immün sistemi baskıladığı (Stouthart ve ark., 1996), testis ve ovaryumda eşey hücrelerinin sayısını azalttığı, olgunlaşmayı engelleyerek üreme başarısını düşürdüğü belirlenmiştir (Horning ve Yang, 1979).

Bakırın toksik etkisinin artması sudaki çözünmüş oksijene, suyun sertliğine, ısı, pH ve şelat ajanlarındaki azalmayabağlıdır. Sudaki yüksek pH bakırı çökeltir ve bakır toksik etkisini kaybeder. Ancak düşük pH ise bakırı suda çözer ve toksisitesi artar. Aşırı bakırın su canlılarına etkilerinin bazıları şunlardır (Kruger, 2002):

a. Balıklarda bazı biyokimyasal, anatomik, fizyolojik ve davranışsal değişikliklere sebep olur.
b. Hücrelerde yağ peroksidasyonuna neden olur.
c. Kalp atışında yavaşlama, hızlı oksijen alımı ve anemiye neden olur.
d. Solungaçlarda mukozada birikerek strese hatta ölüme yol açan solunum rahatsızlıklarına neden olur.
e. Büyümeyi yavaşlatır.
f. Omur hasarları ve nörolojik bozukluklara neden olur.
g. Kan ve karaciğerde enzim aktiviteleri, hematolojik parametreler ve plazma iyon konsantrasyonu gibi aktiviteleri etkiler ve solungaçta iyon transferine engel olur.

2.4.3. Kadmiyum

Kadmiyumun organizma için biyolojik ihtiyacı ya da yararı yoktur. Doğadaki canlılara ve insana zararlı bir elementtir. Bütün formları hayvanlar, yüksek bitkiler, mikroorganizmalar ve insan için toksiktir.Endüstriyel alanda son derece yaygın olarak kullanılan ve bir iz element olan kadmiyumun yerkabuğundaki ortalama konsantrasyonu genellikle 0,1-0,5 mg/kg olarak bildirilmiştir. Çinko ve kurşun üretiminde oluşan bir yan ürün olduğundan, eğer ortamda çinko ve kurşundan

kaynaklanan ağır metal kontaminasyonu varsa, kadmiyumun da bulunması beklenen bir sonuçtur. Diğer önemli kaynakları fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanmasıdır (Cook ve Morrow, 1995).

Kadmiyum ve çinko yerkürede birlikte ve benzer yapılarda bulunurlar. Bu iki metal insan vücudunda da benzer yapısal ve işlevsel özellikler göstermektedirler. Kadmiyum önemli enzim ve organ fonksiyonlarında çinkonun yerini alabilmektedir ve bu fonksiyonların gerekli şekilde gerçekleşmesini engellemektedir. Çinko ve kadmiyumun vücut içindeki oranları, kadmiyum zehirlenmesi çinko yetersizliğiyle arttığından, çok önemlidir. Tahılların rafinasyon işlemi bu oranı düşürmekte ve dolayısıyla çinko eksikliği ve kadmiyum zehirlenmesi fazla rafine edilmiş tahıl ve unların tüketimiyle artış göstermektedir (Toscalı ve Eren, 2004).

Kadmiyum, sindirim ve solunum yolları aracılığı ile kolayca absorblanan, vücutta birikim yapan ve zehirlilik etkisi yüksek olan bir metaldir (Mc Neely ve ark., 1979).Vücut tarafından absorblanan kadmiyum, kana geçer ve vücudun belli bölgelerinde depolanır.Hayvan vücudunda kadmiyum genellikle metallothionein ile birleşmiştir (Watari ve ark., 1989). Metallothionein karaciğer tarafından sentezlenen, sisteince zengin, düşük moleküler ağırlığasahip olan metal bağlayıcı hücre içi bir proteindir. Metallothioneinin pek çok memeliye ait organda bazal seviyede bulunduğu gösterilmiştir (Szczurek ve ark., 2001). Metallothioneinin esansiyel metallerden özellikle çinko ve bakıra, esansiyel olmayan metallerden de kadmiyum ve cıvaya çok fazla affinitesi vardır (Elsenhans ve ark.,1997). Kadmiyuma maruz kalan deney hayvanlarının karaciğer, böbrek, akciğer, bağırsak ve testisinde metallothionein ekspresyonunda artış olduğu bilinmektedir (Danielson ve ark., 1982).Metallothionein serbest radikal savıcı etkisinden dolayı, antioksidan savunma sisteminin önemli bir unsurudur (Singh ve Rana, 2002).

Kadmiyum bileşikleri kanserojendir.Hava, su yada besinler yoluyla düşük düzeyde kadmiyuma uzun süre maruz kalan hayvanlarla yapılan deneylerde kadmiyumun tansiyon yükselmesine, kandaki demir düzeyinin düşmesine, karaciğer hastalıklarına, sinir sistemi ve beyinde hastalıklara neden olduğu gösterilmiştir. Sucul organizmalar yüksek kadmiyum derişimlerine karşı hassastırlar. Kadmiyum sucul canlıların üremelerini de etkiler, larvaların büyüme ve yaşama oranlarının düşmesine sebep

olur, balıkta iyon dengesinin bozulmasına sebep olan kadmiyum zehirlenmesi kalsiyum metabolizmasını engelleyerek de zararlı olur. Çinko, bakır gibi ağır metallerinde suda bulunması kadmiyumun zehirli etkisini arttırır. Sucul hayatın korunması açısından yüzey suyu ortamlarında maksimum kadmiyum derişiminin 0,0002 mg/l olması önerilmiştir (Mc Neely ve ark., 1979).

Kadmiyumun canlı organizmalara olan toksik etkisi fiziksel ve kimyasal faktörlere bağlı olarak değişir. Sudaki farklı iyonlar, pH, elektriksel geçirgenlik ve sıcaklık kadmiyumun toksisitesini etkiler (Eisler, 1985). Cd, Hg ve Pb gibi biyolojik işlevi olmayan ağır metaller organizmaya alındığında veya eser elementlerin organizmadaki derişimleri metabolik gereksinimi aştığında metallothionein sentezi artmaktadır.

Balıklarda kadmiyum vücut yüzeyi ve solungaçlardan vücuda girmektedir. Vücut yüzeyinin pullarla kaplı olması bu yolla kadmiyum alınım oranını düşürmektedir. Buna karşın, solungaç dokularındaki kadmiyum birikiminin fazla olması bu dokunun lameller yapısının geniş yüzey alanı oluşturması ve bu dokuda su ile kan arasındaki difüzyon aralığının kısa olmasıyla açıklanır (Kalay, 1996). Ayrıca kadmiyum mollusk ve balıkların solungaçlarıyla, kalsiyumun bağlanma bölgeleriyle rekabet halindedir. Kadmiyum, Ca^{++}ATPase basolateral etkisi sayesinde balık solungaçlarına kalsiyum verilmesine müdahale ederek iyon dengesini etkiler (Hollis ve ark., 1997).

Doğal ortamda yapılan araştırmalardan kadmiyumun balık karaciğer ve solungaç dokularında kas dokusuna göre daha fazla düzeylerde biriktiği belirlenmiştir (Canlı ve Kalay, 1998). Yapılan deneysel bir çalışmada kadmiyum miktarı balık kas dokusunda kadmiyum derişimine ve deney süresine bağlı olarak istatistiksel ayrım gösterecek düzeyde artma göstermemiştir. Buna karşın beyin ve kemik (omurga) dokularındaki kadmiyum derişimi artan ortam derişimine ve etkide kalma süresine bağlı olarak istatistiksel ayrım gösterecek düzeyde artış göstermiştir (Kalay ve Karataş, 1999).

Kadmiyum sucul canlılar üzerinde başlıca şu etkileri yapar(Kruger, 2002):

a. Çinko ve kalsiyum gibi esansiyel metallerle rekabetegirer ve bu metallerin işlevlerini yerine getirmesini engeller.
b. Perikardiyal ve abdominal ödemler, kısalmış veya bozulmuş kuyruk yüzgeci ve sapları ve dolaşım sistemi hasarlarına neden olur.
c. Yapısal proteinler ve enzimlerin normal fonksiyonları için gerekli olan sülfidril gruplarını bloke eder ve enzim faaliyetlerine zarar verir.
d. Balıklardaki hücre membranlarının geçirgenliğini bozarak ve solungaçlarında yapısal hasarlar meydana getirerek iyon dengesini bozar.
e. Pigment formasyonunu etkileyerek vücuttaki renk ve lekelerde azalmaya neden olur.
f. Larvalarda şekil bozukluklarına ve ölümlere sebep olur.
g. Kan pıhtılaşması ve kan dolaşımında azalmaya neden olur.
h. Oksijen kullanımında azalmaya neden olarak solunumu etkiler.

2.4.4. Kurşun

Kurşun insan vücudu için gerekli olmayan toksik bir elementtir. Çoğunlukla gümüş, bakır, çinko, antimon ve demir metalleriyle birleşmiş halde bulunur. Her çeşit doğal çevrede ve canlı organizmalarda iz halinde kurşuna rastlanır. Canlı organizmada bulunan kurşun varlığı fizyolojik yaşam için gerekli olduğu için değil doğal çevrede, yiyecek ve içeceklerde bulunan kurşunun kaçınılmaz bir yansımasıdır (Leita, 1991).

Doğal ve kirlenmiş sulardaki kurşun kayaçlardan, topraktan ve esas olarak insan aktivitelerinden kaynaklanır. Kurşunlu yakıtların kullanımı, kurşun cevherinin işlenmesi sırasında atmosfere ve sulara bir miktar kurşun yayılır. Bunun yanı sıra metalik kurşun ve bileşikleri akümülatör, boru, metal yağları, boya, fotoğraf malzemesi, patlayıcı üretiminde ve matbaacılıkta kullanılmaktadır (Mc Neely ve ark., 1979). Asidik özellikteki veya tampon özelliği düşük olan sular su dağıtım şebekelerindeki kurşun borulardan önemli miktarda kurşun çözebilmektedirler (Hem, 1985).

İnsanlar ve hayvanlar tarafından özellikle et ve sebze formunda fazla düzeyde kurşun alınması, karaciğer, böbrek ve kemiklerde biriktirmeyi takriben toksik etki

oluşturabilmektedir. EPA standartlarına göre içme sularında kurşun derişiminin sınır değeri 0,015 mg/l olarak belirtilmiştir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te içme ve kullanma suları için kurşun derişimi limit değeri 31 Aralık 2012 tarihine kadar 25 µg/l, bu tarihten itibaren ise 10 µg/l olarak belirlenmiştir (Duran, 2012).

Kurşunun vücutta toplandığı yer kemik dokusu olmakla beraber, karaciğer, böbrek ve dalakta da toplandığı bilinmektedir. Kurşunun ve kalsiyumun kemiklerde birikme mekanizması benzerdir. Ancak kurşun yıllarca mobilize olmadan metabolik dağılımı tespit edilemez. Vücutta toplam kurşun birikiminin yaklaşık % 2'si kanda bulunur ve kan kurşunun % 90'ı eritrositlerde toplanmıştır (Pirinçci, 2004). Cooper, böbreklerde ur ve kansorejen etkisinin daha çok kurşun kullanmasından kaynaklandığını ve akümülatör fabrikalarında çalışan işçilerde bu hastalıklara daha sık rastlandığını belirtmiştir. Ayrıca inorganik kurşun bileşikleri yaşlı ve yeni doğan farelerde böbrek kanserine sebep olmakta ve hayvan embriyo hücrelerinde normalden daha az değişiklik yapmaktadır. Buda hücrelerde çoğalmayı yavaşlatmaktadır (Pirinçci, 2004). Vücuda çeşitli yollarla alınan ve kana karışan kurşun, buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır. Kemiklerde biriken kurşun zamana bağlı olarak (yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl) çözünerek böbreklerde tahribata neden olur. Kurşun bir tür nörotoksindir ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olmaktadır. Kurşun nörotoksik özelliğinden dolayı sinir sisteminde iletimin azalmasına da yol açmaktadır. Çoğu kemiklerde depolanmakla birlikte kurşun beyne, anne karnındaki cenine ve anne sütüne de geçebilmektedir. Bebekler ve çocuklarda düşük olan kurşun oranı, ilerleyen yaşla beraber, kurşundan etkilenmeye başlamasıyla artış göstermektedir. Ayrıca hormonal bozukluklara, sperm anomalilerine, hipertansiyon ve kalp kası hasarları görülür (Siegel, 2002). Çok yönlü etkileri olan kurşun canlıda özellikle sinir, kan, kas, kapillar damar ve metabolizma zehiri olarak etkir. Bu sistemlerle ilgili pek çok enzim veya biyokimyasal tepkimeyi etkiler ve bunları engeller (Kaya ve Akar, 1998). Beyin ve böbrekte kurşunu bağlayan bir proteinin bulunması kurşunun bu organlardaki toksik etkisini arttırır (Aksoy, 2000).

Kurşun önemli bir enzim inhibitörüdür. Kurşun iyonlarının enzimin katalitik bölgesine bağlanarak aktiviteyi düşürdüğüne dair çalışmalar bulunmaktadır (Rajanna ve ark., 1990).Pb^{+2} iyonunun tiol ve fosfat içeren ligantlara karşı afinitesinin yüksek olması hemin biyosentezini inhibe ederek beyin hücreleri, karaciğer ve böbrek zarlarının geçirgenliğini etkiler. Bu durum, bu organlarının fonksiyonlarının azalmasına veya tamamen ortadan kalkmasına neden olmaktadır (Pirinçci, 2004). Yakın zamanlara kadar zararsız olduğu düşünülen düşük doz kronik kurşun maruziyeti, artık büyüme ve sinirsel gelişimi baskılayıcı ve dejenere edici olarak kabul edilmektedir. Annenin aldığı kurşun, bebekte sinir sistemi bozuklukları ve gelişme geriliklerine yol açmaktadır. Kurşun zehirlenmesinin belirtileri erişkinlerde birkaç hafta, çocuklarda ise, birkaç gün içinde ortaya çıkar. Belirtiler çocuklarda daha şiddetli olarak görülür. Önlem alınmayan kurşun zehirlenmelerinde felçler, körlük, hafıza kaybı, mental gecikme, kısırlık ve karaciğer yetmezlikleri hatta koma ve ölüm gelişebilmektedir (Dündar ve Aslan, 2005).

Kurşunun organik ve inorganik sedimanların yüzeyine adsorblanması ve mangan oksitlerle birlikte çökmesi yüzey ve yeraltı sularında düşük derişimlerde bulunmasına yol açar (Hem, 1985). Sularda çözünmüş ve süspanse halde bulunur. Derişimi ve göreli zehirliliği suyun; sertlik, pH, alkalinite ve çözünmüş oksijen miktarına bağlıdır (Mc Neely ve ark., 1979).

Kurşunun balıklar üzerindeki zehirli etkisi sertlik ve çözünmüş oksijen miktarının artışı ile azalır. Sucul hayatı koruma için konulan kurşun derişimi sınırı içme sularınınkinden daha sıkıdır. Tatlısulardaki sucul hayatın korunması için sınır olarak 0,03 mg/l kabul edilmiştir (Mc Neely ve ark., 1979).

Sucul ortamlarda kurşun alımı, sertlik, pH, tuzluluk, sıcaklık ve organik madde gibi çevresel faktörler tarafından son derece etkilenmektedir (Kesler,1994). Balık ve kabuklularda öncelikle solungaç, karaciğer, böbrek ve kemikte biriken kurşun, organizmalarda son derece uzun bir yarılama ömrüne sahiptir. Bu canlıların larvalarını öldürmese de önemli zararlar verebilir. Önce iskelet sistemine giren kurşun vücudu 20 yılda terkeder. Yumurta ve embriyolarda birikebilir. Yüksek düzeyde kurşun zehirlemesinden, gastrointestinal sistem ve sinirlerde hasarlar bildirilmiştir. Düşük düzeylerde bile beynin büyüme ve gelişimini engellemektedir.

Ayrıca plasentayı geçip, cenini etkileyebilir. Bundan başka, kırmızı kan hücrelerinin sağlığını olumsuz etkileyerek anemiye sebep olabilir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından kanserojen olabileceği bildirilmektedir (Atsdr, 2003).

Su canlılarının yaşadığı ortamda bulunan kurşun canlının vücuduna geçerek şu olumsuz etkileri meydana getirir(Kruger, 2002).

a. Düşük konsantrayonlarda bile yumurtayı etkileyerek yumurtadan yavru çıkış oranını azaltır.
b. Baş kısmında şekil bozukluklarımeydana getirir.
c. Özellikle prelarva ve larva dönemlerinde yumurta sarısının emilmesine sebep olur. Gonad fonksiyonlarını etkiler ve üreme potansiyelini değiştirir. Kortikosteroid seviyesini yükselterek yumurtlama zamanınıkısaltır. Bunun sonucunda da bazı gelişim bozuklukları görülür.
d. Kalp çalışsa bile kan sirkülasyonu engellenir.
e. Ovaryumlarda gerileme ve küçülme sonucu yumurta sayısında azalma meydana gelir.

2.5. Araştırmada Kullanılan Balık Türleri Hakkında Genel Bilgiler

2.5.1. Tatlısu Kefali (*Leuciscus cephalus*, L., 1758)

Omnivor karekterli olan bu balıklar her çeşit sucul böcekleri, kurtları, mollusları, balık yumurtalarını, çeşitli su bitkilerini ve tohumlarını yiyerek yaşarlar. Çok yaşlı bireyler ise, tamamen predatör özellik kazanır ve bilhassa çeşitli balıkların genç yavrularıyla beslenirler. Boyları en fazla 80 cm. ağırlığı ise 4 kg. kadar olabilir. Yumurtlama mevsimi Nisan-Haziran ayları arasına rastlar (Geliday ve Balık, 1988).

2.5.2. Aynalı Sazan ve Pullu Sazan (*Cyprinus carpio*, L., 1758)

Balık familyaları içinde en fazla türe sahip olan familya sazangiller (*Cyprinidae*) familyasıdır. Bu familyanında en karakteristik türü sazan *(Cyprinus carpio)* balığıdır. Sazan, dünyada yaygın yetiştiriciliği ve avcılığı yapılan bir türdür.Besin olarak tüketilen balıklar içerisindeönemli bir yeri vardır. İç sularda hem üretilen hem de avcılığı yapılan *Cyprinus carpio*, dünya iç su balık üretiminin yaklaşık % 4-5'ini

oluştururken, ülkemizde toplam iç su balıkları üretimi içerisindeki payı yıllara göre değişmekle beraber, yaklaşık % 30-40 civarındadır. Ülkemizdeki üretimin büyük çoğunluğu İç Anadolu, Ege ve Göller Bölgesi ile Güney Anadolu bölgesinden sağlanır (Çelikkale ve ark., 1999; Karakaş ve Türkoğlu, 2005).

Omnivor zemin balıklarıdır. Başlıca besinleri supireleri, Chironomidler, kurtlar ve çeşitli küçük mollusklar, bitkisel daneler ve alglerdir. Boyları 1m., ağırlıkları 30 kg. kadar olabilmektedir. 3.ve 4. yaşlarında eşeysel olgunluğa erişirler. Yumurta bırakma zamanları Nisan- Haziran ayları arasıdır. Yumurtalarını zemini çayırla kaplı, sakin ve sığ alanlara bırakırlar. Balığın yaş ve büyüklüğüne göre yumurta sayısı 1 000 000 – 1 600 000 arasında değişir. Etleri lezzetlidir (Geldiay ve Balık, 1996). Bu tür, özellikle pul örtüsü yönünden birçok varyeteye ayrılmıştır. Örneğin; Pullu sazan, Aynalı sazan, Deri sazanı gibi. Pullu sazan genellikle ülkemiz sularında doğal olarak bulunur ve geniş bir dağılım gösterir. Vücudu tamamen pullarla örtülüdür, başı büyük, vücudu fazla yüksek değildir. Aynalı sazanda ise pul sayısı az olup, pullar sadece yan taraflarında, line lateral boyunca veya sırt çizgisi boyunca bir sıra halinde oldukça iri ve parlaktır. Deri sazanı ise, pullardan tamamen yoksundur. Vücudun üzeri kalın bir deri ile örtülüdür. Gerek Aynalı sazan gerekse Deri sazanı etinin lezzetli olması, az kılçıklı olması ve büyümesinin hızlı olması nedeniyle balık üretimi yapan balık çiftliklerinde kültür sazanı olarak yetiştirilmektedir (Geldiay ve Balık, 1996).

2.5.3. Mercan (*Pagellus erythrinus* L., 1758)

Pagellus erythrinus demersal bir tür olup geniş yayılım gösterir. Genellikle dibi çamurlu-kumlu taşlı bölgelerde ve sığ sularda yaşarlar. Akdeniz'de 200 m, Atlantik'te 300 m'ye kadar, genelde 15–120 m arasındaki derinliklerde yayılım gösterir (Manooch and Hassler, 1978; Hood, 2000). Total boyları 50 cm'ye ulaşır. Üremeleri Mayıs-Temmuz ayları arasında gerçekleşir. Mercan, diğer Sparidae üyeleri gibi hermafrodit özellik göstermektedir ve çoğunda *(Pagrus pagrus, Pagellus erythrinus, Pagrus ehrenbergi, Pagellus acarne)* protogynous hermafroditlik görülmektedir (Alekseev, 1982; Devlin ve Nagahama, 2002).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Materyalin Araziden Toplanması ve Analize Hazırlanması

Bu çalışmada *Cyprinus carpio* (Aynalı Sazan-Kültür ırkı), *Cyprinus carpio* (Pullu Sazan-Yerli ırk), *Leuciscus cephalus* (Tatlısu Kefali) ve *Pagellus erythrinus* (Mercan) türlerindeki ağır metal birikiminin saptanması için Ocak 2013-Aralık 2013 tarihleri arasında her ay Yozgat il sınırları içerisinde bulunan Gelingüllü Baraj'ından balık örnekleri yakalanmıştır. Sediment örneği kıyıdan yaklaşık 0-5 m uzaktan alındıktan sonra polietilen kap içerisinde, balık örnekleri ise buz bulunan bir termos içinde laboratuvara getirilmiştir. Balık örneklerinin önce boy ve ağırlıkları alınmıştır. Dissekte edilen her balığın yaklaşık 4-5 gr kas ile birlikte solungaç ve visseral organlarının tümü alınarak tartılmıştır. Numuneler analiz yapılıncaya kadar -30ºC'de dondurucuda bekletilmişlerdir.

Balık numunelerinin teşhisleri (adlandırmaları) yapılıp gerekli dokuların yaş ağırlıkları hassas terazide tartılıp polietilen kaplar içerisinde etüvde yaklaşık 105ºC' de 48 saat bekletilerek kurutuldu. Sabit tartıma kadar kuruyan balık numuneleri porselen havanda dövülüp homojen hale getirildi. Toz haline getirilen numuneler polietilen kaplara konuldu. Toz haline getirilen balık numuneleri yaş yakma çözme tekniğiyle çözüldü.

3.2. Materyallerin Çözünürleştirmesi

3.2.1. Deneyde Kullanılan Asitler

Nitrik asit (HNO_3)

Nitrik asit 2 M derişimin üstünde birçok metali yükseltgeyebilen bir asittir. 2 M derişimin altında ise yükseltgeme gücü düşüktür.Yükseltgeme gücü klorat, permanganat, hidrojen peroksit ve brom katılmasıyla veya basınç ve sıcaklık yükseltilerek arttırılabilir. Nitrik asit altın ve platini yükseltgeyemezken, bazı metallerde pasifleşirler. Bu metaller asit karışımları ile yükseltgenebilir (Toscalı ve Eren, 2004). HNO_3 ile yapılan çözünürleştirme aşamasında organik maddelerde CO_2, NO, NO_2 ve H_2O gibi gazlar meydana gelir.

Hidrojen peroksit (H_2O_2)

Genelde % 30'luk hidrojen peroksit çözünürleştirme için yeterlidir. Hidrojen peroksit yüksek derişimde tek başına birçok organik bileşikle patlayıcı reaksiyon verir. Hidrojen peroksit, oksitleme gücünü arttırmak için genelde başka asitlerle karıştırılarak kullanılır. Sülfürik asitle kombinasyonu olan monoperoksosülfürik asit çok güçlü bir yükseltgeyicidir. Bu nedenlerle hidrojen peroksit çözünürleştirme işlemlerinde en çok tercih edilen asittir. Perklorik asit kullanımındaki gibi mikrodalga kapalı çözünürleştirme işlemlerinde patlama riski vardır (Toscalı ve Eren, 2004).

Hidroklorik asit (HCl)

Yükseltgeyici değildir. Metal karbonatlar, peroksitler ve alkali hidroksitler hidroklorik asitle çözülebilir. Altın, kadmiyum, demir ve kalay gibi bazı metaller hidroklorik asitle çözülebilir (Toscalı ve Eren, 2004).

3.2.2. Balık Örneklerinin Çözünürleştirme Metodu

Alınan balık numuneleri etüvde 105^{o}C 'de 48 saat bekletilerek kurutuldu. Kuruyan balıklar toz haline getirildi ve polietilen kaplara konularak analize kadar vakumlu desikatörde bekletildi.

Toz haline getirilen balık numunelerini çözmeden önce standart referans madde (NRCC-DORM-2 Dogfish Muscle) kullanılıp çeşitli çözme teknikleri (yaş yakma, kuru yakma, mikrodalga) ve çözücü karışımları uygulanarak, en iyi çözme yöntemi (mikrodalga) ve çözücü karışımı (HNO_3 : H_2O_2 / 6:2) bulundu.

1 gram balık numunesi alınıp üzerine %65'lik HNO_3'den 6 mL ve %35'lik H_2O_2'den 2mL ilave edilerek mikrodalgada (2 dak, 250W; 2 dak, 0W; 6 dak, 250W; 5 dak, 400W; 8 dak, 550W, bekleme: 8 dak) çözüldü. Çözülen balık örneklerinin çözeltisi mavi banttan süzülüp deiyonize saf su ile hacim 10 mL'ye tamamlandı (Demirci,2010).

3.3. Yöntem

Örneklerin alındıktan sonra analize hazır hale getirilmesine örnek hazırlama denir. Atomik absorpsiyon spektrometrisinde en fazla sulu örnekler kullanıldığından örneklerin ölçüme başlamadan önce çözünürleştirilmesi gerekir. Bunun için de yaş yakma, kuru yakma ve mikrodalga çözme teknikleri kullanılmaktadır.

3.3.1. Yaş Yakma Yöntemi

Bu yöntemde homojenize edilen örnekler, sabit tartıma gelinceye kadar kurutulur. Bir beher içerisinde kurutulupbelli bir miktarda tartılarak üzerine çözünürleştirmede kullanılacak olan reaktif ilave edilir. Kullanılacak reaktifler genellikle inorganik asit veya karışımlarıdır. Reaktif ilavesinden sonra örneğin bulunduğu beher üzerine saat camı kapatılarak ısıtıcı üzerinde örnek çözülür. Çözünme zamanı kullanılan reaktiflere göre değişir. Çeker ocakta çözelti berraklaşıncaya kadar çözünürleştirme işlemine devam edilir. Oda sıcaklığına kadar soğutulan çözelti deiyonize su ile seyreltildikten sonra süzülür ve AAS ile analiz edilir (Tokman, 2007).

3.3.2. Kuru Yakma Yöntemi

Bu teknikle örnekteki organik kısım havada kömürleştirildikten sonra uygun bir kaba (kroze gibi) alınarak alevde veya kül fırınında yakılır. Önce genellikle organik matriks kömürleşir, yanar ve kül şeklinde kalır.

Kalan bu kısım inorganik maddeleri içermektedir. Bazı örneklerde ise oluşan CO_2 gazı karbonat şeklinde kül içinde kalabilir. Bunu önlemek için örnek, oksijen yönünden zengin alevde veya saf oksijenle yakılır. Yakma işlemi sırasında gerek hızı artırmak gerekse tam oksidasyon sağlamak için ortama bazı reaktifler eklenebilmektedir. Elementel analizlerde gayet iyi bilinmelidir ki termal olarak kararlı karbon, silisyum ve bor bileşikleri matriks elementlerine dönüşebilmektedirler. Yanma sırasındaki bu tür sorunları gidermek için yanmadan hemen önce veya yanma sırasında ortama HNO_3, H_2SO_4, NH_4NO_3, $Mg(NO_3)_2$ gibi yükseltgeyici reaktifler katılır. Eğer belirli bileşenlerin kaybının engellenmesi isteniyorsa kül etme esnasında ortama bazı spesifik reaktifler de eklenebilir (Başgel, 2005).

Bu yöntem genellikle pek tavsiye edilmemektedir. Sebebi selenyum ve cıva gibi uçuculuğu yüksek elementlerin kayba uğramasıdır. Tam kuru yakmasıcaklık değerlerine ulaşıldığında sodyum ve potasyumda da kayıplar meydana gelebilmektedir.

3.3.3. Mikrodalga Yöntemi

Hem inorganik hem de organik numunelerin parçalanması için mikrodalga fırınların kullanılması ilk önce 1970'lerin ortalarında önerilmiş ve günümüzde de numune hazırlamada önemli bir metot haline gelmiştir. Mikrodalga parçalaması hem kapalı hem de açık kapta yürütülebilir; fakat kapalı kap, daha yüksek basınçlar ve sıcaklıklar elde edilebildiği için daha çok tercih edilir (Demirel, 2005).

Bir alev veya ısıtıcı tabla kullanılarak yapılan parçalama işlemlerine göre mikrodalga parçalamasının başlıca üstünlüğü hızlı olmasıdır. Tipik olarak zor numunelerin mikrodalga parçalanması bile beş ile on dakikada tamamlanabilir. Buna karşılık, parçalanma bir alev veya ısıtıcı tabla ile ısıtılarak yapıldığında aynı sonuçlar için birkaç saat gereklidir. Mikrodalga parçalama işlemi sırasında uygulanan güç, parçalama sıcaklığı, ortamda parçalamayla oluşan basınç, zaman ve parçalama reaktifinin kimyasal gücü mutlaka kontrol edilmesi gereken kritik parametrelerdir. Mikrodalga parçalama işlemi açık ve kapalı kaplarda olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilmektedir. Açık sistemlerde asit/asit karışımı ile örnek birlikte bir tüp içine alınır ve mikrodalga enerjisi gönderilerek ısıtma yapmak suretiyle çözünürleştirme yapılır. Kapalı sistemde ise asit/asit karışımı ile örnek yüksek basınç altında teflon tüp içerisinde etkileştirilir ve mikrodalga enerjisi gönderilerek ısıtma yapmak suretiyle çözünürleştirme gerçekleştirilir (Başgel, 2005; Demirel, 2005).

3.3.4.Numunelerin Analizleri

Yaş yakmada çözülen balık numunelerindeki eser elementlerin analizleri, A Perkin Elmer AAnalyst 700 atomik absorpsiyon spektrofotometresinde yapıldı.

3.3.5. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS)

Ağır metal analizinde en çok kullanılan tekniktir. Kolay kullanımı, güvenirliği ve maliyeti nedeniyle tercih edilir. AAS ölçümü örneğin içeriğine ve iyonlaşmasına göre değişir. Alev atomik spektroskopisi (FAAS), elektrotermal atomik spektroskopisi (ETAAS), hidrid generasyonu atomik spektroskopisi (HGAAS) ve soğuk buhar atomik spektroskopisi (CVAAS) gibi değişik ölçüm metodları vardır.

Atomik absorpsiyon spektroskopisi uygun ışık kaynağı ile pek çok elementi saptayabilir. FAAS çok tercih edilmesine karşın Li, Na, Mg, Al, K, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Ba ve Pb gibi kimi metaller için ICP-AES tekniği tercih edilir. FAAS, sınır aralığı 0.1 μg/l olan Cd ve 1 μ/l olan Pb gibi toksik metallerin ölçülmesinde çok geniş kullanıma sahiptir. Fakat daha hassas ölçülmesi gereken metaller için, örneğin Be, Si, Cr, Co, Mo, Ag vb. ETAAS tekniği tercih edilir.

3.4. Ağır Metal Analizleri

Örneklerin ağır metal analizleri Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesinde atomik absorpsiyon spektroskopisi ile yapılmıştır. Numunelerden hazırlanmış olan çözeltiler çeşitli dalga boylarında okutulmuş, ağır metal seviyeleri sediment ve balık örneklerinde mg/kg (ppm) kuru ağırlık olarak belirlenmiştir.

3.5. İstatistiksel Analiz

Çalışmada "SPSS (Statistical Program for Social Sciences) sürüm 15.0 for Windows" paket programı kullanılarak yapıldı. Verilerin normal dağılımı Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Sayısal değişkenler ortalama±standart sapma olarak gösterildi. Sayısal değişkenlerin iki grup karşılaştırmalarında student T testi, üç ve daha fazla grup karşılaştırılmalarında ANOVA testi kullanıldı, ANOVA testinin iki kıyaslamalarında Benferroni Düzeltmeli T Testi kullanıldı.Vücut ağırlıkları ile ağır metal düzeyleri arasındaki ilişki pearson ve spearman korelasyon analizi ile incelendi. Korelasyon katsayısın (r) gücü 0,10-0,29 arası düşük, 0,30-0,49 arası orta derece ve 0,50-1 arası yüksek korelasyon olarak değerlendirildi (Cohen, 1988).

Pearson korelasyon şu formül ile hesaplanır.

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s_x s_y}$$

Burada $\bar{x}$ ve $\bar{y}$ x_i ve $y_i$için örneklem aritmetik ortalamaları; s_x and s_y x_i ve y_i için örneklem standart sapmaları ve toplam Σ i=1 ile *n* arasındadır.

p<0,05 değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Sonuçları

Araştırma için her ay Gelingüllü Baraj Gölü'nden toplanan örneklerin boyları ve ağırlıkları;tatlısu kefali örneklerinde 14,5-27 cm ve 48-195 gr, aynalı sazan örneklerinde 23-38 cm ve 140-779 gr, pullu sazan örneklerinde19,5-33 cm ve 168-534 gr, mercan örneklerinde11,5-25 cm ve 90-240 gr aralığında ölçülmüştür (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. Tatlısu kefali, Aynalı Sazan, Pullu Sazanve Mercan numuneleri boy ve ağırlık ölçüm değerleri

Örnekler / Aylar	**Tatlısu Kefali**		**Aynalı Sazan**		**Pullu Sazan**		**Mercan**	
Aylar (2013)	**Boy (cm)**	**Ağırlık (gr)**	**Boy (cm)**	**Ağırlık (gr)**	**Boy (cm)**	**Ağırlık (gr)**	**Boy (cm)**	**Ağırlık (gr)**
Ocak	14,5	53	26,5	240	24	215	17	119
Şubat	16,5	48	25	205	26,5	289	19	138
Mart	-	-	25,5	229	19,5	167	-	-
Nisan	27	170	29	280	27	235	19	90
Mayıs	19	104	26	274	28	336	19	102
Haziran	23,0	160	23	140	24	230	25	142
Temmuz	23,5	172	34	606	33	534	11.5	110
Ağustos	26	176	31	390	32	443	19	108
Eylül	24	192	38	779	23	168	23	139
Ekim	24	195	32	480	31	395	22	120
Kasım	23	174	26,5	310	31,5	424	24,5	184
Aralık	27	169	28	356	30	404	21	240
p value	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p<0,05 istatistiksel anlamlılık göstermektedir.								

Tatlısu Kefalinde; Ocak-Şubat-Mayıs aylarındaki boy uzunlukları benzerlik göstermişolduğudiğer aylarda daha yüksek boylara sahip oldukları, en yüksek boy uzunluğununise aralık ayında olduğu saptandı. Bununla birlikte Ocak-Şubat aylarındaki ağırlıkları benzerdi ve diğer aylardan daha düşüktü, yıl içerisinde en yüksek ağırlık ise ekim ayında saptandı.

Aynalı Sazan; Ocak-Mayıs ayları arasındaki boy uzunlukları birbirlerine yakınlık gösterirken, diğer aylarda daha yüksek boylara sahip oldukları ve en yüksek boy uzunluğunun eylül ayında olduğu saptandı. Kasım-Aralık ayında boy uzunluklarının Ocak-Mayıs ayındaki düzeylere tekrar düştüğü gözlemlendi. Bununla birlikte Ocak-Mayıs aylarındaki ağırlıklar diğer aylara göre farklılık gösterdi. Yıl içerisinde en yüksek ağırlık eylül ayında, en düşük aralık ise haziran ayında saptandı.

Pullu Sazan; Ocak-Haziran ayları arasında 19,5-28 cm boy uzunluklarına sahip oldukları gözlemlenen numunelerin, diğer aylarda 30 cm'in üzerinde olduğu saptandı. mart ve eylül aylarında en düşük ağırlığa sahip olan pullu sazanların en yüksek ağırlığa temmuz ayında geldiği gözlemlendi.

Mercan; Ocak-Mayıs ayları arasında 20 cm'in altında boy uzunluklarına sahip oldukları gözlemlenen numunelerin, haziran ayında en yüksek uzunluğa ulaştıkları saptandı, takibindenki 2 ayda boy ortalamaları açısından düşüş saptanırken eylül itibariyle tekrar yükseliş gösterdiği gözlemlendi.

Analiz için toplanan örneklerin solungaç, iç organlar ve kas dokularında belirlenen Zn, Cd, Pb ve Cu miktarları sırasıyla Çizelge 4.4., Çizelge 4.5. ve Çizelge 4.6. de verilmiş ve Çizelge 4.2.'deki kabul edilebilir değerlere göre değerlendirme yapılmıştır.

Pullu sazanda ocak ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,09±0,01; 0,16±0,02; 0,03±0,003; $p<0,001$), (0,08±0,01; 0,34±0,03; 0,08±0,01; $p<0,001$), (0,03±0,003; 0,04±0,004; 0,24±0,02; $p<0,001$), (7,26±0,62; 4,26±0,41; 28,14±2,54; $p<0,001$) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Cu ve Pb düzeylerinin en yüksek solungaçlarda olduğu belirlenirken, Cd ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı.

Aynalı sazanda ocak ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,10±0,01; 0,15±0,01; 0,58±0,05; $p<0,001$), (0,11±0,01; 0,23±0,02; 0,13±0,01; $p<0,001$), (0,04±0,004; 0,04±0,004; 0,17±0,01; $p<0,001$), (6,03±0,58; 54,79±4,54; 75,33±7,12; $p<0,001$) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Pb düzeylerinin en yüksek solungaçlarda olduğu belirlenirken, Cu, Cd ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı.

Mercanda ocak ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,13±0,01; 0,41±0,04; 0,55±0,05; p<0,001), (0,15±0,01; 0,41±0,04; 0,20±0,02; p<0,001), (0,02±0,002; 0,02±0,002; 0,04±0,004; p<0,001), (9,67±0,94; 7,61±0,76; 14,59±1,34; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Pb düzeylerinin en yüksek solungaçlarda olduğu belirlenirken, Cu, Cd ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı.

Tatlısu kefalinde ocak ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,19±0,02; 0,36±0,04; 0,55±0,05; p<0,001), (0,13±0,01; 0,06±0,005; 0,22±0,02; p<0,001), (0,03±0,003; 0,04±0,004; 0,08±0,01; p<0,001), (18,92±1,78; 15,91±1,45; 17,96±1,34; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Pb düzeylerinin en yüksek solungaçlarda olduğu belirlenirken, Cu, Cd ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı.

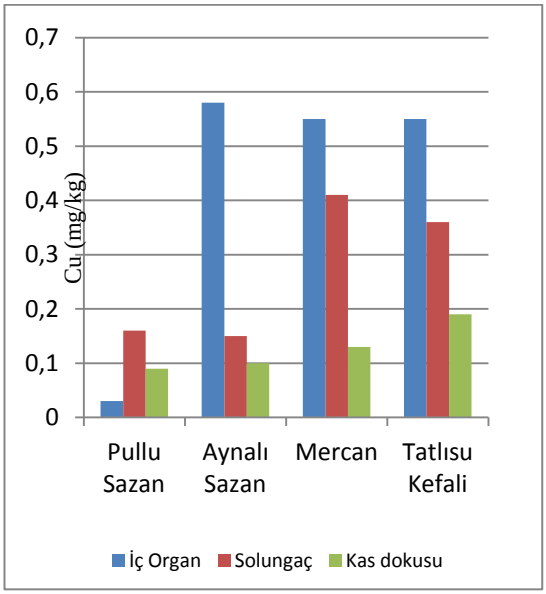
Ocak ayında Cu aynalı sazan iç organlarında diğer balıklara göre yüksek, solungaçlarda ise düşük oranda bulunmasına rağmen, solungaçlarda mercan, kas dokusunda tatlısu kefali değerleri yüksek bulunmuştur (p<0,001)(Şekil 4.1.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir (p<0,001).

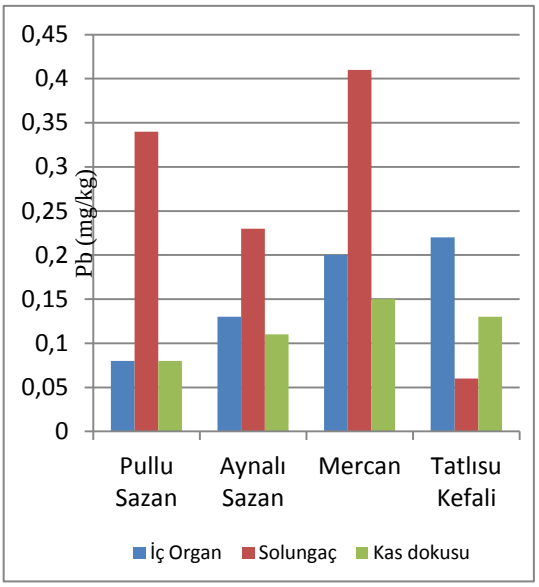
Pb tatlısu kefalinin iç organlarında diğer balıklara göre yüksek, solungaçlarda düşük, mercan solungaçlarında ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek oranda tespit edilmiştir (p<0,001)(Şekil 4.2.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir (p<0,001).

Cd pullu sazan iç organlarında diğer balıklara göre yüksek bulunmuş, solungaçlarda ise pullu sazan, aynalı sazan, tatlısu kefali solungaçlarında mercana göre yüksek, kas dokusunda ise aynalı sazan diğer dokulardan yüksek bulunmuştur(p<0,001) (Şekil 4.3.). Pullu sazan ve aynalı sazan iç organlarında kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir (p<0,001).

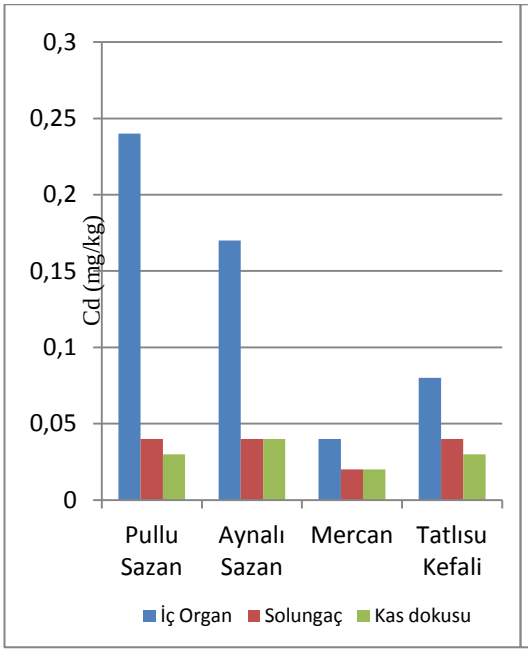
Zn aynalı sazan solungaç ve iç organlarında diğer balıklara göre yüksek, kas dokusunda diğer balıklara göre düşük bulunmuştur(p<0,001)(Şekil 4.4.). Aynalı sazan solungaç ve iç organlarında Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir (p<0,001).

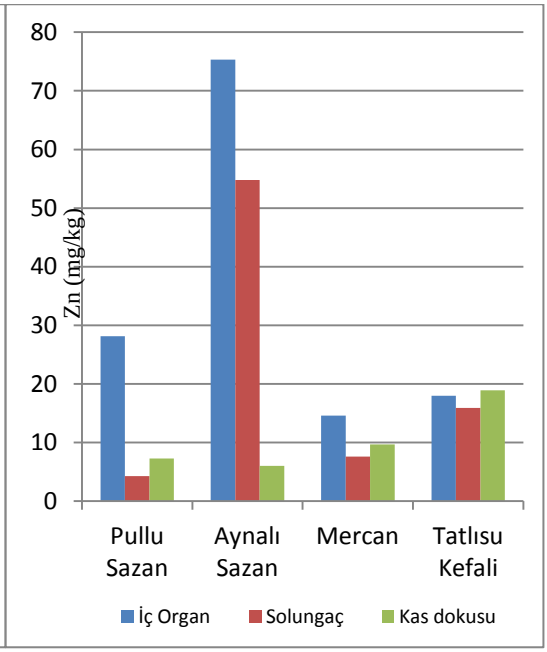
Aynalı sazanda Cu, Pb ve Zn düzeyleri vücut ağırlığı ile pozitif korelasyon gösterdi ve saptanan korelasyon katsayısı (r) diğer balıklarda saptanan korelasyon katsayısından güçlüydü (Cu için; Aynalı sazan; r=0,404; p=0,001; Pullu sazan; r=0,328; p=0,008; Mercan; r=0,274; p=0,017; Tatlısu kefali; r=0,247; p=0,020; Pb için; Aynalı sazan; r=0,395; p=0,001; Pullu sazan; r=0,324; p=0,005; Mercan; r=0,245; p=0,012; Tatlısu kefali; r=0,241; p=0,011).





Şekil 4.1. Ocak ayı Cu ölçüm değerleri **Şekil 4.2.** Ocak ayı Pb ölçüm değerleri





Şekil 4.3. Ocak ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.4.** Ocak ayı Zn ölçüm değerleri

Pullu sazanda şubat ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,08±0,01; 0,11±0,01; 0,56±0,06; p<0,001), (0,10±0,01; 0,13±0,01; 0,60±0,04; p<0,001), (0,05±0,005; 0,06±0,01; 0,37±0,03; p<0,001), (7,32±0,69; 2,79±0,26; 83,06±7,94; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Pullu sazanlarda şubat ayında Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı.

Aynalı sazanda şubat ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,09±0,01; 0,12±0,01; 0,58±0,05; p<0,001). (0,10±0,01; 0,08±0,01; 0,12±0,01; p<0,001), (0,03±0,003; 0,02±0,002; 0,13±0,01; p<0,001), (5,64±0,51; 69,63±6,56; 72,1±6,98; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Aynalı sazanlarda şubat ayında Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı.

Mercanda şubat ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,24±0,02; 0,16±0,02; 0,56±0,05; p<0,001), (0,17±0,02; 0,16±0,02; 0,10±0,01; p<0,001), (0,05±0,005; 0,01±0,001; 0,02±0,002; p<0,001), (4,09±0,38; 3,28±0,31; 10,61±1,00; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Mercanlarda şubat ayında Cu ve Zn düzeyi en yüksek iç organlarda, Pb düzeyi en yüksek solungaçlarda ve Cd düzeyi en yüksek kas dokusunda olduğu saptandı.

Tatlısu kefalinde şubat ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,13±0,01; 0,43±0,04; 0,53±0,05; p<0,001), (0,08±0,01; 0,03±0,003; 0,21±0,02; p<0,001), (0,02±0,002; 0,05±0,005; 0,05±0,01; p<0,001), (8,42±0,82; 15,92±1,51; 23,75±2,12; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Tatlısu kefalinde Cu, Pb ve Zn en yüksek iç organlarda olduğu belirlenirken, Cd düzeylerinin en yüksek iç organlarda ve solungaçlarda olduğu saptandı.

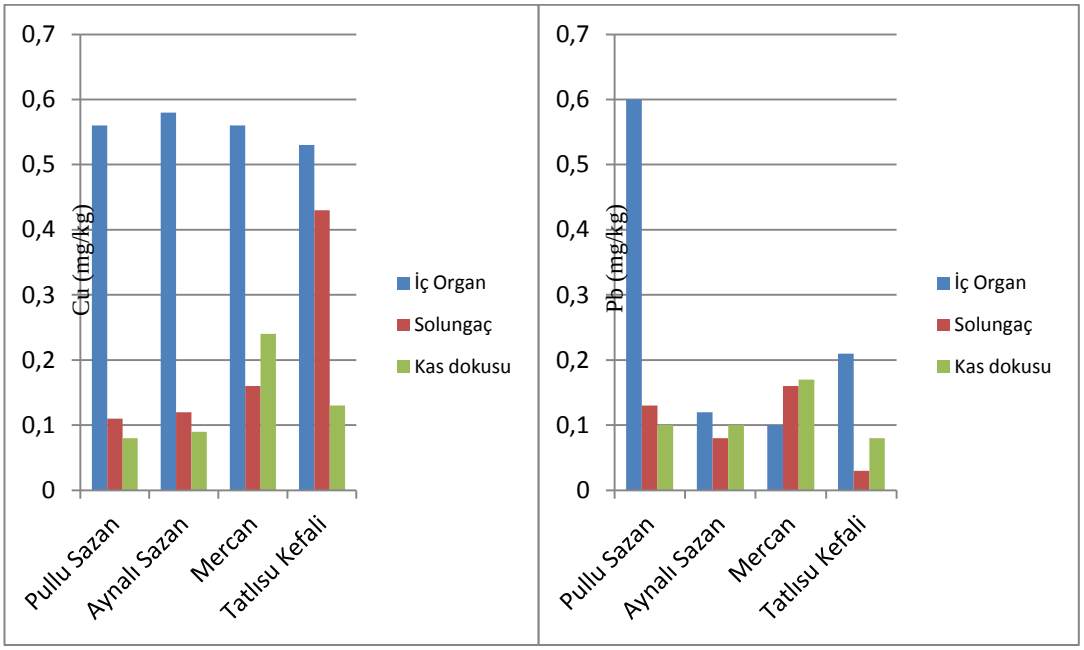
Şubat ayında Cu değerleri aynalı sazan iç organlarında,tatlısu kefali solungaçlarında, mercan kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek, pullu sazan kas dokusunda düşük bulunmuştur(p<0,001) (Şekil 4.5.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir (p<0,001).

Pb pullu sazan iç organlarında, mercan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek, tatlısu kefali solungaç ve kas dokusunda düşük oranda tespit edilmiştir($p<0,001$) (Şekil 4.6.). Tespit edilen değerlerden pullu sazan iç organlarında Pb kabul edilebilir değerin üzerinde bulunmuştur ($p=0,011$).

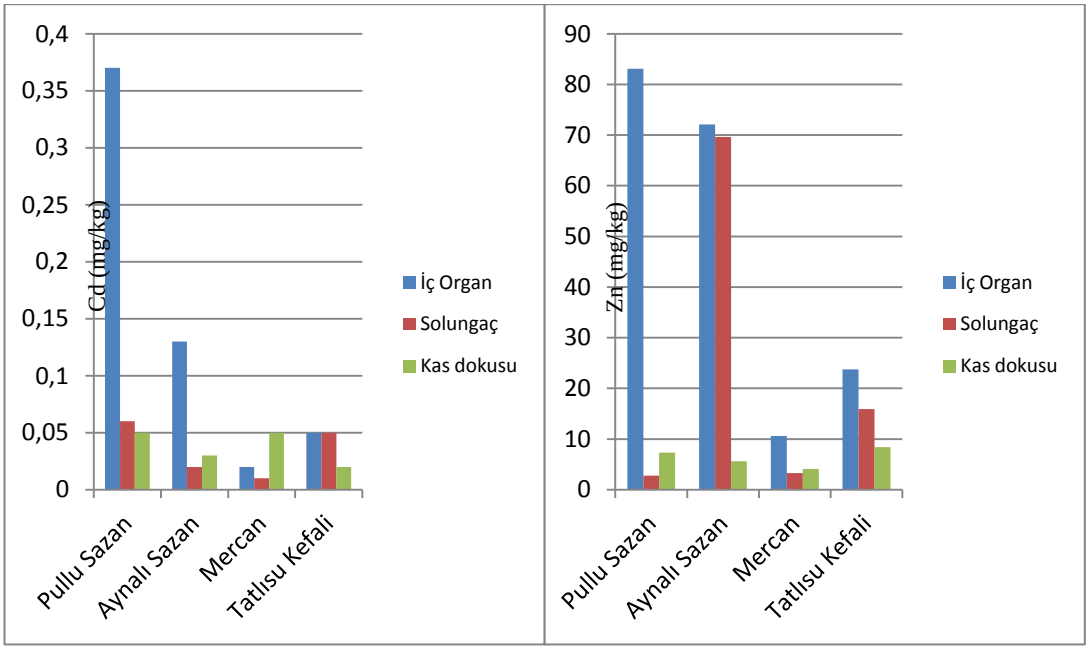
Cd pullu sazan iç organları, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek bulunmuş, mercan iç organ ve solungaç dokusu ile tatlısu kefali kas dokusunda diğer balıklara göre düşük bulunmuştur ($p=0,007$)(Şekil 4.7.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Zn pullu sazan iç organlarında, aynalı sazan solungaç dokusunda ve tatlısu kefali kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek, mercan iç organ ve kas dokusunda, pullu sazan solungaçlarında diğer balıklara göre düşük bulunmuştur ($p=0,001$) (Şekil 4.8.). Aynalı sazan ve pullu sazan iç organlarında, aynalı sazan solungaç dokusunda Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p=0,003$).

İç organlarındaki Cu düzeyi aynalı sazanda vücut ağırlığı ile gösterdiği korelasyon gücü, diğer balıklardan yüksekti(Aynalı sazan; $r=0,371$; $p<0,001$; Pullu sazan; $r=0,311$; $p=0,002$; Mercan; $r=0,284$; $p=0,013$; Tatlısu kefali; $r=0,223$; $p=0,027$). İç organlarındaki Pb düzeyi Pullu sazanda vücut ağırlığı ile gösterdiği korelasyon gücü, diğer balıklardan yüksekti (Pullu sazan; $r=0,368$; $p=0,003$; Aynalı sazan; $r=0,306$; $p=0,007$; Mercan; $r=0,245$; $p=0,020$; Tatlısu kefali; $r=0,214$; $p=0,028$). Benzer şekilde Cd düzeyleri de pullu sazanda hem boy hemde ağırlık açısından diğer balık türlerine göre daha yüksek olup korelasyon ilişkisi daha güçlü idi (boy için; Pullu sazan; $r=0,384$; $p<0,001$; Aynalı sazan; $r=0,312$; $p=0,004$; Mercan; $r=0,277$; $p=0,021$; Tatlısu kefali; $r=0,244$; $p=0,022$; ağırlık için; Pullu sazan; $r=0,388$; $p<0,001$; Aynalı sazan; $r=0,333$; $p<0,001$; Mercan; $r=0,265$; $p=0,016$; Tatlısu kefali; $r=0,252$; $p=0,025$).Zn düzeyleri içinde bu durum benzerdi (boy için; Pullu sazan; $r=0,378$; $p<0,001$; Aynalı sazan; $r=0,321$; $p=0,003$; Mercan; $r=0,267$; $p=0,023$; Tatlısu kefali; $r=0,239$; $p=0,029$; ağırlık için; Pullu sazan; $r= 0,384$; $p<0,001$; Aynalı sazan; $r=0,354$; $p<0,001$; Mercan; $r=0,271$; $p=0,017$; Tatlısu kefali; $r=0,257$; $p=0,027$) .



Şekil 4.5. Şubat ayı Cu ölçüm değerleri**Şekil 4.6.** Şubat ayı Pb ölçüm değerleri



Şekil 4.7. Şubat ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.8.** Şubat ayı Zn ölçüm değerleri

Pullu sazanda mart ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,02±0,002; 0,12±0,01; 0,47±0,03; p<0,001), (0,1±0,01; 0,12±0,01; 0,09±0,01; p<0,001), (0,08±0,01; 0,04±0,004; 0,18±0,02; p<0,001), (1,95±0,20; 4,84±0,45; 68,47±6,71; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Pullu sazanlarda mart ayında Cu, Cd ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı, Pb düzeyinin ise en yüksek solungaçlarda olduğu saptandı.

Aynalı sazanda mart ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,08±0,01; 0,10±0,01; 0,20±0,02; p<0,001), (0,09±0,01; 0,10±0,01; 0,08±0,01; p<0,001), (0,03±0,003; 0,03±0,003; 0,08±0,01; p<0,001), (2,67±0,24; 42,66±4,12; 17,65±1,54; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Aynalı sazanlarda mart ayında Cu ve Cd düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı, Pb ve Zn düzeyinin ise en yüksek solungaçlarda olduğu saptandı.

Mercan ve tatlısu kefali türlerinde mart ayında hava şartlarından dolayı örnek alınamamıştır.

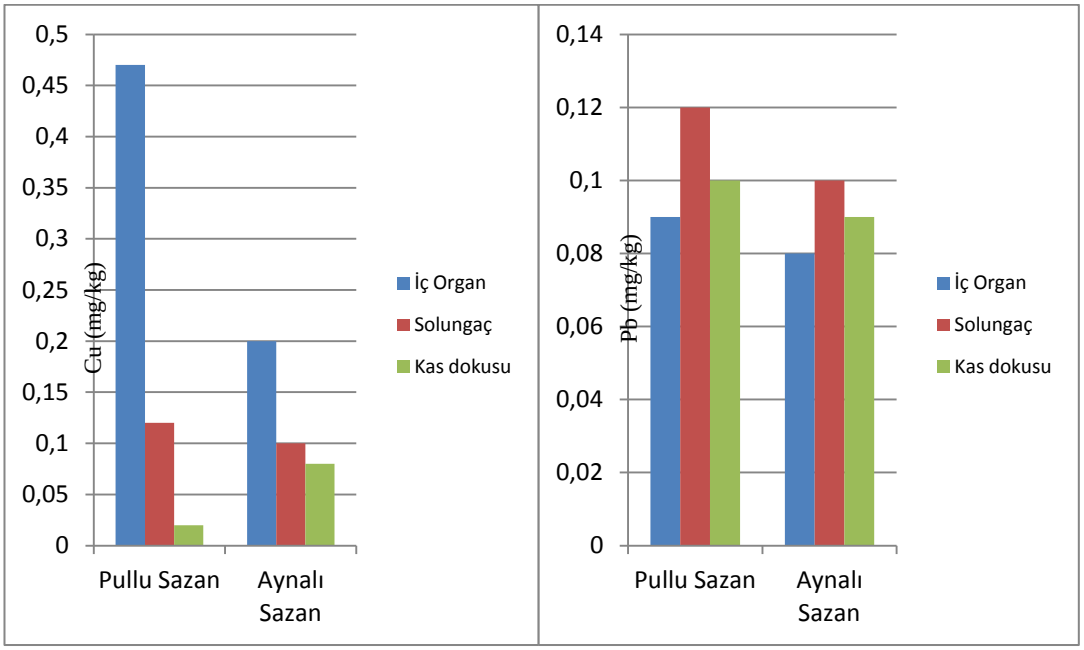
Mart ayında Cu pullu sazan iç organ ve solungaçlarında aynalı sazana göre yüksek, kas dokusunda ise düşük oranda bulunmuştur (p=0,021) (Şekil 4.9.). Tespit edilen değerler kabul edilebilir değerin altında bulunmuştur (p<0,001).

Pb pullu sazan iç organ, solungaç ve kas dokusunda aynalı sazana göre yüksek oranda tespit edilmiştir(p=0,028)(Şekil 4.10.). Tespit edilen değerler kabul edilebilir değerin altında bulunmuştur (p<0,001).

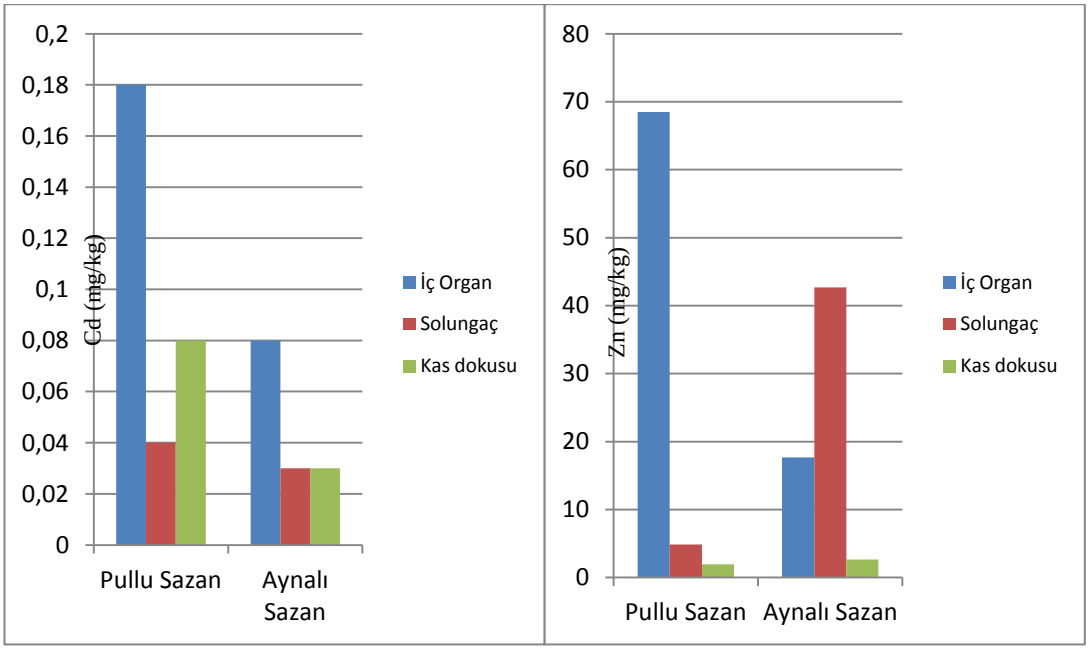
Cd pullu sazan iç organ, solungaç ve kas dokusunda aynalı sazana göre yüksek oranda tespit edilmiştir (p=0,015) (Şekil 4.11.). Pullu sazan iç organlarında kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir (p=0,001).

Zn pullu sazan solungaç iç organlarında aynalı sazana göre yüksek bulunmasına rağmen solungaç ve kas dokusunda düşük bulunmuştur (p<0,001) (Şekil 4.12.). Pullu sazan iç organlarında Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir (p<0,001).

Aynalı sazanda mart ayında boy ve ağırlık ortamalası pullu sazana kıyasla yüksek olmasına karşın ağır metal türleri pullu sazanda daha yüksek güçtekorelasyon gösterdi, buna bağlı olarak da pullu sazanlarda ağır metal emilimleri daha yüksek olduğu düşünülmektedir (Boya göre Cu korelasyonları; Pullu sazan; r=0,394; p<0,001; Aynalı sazan; r=0,334; p=0,001;kiloya göre Cu korelasyonları; Pullu sazan; r= 0,384; p<0,001; Aynalı sazan; r=0,328; p=0,004). (Boya göre Pb korelasyonları; Pullu sazan; r=0,388; p<0,001; Aynalı sazan; r=0,336; p<0,001; kiloya göre Pb korelasyonları; Pullu sazan; r= 0,387; p<0,001; Aynalı sazan; r=0,343; p=0,005). (Boya göre Cd korelasyonları; Pullu sazan; r= 0,386; p<0,001; Aynalı sazan; r=0,341; p<0,001; kiloya göre Cd korelasyonları; Pullu sazan; r=0,382; p<0,001; Aynalı sazan; r=0,333; p=0,008). (Boya göre Zn korelasyonları; Pullu sazan; r=0,385; p<0,001; Aynalı sazan; r=0,335; p<0,001; kiloya göre Zn korelasyonları; Pullu sazan; r= 0,386; p<0,001; Aynalı sazan; r=0,331; p=0,009).



Şekil 4.9. Mart ayı Cu ölçüm değerleri**Şekil 4.10.** Mart ayı Pb ölçüm değerleri



Şekil 4.11. Mart ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.12.** Mart ayı Zn ölçüm değerleri

Pullu sazanda nisan ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,07±0,01; 0,13±0,01; 0,53±0,05; p<0,001), (0,11±0,01; 0,12±0,01; 0,11±0,01; p=0,806), (0,03±0,003; 0,01±0,001; 0,04±0,002; p<0,001), (10,18±1,11; 2,74±0,21; 91,07±9,34; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Pullu sazanlarda nisan ayında Pb düzeyinin en yüksek solungaçlarda, Cu, Cd ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı.

Aynalı sazanda nisan ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,06±0,01; 0,14±0,01; 0,57±0,05; p<0,001). (0,08±0,01; 0,11±0,01; 0,18±0,02; p<0,001), (0,02±0,002; 0,05±0,005; 0,10±0,01; p<0,001), (7,03±0,69; 36,68±3,23; 26,14±2.43; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Aynalı sazanlarda nisan ayında Cu, Pb ve Cd düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı, Zn düzeyinin ise en yüksek solungaçlarda olduğu saptandı.

Mercanda nisan ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,20±0,02; 0,49±0,05; 0,56±0,05; p<0,001), (0,22±0,02; 0,14±0,01; 0,10±0,01; p<0,001), (0,06±0,006; 0,01±0,001; 0,02±0,002; p<0,001), (8,36±0,81; 8,08±0,78; 10,09±1,00; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Mercanlarda nisan ayında Cu ve Zn düzeyi en yüksek iç organlarda, Pb ve Cd düzeyi en yüksek kas dokusunda olduğu saptandı.

Tatlısu kefalinde nisan ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,09±0,01; 0,09±0,01; 0,50±0,05; p<0,001), (0,03±0,003; 0,05±0,005; 0,01±0,001; p<0,001), (0,02±0,002; 0,02±0,002; 0,03±0,003; p<0,001), (81,59±0,15; 11,23±1,11; 13,79±1,11; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Tatlısu kefalinde Cu ve Cd düzeyi en yüksek iç organlarda olduğu belirlenirken, Pb düzeyinin en yüksek solungaçlarda, Zn düzeyi ise en yüksek kas dokusunda olduğu saptandı.

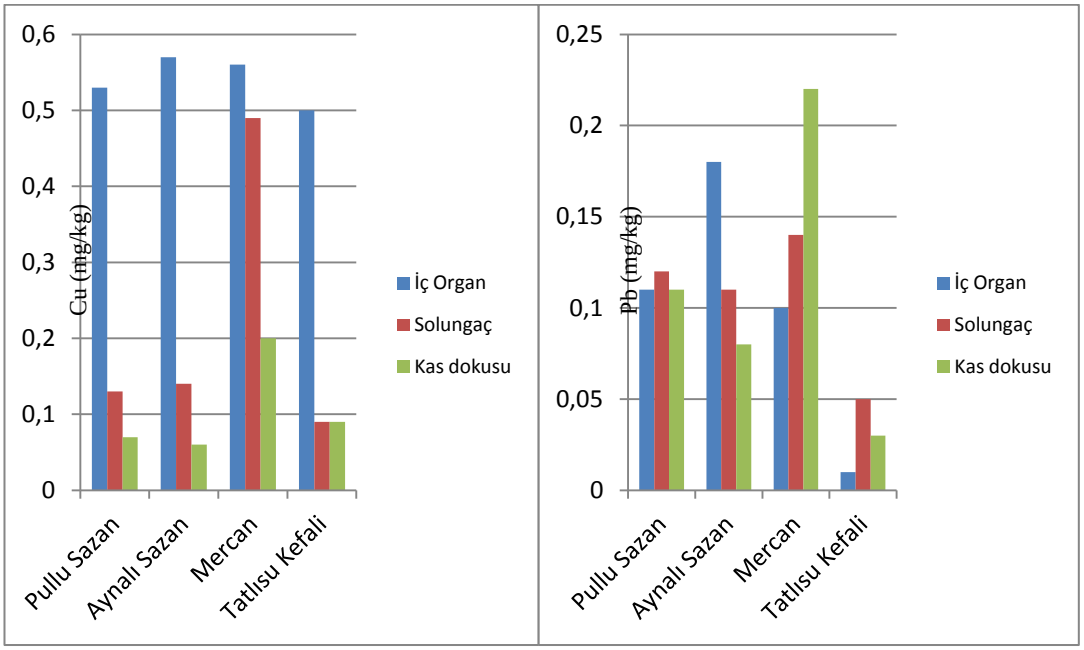
Nisan ayında Cu aynalı sazan iç organlarında diğer balıklara göre yüksek, kas dokusunda ise düşük oranda bulunmuş (p<0,001), solungaçlarda ve kas dokusunda mercan türüne ait değerler yüksek bulunmuştur(p<0,001) (Şekil 4.13.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir (p<0,001).

Pb aynalı sazan iç organlarında, mercan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek ($p<0,001$), tatlısu kefali iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük oranda tespit edilmiştir($p<0,001$) (Şekil 4.14.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir ($p<0,001$).

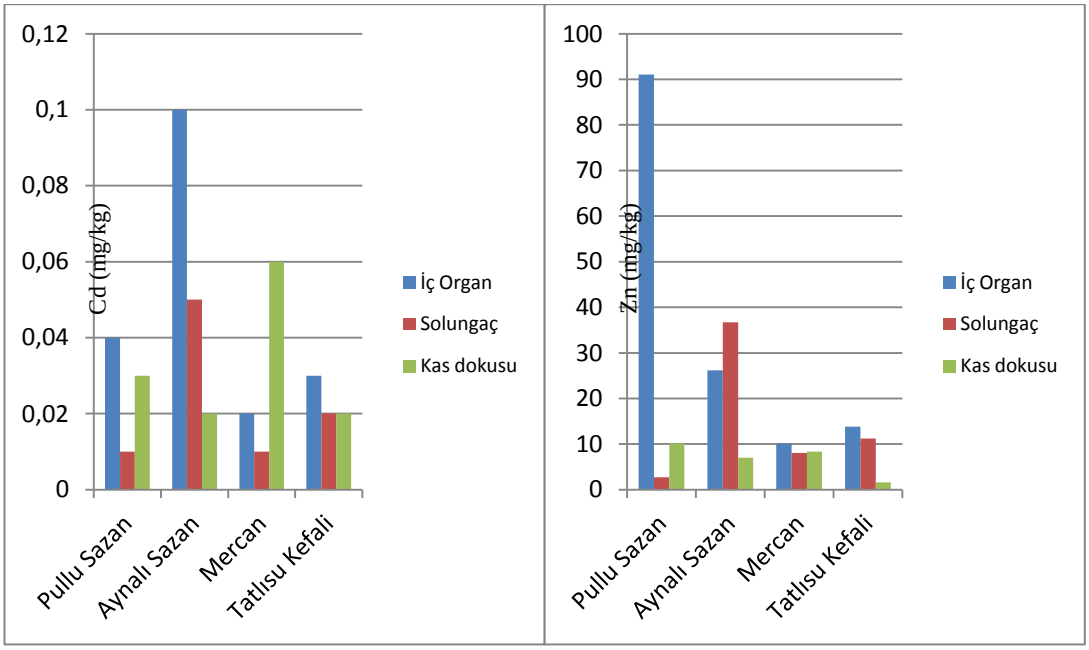
Cdaynalı sazan iç organ ve solungaçlarında, mercan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek ($p<0,001$), mercanın kas dokusu, iç organ ve solungaçlarındaki Cd düzeyleri ise diğer balıklara kıyasla düşük bulunmuştur ($p<0,001$) (Şekil 4.15.). Aynalı sazan iç organlarında kabul edilebilir sınır değerde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Zn pullu sazan iç organ ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek bulunmasına rağmen solungaçlardaki düzeyler düşük bulunmuş ($p<0,001$), aynalı sazan solungaçlarındaki değerler diğer balıklara göre yüksek bulunmuştur ($p<0,001$) (Şekil 4.16.). Pullu sazan iç organlarında Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Aynalı sazanların boy ve kiloları mart ayında diğer balıklardan yüksek olup buna bağlı olarak ağır metal düzeyleri (Pb, Cd, ve Cu) ile gösterdiği korelasyon gücü diğer balık türlerinden daha yüksekti, Pb düzeyi ise pullu sazanların boy ve ağırlıkları ile daha yüksek korelasyon gösterdi.



Şekil 4.13. Nisan ayı Cu ölçüm değerleri**Şekil 4.14.** Nisan ayı Pb ölçüm değerleri



Şekil 4.15. Nisan ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.16.** Nisan ayı Zn ölçüm değerleri

Pullu sazanda mayıs ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,10±0,01; 0,12±0,01; 0,50±0,02; p<0,001), (0,10±0,01; 0,07±0,01; 0,16±0,02; p<0,001), (0,03±0,003; 0,03±0,002; 0,05±0,004; p<0,001), (12,73±1,18; 3,14±0,30; 68,17±5,85; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Pullu sazanlarda mayıs ayında Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı.

Aynalı sazanda mayıs ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,06±0,01; 0,15±0,01; 0,42±0,04; p<0,001). (0,10±0,01; 0,19±0,02; 0,08±0,01; p<0,001), (0,03±0,003; 0,02±0,002; 0,10±0,01; p<0,001), (7,09±0,66; 73,85±7,23; 16,07±1,21; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Aynalı sazanlarda mayıs ayında Cu ve Cd düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı, Pb ve Zn düzeyinin ise en yüksek solungaçlarda olduğu saptandı.

Mercanda mayıs ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,19±0,02; 0,53±0,05;0,51±0,05; p<0,001). (0,08±0,01; 0,26±0,02; 0,15±0,01; p<0,001), (0,04±0,004; 0,02±0,002; 0,03±0,003; p<0,001), (1,75±0,14; 9,36±0,92; 4,97±0,38; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Mercanda mayıs ayında Cu, Pb ve Zn düzeylerinin en yüksek solungaçlarda, Cd düzeyinin ise en yüksek kasta olduğu saptandı.

Tatlısu kefalinde mayıs ayında Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,12±0,01; 0,24±0,02; 0,47±0,05; p<0,001), (0,05±0,005; 0,04±0,004; 0,05±0,005; p<0,001), (0,02±0,002; 0,03±0,003; 0,07±0,005; p<0,001), (7,07±0,68; 25,36±2,32; 11,13±1,00; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Tatlısu kefalinde Cu ve Cd düzeyi en yüksek iç organlarda olduğu belirlenirken, Pb düzeyinin en yüksek solungaç ve iç organlarda, Zn düzeyi ise solungaçlarda olduğu saptandı.

Mayıs ayında Cu düzeyi mercan türüne ait iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara kıyasla yüksek(p<0,001), aynalı sazan türüne ait iç organ ve kas dokusu ile pullu sazan solungaçlarında diğer balıklara göre düşük oranda tespit

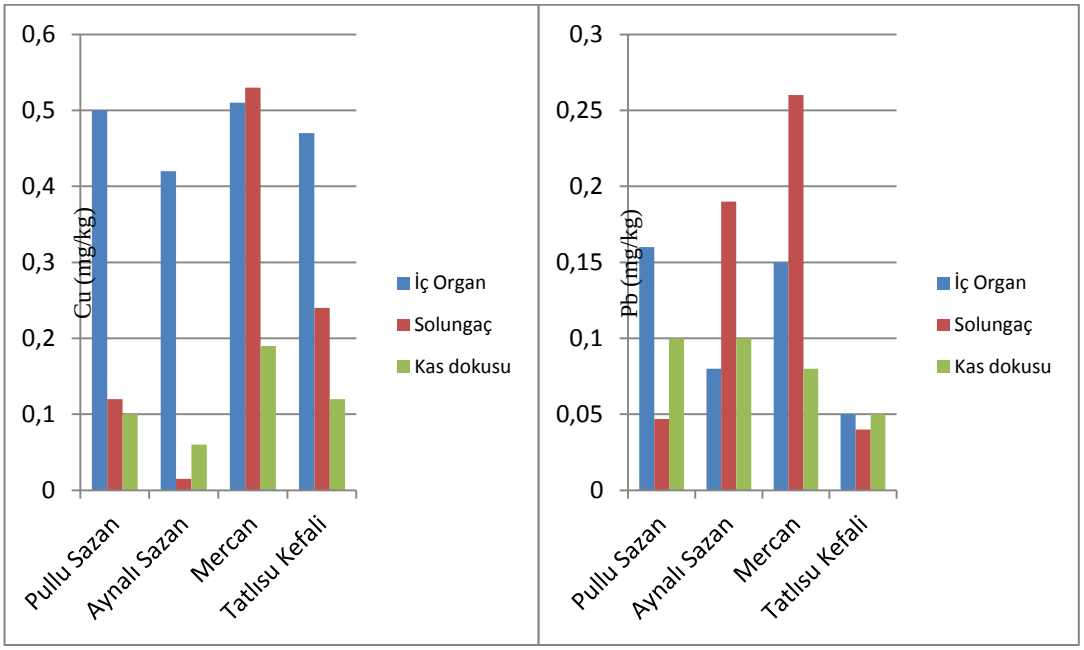
edilmiştir($p<0,001$)(Şekil 4.17.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir($p<0,001$).

Pb pullu sazan türüne ait iç organ ve kas dokusu, mercan türünün ise solungaçlarında diğer balıklara göre yüksek ($p<0,001$), tatlısu kefali türüne ait iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük oranda tespit edilmiştir ($p<0,001$) (Şekil 4.18.). Tespit edilen değerlerden mercan solungaçlarında Pb kabul edilebilir değerin üzerinde bulunmuştur ($p<0,001$).

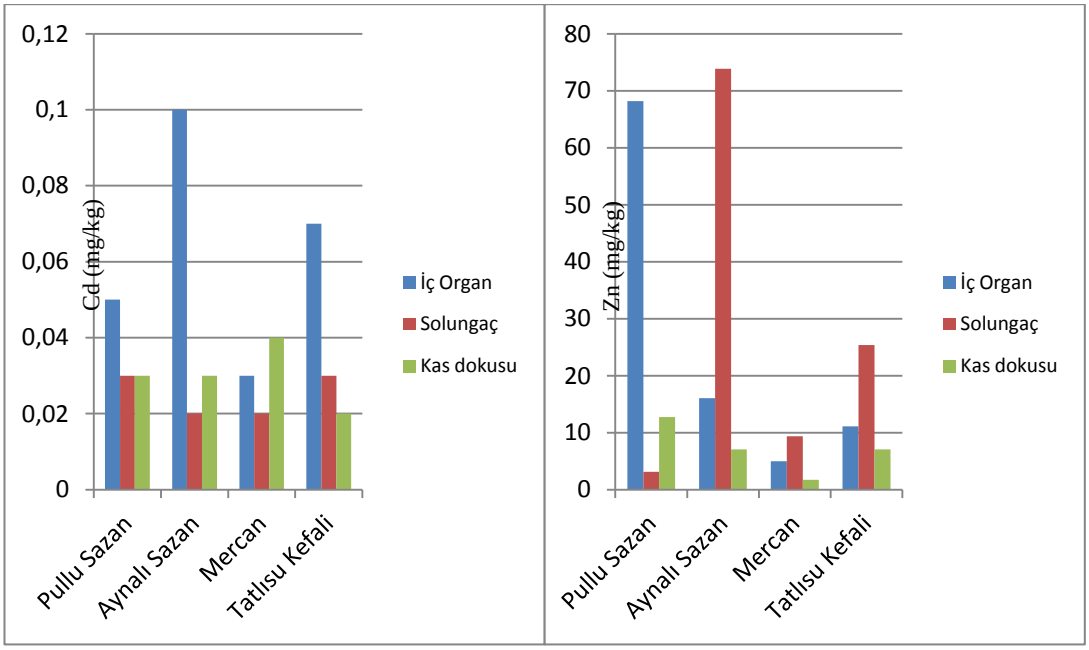
Cd aynalı sazan türüne ait iç organlarda, pullu sazan ve tatlısu kefaline ait solungaçlarda, mercan türüne ait kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek bulundu ($p<0,001$), mercan türüne ait iç organ ve solungaçları ile tatlısu kefaline ait kas dokusunda diğer balıklardan düşük oranda tespit edilmiştir ($p<0,001$) (Şekil 4.19.). Aynalı sazan iç organlarında kabul edilebilir sınır değerde tespit edilmiştir ($p=0,102$).

Zn pullu sazan türüne ait iç organ ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek bulunmasına rağmen solungaçlarda düşük bulundu ($p<0,001$), aynalı sazan türüne ait solungaçlarda yüksek ($p<0,001$), mercan türüne ait iç organ ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük bulunmuştur ($p<0,001$) (Şekil 4.20.). Aynalı sazan solungaçlarında ve pullu sazan iç organlarında Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Mayıs ayında Pb ve Zn düzeyleri pullu sazanlarda boy ve vücut ağırlıkları ile pozitif yönde korelasyon göstermiş olup, diğer balık türlerinden daha yüksekti; bu duruma bağlı olarak bu ağır metallerin pullu sazanlarda yüksek olmasının nedeni olarak açıklanabilir. Cu düzeylerinin ise mercanlarda daha yüksek korelasyon göstermesi ve Cd düzeylerinin de aynalı sazanlarda yüksek korelasyon göstermesi bu ağır metallerin bu balıklarda yüksek olmasının nedeni olarak düşünülmektedir.Solungaçlarda kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilen kurşunun mukus salınımını artırdığı, buna bağlı olarak da solungaç dokusundaki kurşun derişiminin artış gösterdiği düşünülmektedir. Pb düzeyinin mercanların kas dokusunda yüksek olması bu mevsimde hareket kabiliyetlerinin artması olarak düşünülmektedir(Kır ve Tumantozlu, 2012; Kaptan ve Tekin-Ozan, 2014).



Şekil 4.17. Mayıs ayı Cu ölçüm değerleri**Şekil 4.18.** Mayıs ayı Pb ölçüm değerleri



Şekil 4.19. Mayıs ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.20.** Mayıs ayı Zn ölçüm değerleri

Pullu sazanda haziran ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,07±0,01; 0,15±0,02; 0,57±0,06; p<0,001), (0,10±0,01; 0,08±0,01; 0,13±0,01; p<0,001), (0,04±0,003; 0,05±0,004; 0,15±0,02; p<0,001), (3,35±0,32; 2,18±0,20; 86,75±8,31; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Pullu sazanlarda haziran ayında Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı.

Aynalı sazanda haziran ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,07±0,01; 0,16±0,01; 0,54±0,05; p<0,001), (0,08±0,01; 0,40±0,04; 0,27±0,02; p<0,001), (0,03±0,003; 0,04±0,003; 0,58±0,05; p<0,001), (9,1±0,89; 86,96±7,98; 56,84±4,68; p<0,001) farklı düzeylerde olduğu saptandı. Aynalı sazanlarda haziran ayında Cu ve Cd düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı, Pb ve Zn düzeyinin ise en yüksek solungaçlarda olduğu saptandı.

Mercanda haziran ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,14±0,01; 0,20±0,02; 0,46±0,04; p<0,001). (0,06±0,01; 0,24±0,02; 0,29±0,03; p<0,001), (0,04±0,004; 0,02±0,002; 0,05±0,005; p<0,001), (16,7±1,45; 6,08±0,56; 4,81±0,41; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Mercanda haziran ayında Cu, Pb ve Cd düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı, Zn düzeyinin ise en yüksek kaslarda olduğu saptandı.

Tatlısu kefalinde haziran ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,14±0,01; 0,23±0,02; 0,50±0,05; p<0,001), (0,02±0,002; 0,05±0,005; 0,04±0,004; p<0,001), (0,04±0,004; 0,03±0,003;0,03±0,003; p<0,001), (2,63±0,23; 13,15±1,23; 19,82±1,87; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Tatlısu kefalinde Cu ve Zn düzeyi en yüksek iç organlarda olduğu belirlenirken, Cd düzeyinin kaslarda, Pb düzeyinin en yüksek solungaçlarda olduğu saptandı.

Haziran ayında Cu pullu sazan türünün iç organlarında, tatlısu kefalinin solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksekti (p<0,001), mercan iç organları ile pullu sazan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük oranda saptandı

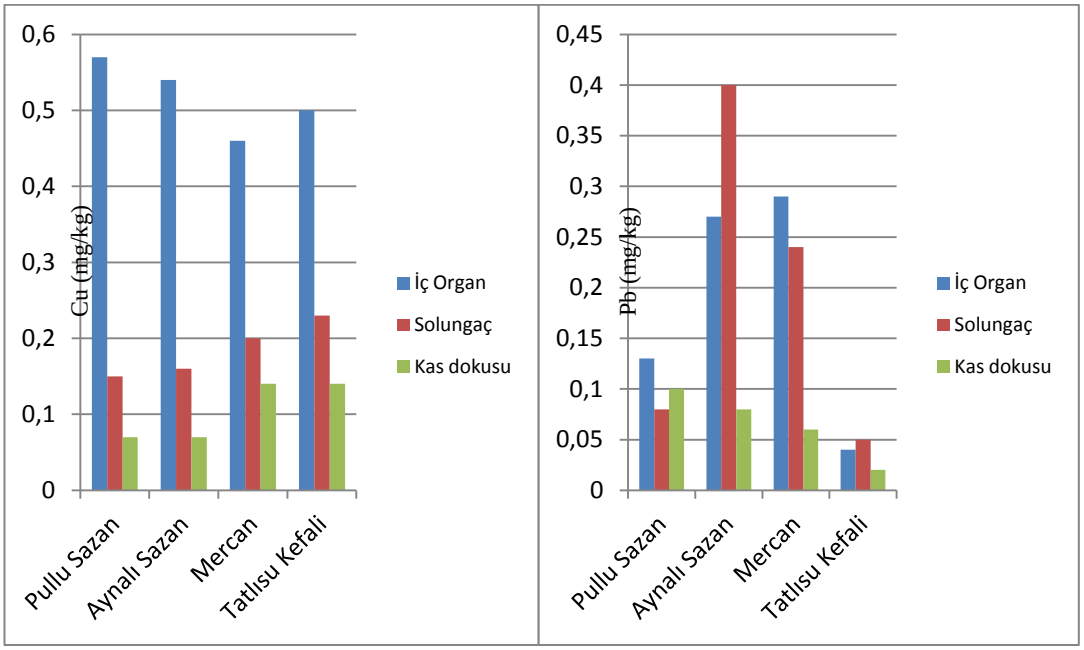
($p<0,001$)(Şekil 4.21.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Pb mercan türünün iç organlarında, aynalı sazan solungaç ve pullu sazan türünün kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek saptandı ($p<0,001$), tatlısu kefalinin iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük oranda tespit edilmiştir ($p<0,001$) (Şekil 4.22.).Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir ($p<0,001$).

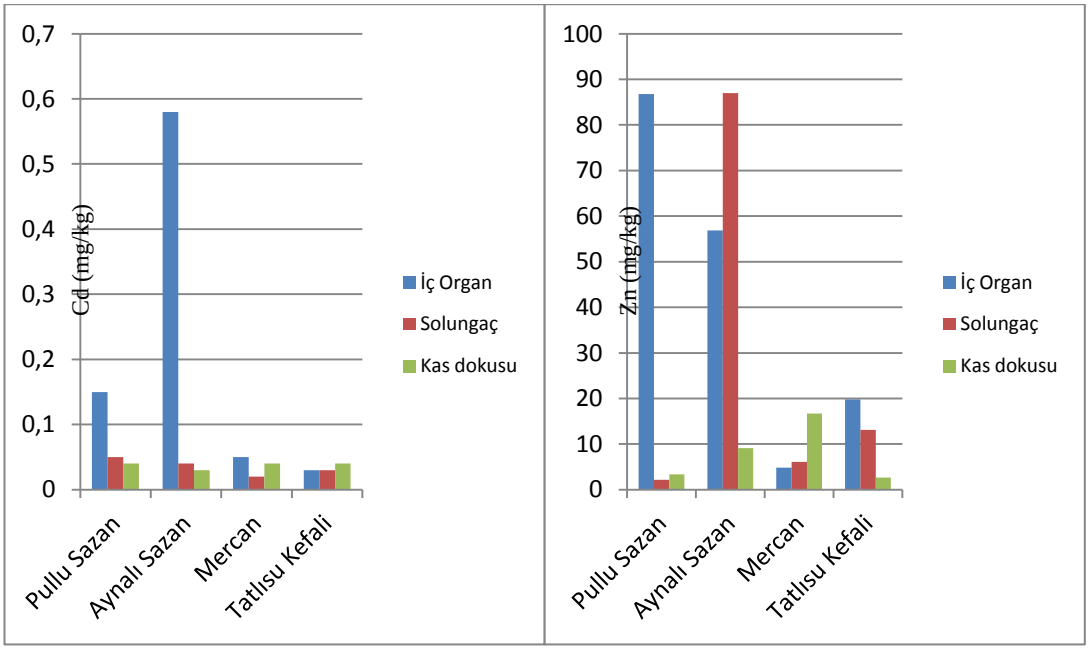
Cd aynalı sazan türünün iç organlarında diğer balıklara göre yüksek bulunmasına rağmen ($p<0,001$), kas dokusunda diğer dokulardan düşük bulunmuş ($p<0,001$), pullu sazan solungaç ve iç organlarında diğer dokulardan yüksek bulunmuştur ($p<0,001$) (Şekil 4.23.). Pullu sazan ve aynalı sazan iç organlarında kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Zn pullu sazan iç organ, aynalı sazan solungaç ve mercan kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek ($p<0,001$), mercan iç organ, pullu sazan solungaç ve tatlısu kefali kas dokusunda diğer balıklara göre düşük bulunmuştur ($p<0,001$) (Şekil 4.24.). Aynalı sazan solungaç ve iç organlarında, pullu sazan iç organlarında Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Haziran ayında iç organlarda Cu ve Zn düzeyleripullu sazanın ağırlığı ile daha güçlükorelasyon gösterdiği belirlendi (Zn için; Aynalı sazan; $r=0,318$; $p=0,006$; Pullu sazan; $r=0,382$; $p=0,001$; Mercan; $r=0,281$; $p=0,014$; Tatlısu kefali; $r=0,239$; $p=0,028$; Cu için; Aynalı sazan; $r= 0,330$; $p=0,005$; Pullu sazan; $r=0,384$; $p=0,002$; Mercan; $r=0,271$; $p=0,010$; Tatlısu kefali; $r=0,255$; $p=0,011$). Haziran ayında Pb düzeylerinin mercan iç organlarında diğer balık türlerine göre yüksek saptanması,Pb düzeyinin mercan ağırlığı ile daha yüksek korelasyon göstermesinden kaynaklı olabilir (Aynalı sazan; $r=0,268$; $p=0,016$; Pullu sazan; $r=0,252$; $p=0,011$; Mercan; $r=0,325$; $p=0,009$; Tatlısu kefali; $r=0,232$; $p=0,031$). Cd düzeyleri de aynalı sazanın vücut ağırlığı ile gösterdiği korelasyonun katsayısı diğer balıklarda saptanan korelasyon katsayısından yüksekti (Aynalı sazan; $r=0,397$; $p=0,001$; Pullu sazan; $r=0,324$; $p=0,007$; Mercan; $r=0,288$; $p=0,011$; Tatlısu kefali; $r=0,266$; $p=0,019$).



Şekil 4.21. Haziran ayı Cu ölçüm değerleri**Şekil 4.22.** Haziran ayı Pb ölçüm değerleri



Şekil 4.23. Haziran ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.24.** Haziran ayı Zn ölçüm değerleri

Pullu sazanda temmuz ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,08±0,01; 0,14±0,01; 0,41±0,04; p<0,001), (0,13±0,01; 0,11±0,01; 0,11±0,01; p<0,001), (0,05±0,004; 0,05±0,004; 0,05±0,004; p=0,999), (1,83±0,17; 3,43±0,24; 72,1±6,86; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Pullu sazanlarda temmuz ayında Cu ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda, Pb düzeyinin en yüksek kaslarda, Cd düzeyinin ise tüm dokularda aynı olduğu saptandı.

Aynalı sazanda temmuz ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,06±0,01; 0,16±0,01; 0,55±0,05; p<0,001), (0,08±0,01; 0,20±0,02; 0,12±0,01; p<0,001), (0,06±0,005; 0,05±0,004; 0,22±0,02; p<0,001), (7,99±0,76; 96,03±9,35; 81,27±7,98; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Aynalı sazanlarda temmuz ayında Cu ve Cd düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı, Pb ve Zn düzeyinin ise en yüksek solungaçlarda olduğu saptandı.

Mercanda temmuz ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,14±0,01; 0,55±0,05; 0,42±0,04; p<0,001), (0,19±0,02; 0,10±0,01; 0,20±0,02; p<0,001), (0,03±0,003; 0,02±0,002; 0,18±0,01; p<0,001), (18,73±1,63; 10,28±0,10; 4,77±0,45; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Mercan Cu, Pb ve Cd düzeyleri en yüksek iç organda iken, Zn düzeyinin kas dokusunda olduğu saptandı.

Tatlısu kefalinde temmuz ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,54±0,05; 0,10±0,01; 0,42±0,04; p<0,001), (0,06±0,005; 0,03±0,003; 0,01±0,001; p<0,001), (0,03±0,003; 0,03±0,003; 0,04±0,004; p<0,001), (16,07±1,45; 11,45±1,35; 15,31±1,45; p<0,001) farklı düzeyde olduğu saptandı. Tatlısu kefalinde Cu, Pb ve Zn düzeyi en yüksek kas dokusunda, Cd düzeyinin en yüksek iş organlarda olduğu saptandı.

Temmuz ayında Cu aynalı sazan iç organında, mercan solungacında ve tatlısu kefali kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek bulunmasına rağmen (p<0,001), pullu sazan iç organ, tatlısu kefali solungaç ve aynalı sazan kas dokusunda diğer dokulara

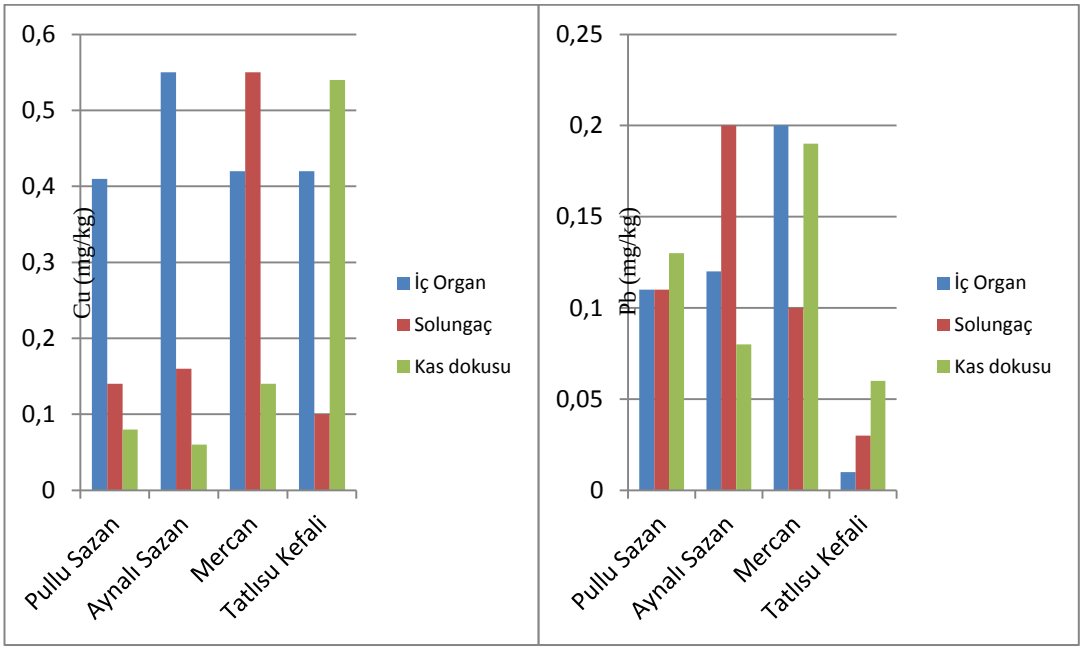
göre düşük oranda tespit edilmiştir($p<0,001$) (Şekil 4.25.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Pb mercan iç organ ve kas dokusu, aynalı sazan solungaçlarında diğer balıklara göre yüksek, tatlısu kefali iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer dokulardan düşük oranda tespit edilmiştir ($p<0,001$) (Şekil 4.26.).Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir ($p<0,001$).

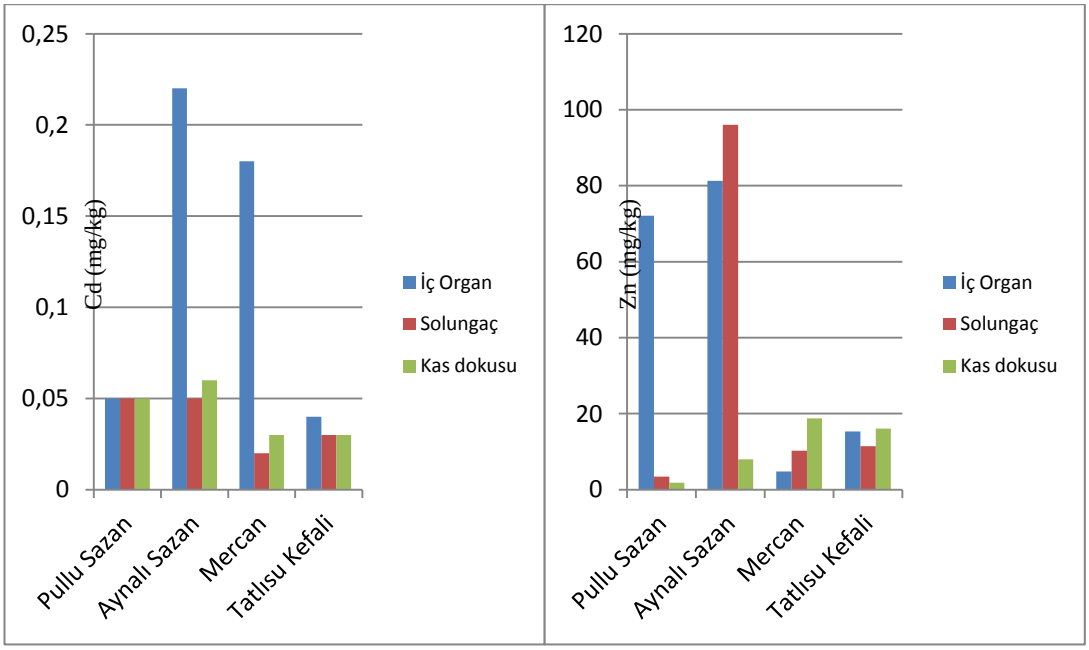
Cd aynalı sazan iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek bulundu ($p<0,001$), mercan iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer dokulardan düşük oranda tespit edilmiştir ($p<0,001$) (Şekil 4.27.). Aynalı sazan ve mercan iç organlarında kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Zn aynalı sazan solungaç ve iç organlarında diğer balıklara göre yüksek ($p<0,001$), mercan iç organ ile pullu sazan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük oranda tespit edilmiştir ($p<0,001$) (Şekil 4.28.). Aynalı sazan solungaç ve iç organları ile pullu sazan iç organlarında Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Aynalı sazanda Cu, Cd ve Zn düzeyleri vücut ağırlığı ani artış göstermiş olup ağır metal türleri ile pozitif korelasyon gösterdi ve bu korelasyona ait katsayı diğer balıklarda saptanan korelasyon katsayısındandaha güçlü idi (Cu için; Aynalı sazan; $r=0,388$; $p=0,002$; Pullu sazan; $r=0,322$; $p=0,007$; Mercan; $r=0,298$; $p=0,013$; Tatlısu kefali; $r=0,250$; $p=0,015$; Cd için; Aynalı sazan; $r= 0,393$; $p=0,001$; Pullu sazan; $r=0,325$; $p=0,009$; Mercan; $r=0,294$; $p=0,013$; Tatlısu kefali; $r=0,285$; $p=0,021$; Zn için; Aynalı sazan; $r=0,388$; $p=0,001$; Pullu sazan; $r=0,321$; $p=0,009$; Mercan; $r=0,285$; $p=0,011$; Tatlısu kefali; $r=0,275$; $p=0,013$).



Şekil 4.25. Temmuz ayı Cu ölçüm değerleri**Şekil 4.26.** Temmuz ayı Pb ölçüm değerleri



Şekil 4.27. Temmuz ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.28.** Temmuz ayı Zn ölçüm değerleri

Pullu sazanda ağustos ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusuve iç organda (0,06±0,01; 0,51±0,04; p<0,001), (0,10±0,01; 0,25±0,02; p<0,001), (0,03±0,003; 0,05±0,005; p<0,001), (1,19±0,12; 96,62±8,92; p<0,001) farklılık göstermekle beraber Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin iç organda daha yüksek olduğu saptandı.

Aynalı sazanda ağustos ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,09±0,01; 0,11±0,01; 0,57±0,06; p<0,001), (0,09±0,01; 0,13±0,01; 0,13±0,01; p<0,001), (0,06±0,005; 0,03±0,003; 0,15±0,01; p<0,001), (5,25±0,51; 37,16±3,43; 46,98±4,65; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Aynalı sazanlarda ağustos ayında Cu, Cd ve Zn düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu, Pb düzeyinin ise en yüksek solungaçlarda ve iç organlarda olduğu saptandı.

Mercanda ağustos ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,12±0,01; 0,43±0,04; 0,03±0,003; p<0,001), (0,08±0,01; 0,17±0,02; 0,24±0,02; p<0,001), (0,02±0,002; 0,03±0,003; 0,27±0,3; p<0,001), (2,01±0,20; 8,49±0,82; 8,27±0,84; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Cu düzeyi solungaçda yüksek iken, Pb veCd düzeylerinin iç organda yüksek, Zn düzeyinin ise hem solungaç hemde iç organda yüksek olduğu saptandı.

Tatlısu kefalinde ağustos ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,16±0,01; 0,30±0,03; 0,59±0,06; p<0,001), (0,03±0,003; 0,05±0,005; 0,04±0,004; p=0,011), (0,03±0,003; 0,03±0,003; 0,07±0,006; p<0,001), (1,69±0,16; 29,46±2,54; 18,48±1,67; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Tatlısu kefalinde Cu ve Cd düzeyleri iç organlarda, Pb ve Zn düzeyi en yüksek solungaçlarda olduğu saptandı.

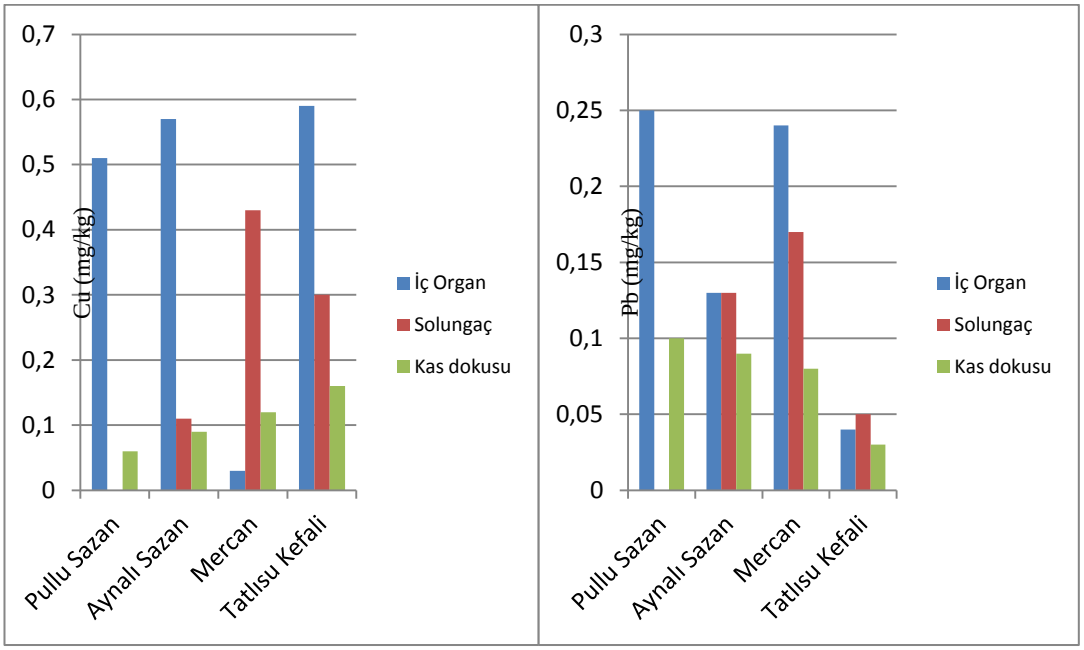
Ağustos ayında Cu tatlısu kefali iç organ ve kas dokusu ile mercan solungaçlarında diğer balıklara göre yüksekti (p<0,001), mercan iç organ, aynalı sazan solungaç ve pullu sazan kas dokusunda diğer balıklara göre düşük oranda tespit edilmiştir(p<0,001)(Şekil 4.29.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir (p<0,001).

Pb pullu sazan iç organ ve kas dokusu ile mercan solungaçlarında diğer balıklara göre yüksekti ($p<0,001$), tatlısu kefali iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük oranda bulunmuştur($p<0,001$) (Şekil 4.30.).Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir ($p<0,001$).

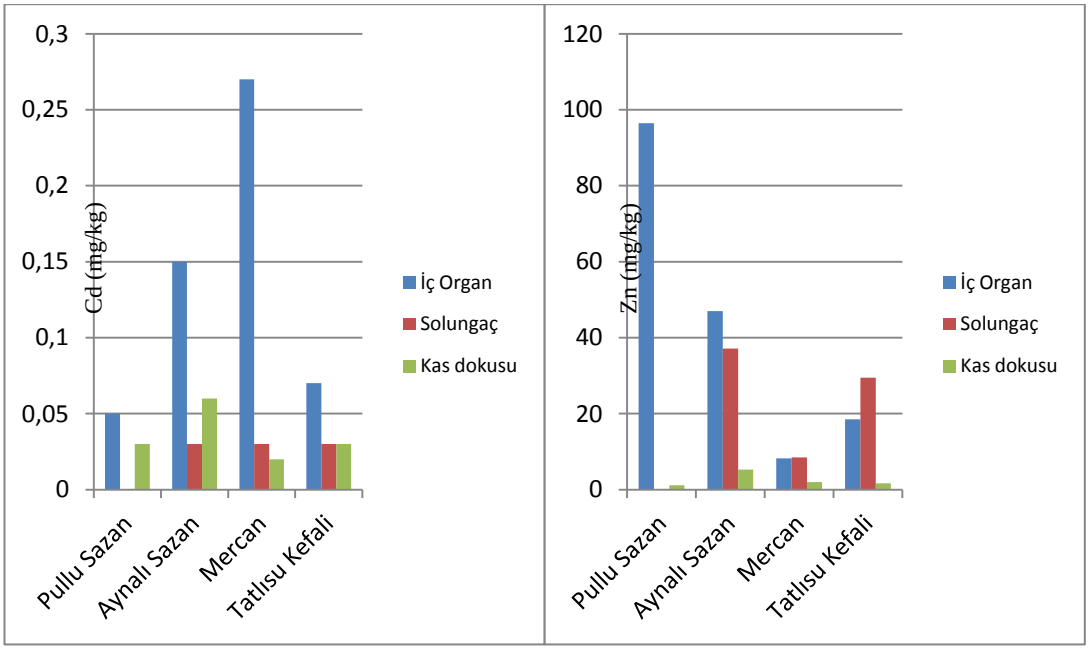
Cd mercan iç organları diğer balıklara göre yüksek bulunmasına rağmen kas dokusunda diğer balıklara göre düşük oranda tespit edilmiş ($p<0,001$), solungaçlarda ise mercan, aynalı sazan, tatlısu kefali eşit oranda bulunmuştur ($p=0,504$) (Şekil 4.31.). Mercan ve aynalı sazan iç organlarında kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Zn pullu sazan iç organları ile aynalı sazan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksekti ($p<0,001$), mercan iç organ ve solungaçları ile pullu sazan kas dokusunda diğer balıklara göre düşük bulunmuştur ($p<0,001$) (Şekil 4.32.). Pullu sazan iç organlarında Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Pullu sazanda ağustos ayında ölçülen vücut ağırlığı diğer aylara kıyasla yüksek olup Zn ve Cu düzeyleri ile pozitif korelasyon gösterdi ve korelasyon katsayısı diğer balıklarda saptanan korelasyon katsayısından yüksekti (Zn için; Aynalı sazan; $r=0,311$; $p=0,011$; Pullu sazan; $r=0,372$; $p=0,001$; Mercan; $r=0,265$; $p=0,015$; Tatlısu kefali; $r=0,209$; $p=0,035$; Cu için; Aynalı sazan; $r=0,291$; $p=0,015$; Pullu sazan; $r=0,357$; $p=0,004$; Mercan; $r=0,282$; $p=0,019$; Tatlısu kefali; $r=0,249$; $p=0,021$). Mercanlarda solungaçlarda Cu ve Zn düzeylerinin yüksek olması yazın artan hareket faaliyetlerinden olabileceği ve buna bağlı olarak mukus salınımındaki artış nedeniyle derişimin arttığı düşünülmektedir.



Şekil 4.29. Ağustos ayı Cu ölçüm değerleri**Şekil 4.30.** Ağustos ayı Pb ölçüm değerleri



Şekil 4.31. Ağustos ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.32.** Ağustos ayı Zn ölçüm değerleri

Pullu sazanda eylül ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,12±0,01; 0,13±0,01; 0,53±0,05; p<0,001). (0,08±0,01; 0,12±0,01; 0,13±0,01; p<0,001), (0,04±0,003; 0,10±0,01; 0,30±0,03; p<0,001), (2,92±0,25; 1,04±0,10; 25,97±2,63; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı.Pullu sazanda eylül ayında ağır metal düzeyleri iç organda diğer dokulara kıyasla daha yüksekti.

Aynalı sazanda eylül ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,07±0,01; 0,10±0,01; 0,59±0,06; p<0,001). (0,06±0,01; 0,17±0,02; 0,12±0,01; p<0,001), (0,04±0,004; 0,06±0,005; 0,26±0,02; p<0,001), (3,66±0,35; 99,88±9,45; 37,67±3,12; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Aynalı sazanlarda eylül ayında Cu ve Cd düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı, Pb ve Zn düzeyinin ise en yüksek solungaçlarda olduğu saptandı.

Mercanda eylül ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,12±0,01; 0,23±0,02; 0,03±0,003; p<0,001). (0,12±0,01; 0,20±0,02; 0,09±0,01; p<0,001), (0,04±0,004; 0,02±0,002; 0,03±0,003; p<0,001), (1,83±0,18; 6,28±0,61; 13,24±1,23; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Mercan eylül ayında Cu ve Pb düzeyleri solungaçlarda yüksek iken, Cd düzeyi kas dokusunda, Zn düzeyinin ise iç organda yüksek olduğu saptandı.

Tatlısu kefalinde eylül ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,09±0,01; 0,16±0,02; 0,46±0,05; p<0,001). (0,03±0,003; 0,04±0,004; 0,03±0,003; p=0,011), (0,03±0,003; 0,02±0,002; 0,06±0,005; p<0,001), (1,60± 0,15; 18,26±1,56; 27,39±2,35; p<0,001) farlılık gösterdiği saptandı. Tatlısu kefalinde Cu, Cd ve Zn düzeyleri iç organlarda, yüksek Pb düzeyinin solungaçlarda olduğu saptandı.

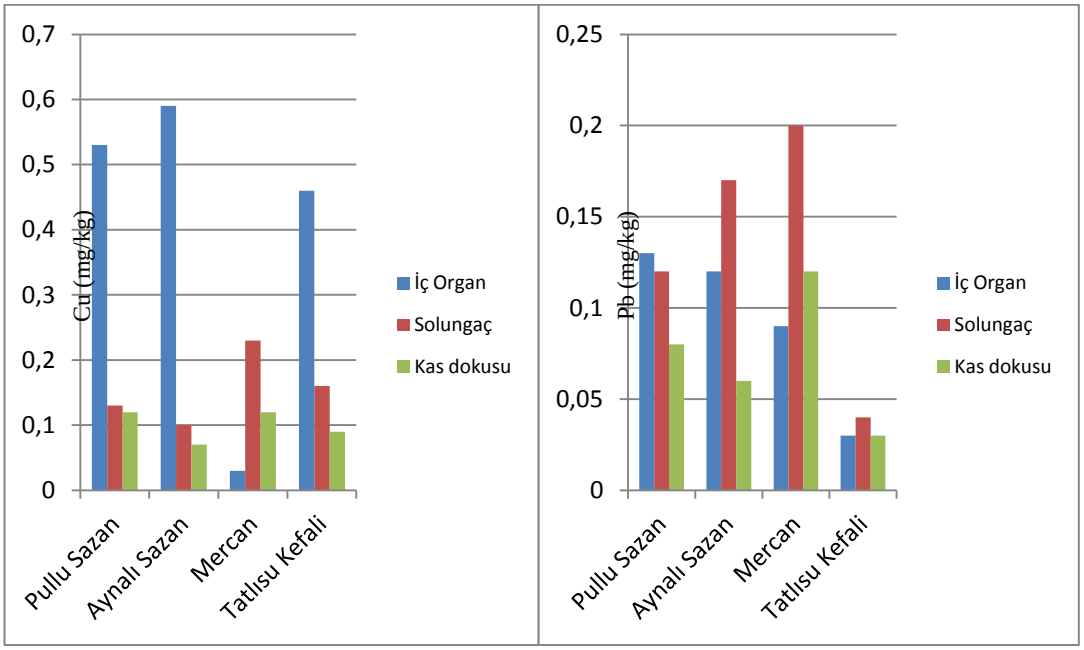
Eylül ayında Cu aynalı sazan iç organları ile mercan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek bulunmasına rağmen (p<0,001), mercan iç organ ile aynalı sazan solungaç ve kas dokusunda diğer balık dokularına göre düşük bulunmuştur (p=0,007) (Şekil 4.33.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir (p=0,001).

Pb pullu sazan iç organları ile mercan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksekti (p=0,005), tatlısu kefali iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balık dokularına göre düşük oranda tespit edilmiştir(p<0,001)(Şekil 4.34.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir (p<0,001).

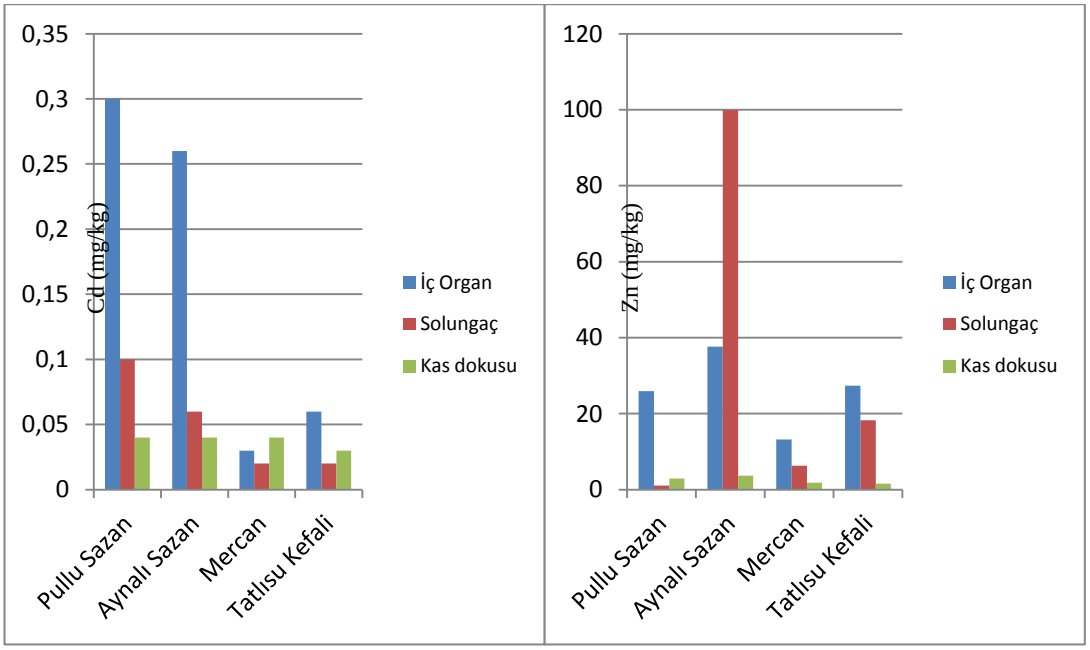
Cd pullu sazan iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek bulundu (p<0,001), mercan iç organ ve solungaçları ile tatlısu kefali kas dokusunda diğer dokulardan yüksek bulunmuştur (p<0,001) (Şekil 4.35.). Pullu sazan ve aynalı sazan iç organlarında kabul edilebilir değerin üzerinde (p<0,001), pullu sazan solungaçlarında kabul edilebilir sınır değerinde tespit edilmiştir (p=0,204).

Zn aynalı sazan kas dokusu, solungaç ve iç organlarında diğer balıklara göre yüksek bulunmasına rağmen (p<0,001) mercan iç organ, pullu sazan solungaç ve tatlısu kefali kas dokusunda diğer balıklara göre düşük bulunmuştur (p<0,001) (Şekil 4.36.). Aynalı sazan solungaçlarında Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir (p<0,001).

Eylül ayında pullu sazanların vücut ağırlıkları ve boy uzunluğu yılınen düşük seviyelerdenbiri olup Pb ve Cd düzeyleri ile gösterdiği korelasyona ait katsayı diğer balıklarda satpanan korelasyon katsayısından yüksekti (Pb için; Aynalı sazan; r=0,335; p=0,006; Pullu sazan; r=0,388; p=0,001; Mercan; r=0,258; p=0,013; Tatlısu kefali; r=0,237; p=0,028; Cd için; Aynalı sazan; r=0,352; p=0,001; Pullu sazan; r=0,374; p=0,008; Mercan; r=0,256; p=0,016; Tatlısu kefali; r=0,255; p=0,019). Aynalı sazanlarda en yüksek vücut ağırlığı ve boy uzunluğu bu ayda olmasına karşın Zn düzeyi ile en yüksek korelasyon katsayısı bu balık türünde saptanmıştır (Aynalı sazan; r=0,402; p<0,001; Pullu sazan; r=0,342; p=0,004; Mercan; r=0,259; p=0,012; Tatlısu kefali; r=0,245; p=0,017).



Şekil 4.33. Eylül ayı Cu ölçüm değerleri**Şekil 4.34.** Eylül ayı Pb ölçüm değerleri



Şekil 4.35. Eylül ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.36.** Eylül ayı Zn ölçüm değerleri

Pullu sazanda ekim ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,11±0,01; 0,11±0,01; 0,04±0,003; p<0,001), (0,09±0,01; 0,07±0,01; 1,59±0,02; p<0,001), (0,05±0,005; 0,09±0,01; 0,10±0,01; p<0,001), (3,36±0,30; 1,01±0,10; 12,57±1,11; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Pullu sazanda ekim ayında Cu düzeyi en yüksek kas dokusunda ve solungaçlarda iken, Pb düzeyi iç organda, Cd düzeyi solungaç ve iç organda, Zn düzeyi ise iç organda olduğu saptandı.

Aynalı sazanda ekim ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,05±0,01; 0,11±0,01; 0,51±0,05; p<0,001). (0,01±0,01; 0,11±0,01; 0,11±0,01; p<0,001), (0,05±0,004; 0,04±0,004; 0,10±0,01; p<0,001), (7,73±0,75; 74,79±6,95; 50,1±4,68; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Aynalı sazanlarda ekim ayında Cu ve Cd düzeylerinin en yüksek iç organlarda olduğu saptandı, Pb düzeyinin en yüksek solungaç ve iç organda olduğu saptandı, Zn düzeyinin ise en yüksek solungaçlarda olduğu saptandı.

Mercanda ekim ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,17±0,02; 0,44±0,04; 0,49±0,05; p<0,001), (0,09±0,01; 0,21±0,02; 0,40±0,04; p<0,001), (0,04±0,004; 0,03±0,003; 0,07±0,01; p<0,001), (3,23±0,32; 8,78±0,83; 8,96±0,78; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı.Cu ve Zn düzeyi en yüksek solungaç ve içorganlarda iken, Pb ve Cd düzeylerinin iç organda daha yüksek olduğu saptandı.

Tatlısu kefalinde ekim ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,10±0,01; 0,16±0,02; 0,11±0,01; p<0,001), (0,03±0,003; 0,04±0,004; 0,01±0,001; p=0,004), (0,02±0,002; 0,03±0,003; 0,04±0,004; p<0,001), (1,76±0,17; 10,7±1,00; 26,01±2,13; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Tatlısu kefalinde Cd ve Zn düzeylerinin yüksek olduğu bölge iç organlarda, Cu ve Pb düzeyinin yüksek olduğu bölge solungaçlar olarak saptandı.

Ekim ayında Cu aynalı sazan iç organları ile mercan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksekti (p<0,001), pullu sazan iç organ ve solungaçları ile aynalı sazan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük

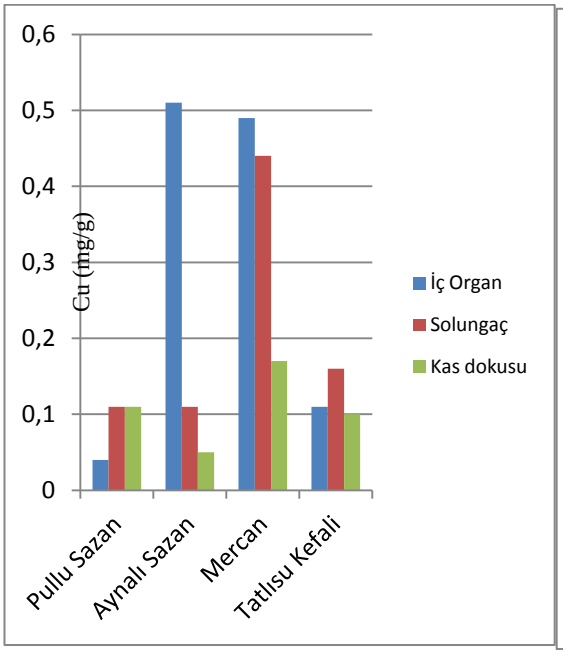
bulunmuştur($p<0,001$)(Şekil 4.37.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir ($p<0,001$).

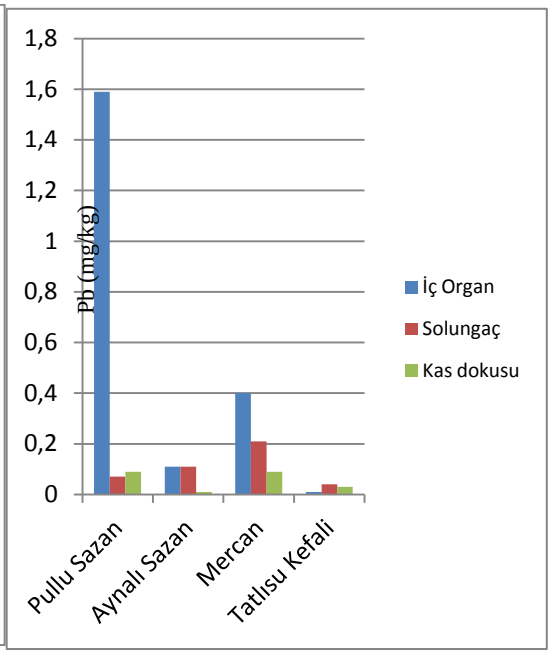
Pb pullu sazan iç organ ve kas dokusu ile mercan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksekti ($p=0,005$), tatlısu kefali iç organ ve solungaçları ile aynalı sazan kas dokusunda diğer balıklara göre düşük oranda tespit edilmiştir ($p=0,003$) (Şekil 4.38.). Tespit edilen değerlerden pullu sazan iç organlarında Pb kabul edilebilir değerin üzerinde bulunmuştur ($p<0,001$).

Cd pullu sazan iç organ, solungaç ve kas dokusu ile aynalı sazan iç organ ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksekti ($p=0,003$), tatlısu kefali iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük bulunmuştur ($p=0,021$) (Şekil 4.39.). Pullu sazan ve aynalı sazan iç organlarında kabul edilebilir sınır değerde tespit edilmiştir ($p=0,409$).

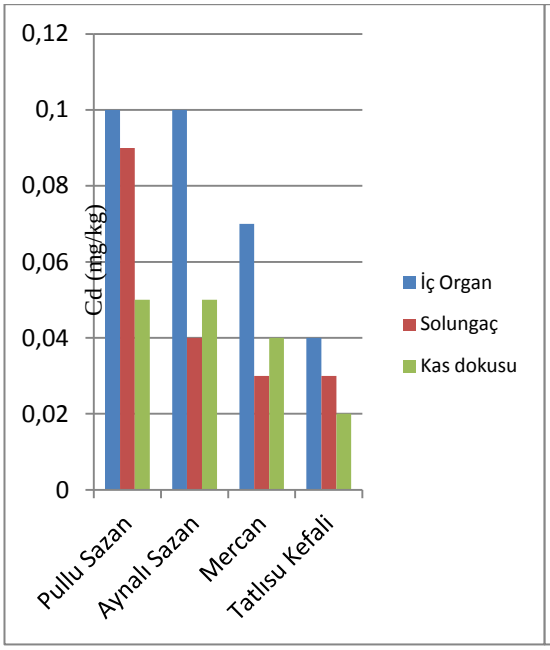
Zn aynalı sazan iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek bulunmasına rağmen ($p<0,001$), mercan iç organ, pullu sazan solungaç ve tatlısu kefali kas dokusunda diğer balıklara göre düşük bulunmuştur ($p<0,001$) (Şekil 4.40.). Aynalı sazan solungaç ve iç organlarında Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

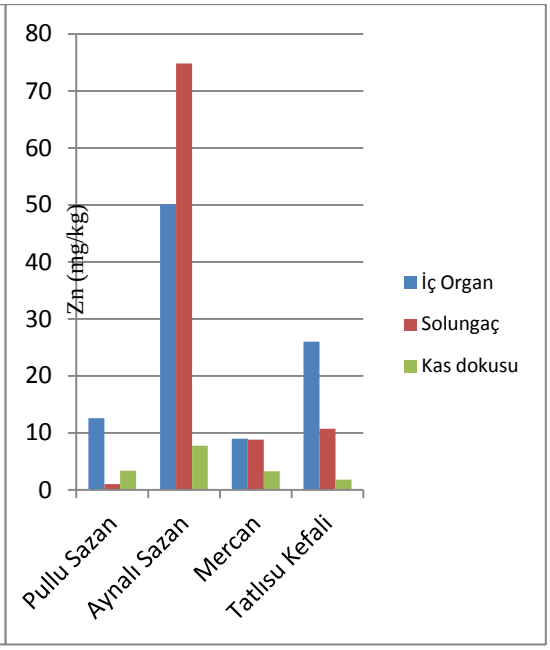
Ekim ayında pullu sazanların ile aynalı sazanların boy uzunlukları benzer olup aynalı sazanların kilosu pullu sazanlardan yüksektir. Pb ve Cd düzeyleri pullu sazanların vücut ağırlığı ile daha yüksek korelasyon gösterirken (Pb için; Aynalı sazan; $r=0,346$; $p=0,001$; Pullu sazan; $r=0,395$; $p=0,001$; Mercan; $r=0,265$; $p=0,015$; Tatlısu kefali; $r=0,254$; $p=0,038$; Cd için; Aynalı sazan; $r=0,350$; $p=0,008$; Pullu sazan; $r=0,371$; $p=0,001$; Mercan; $r=0,267$; $p=0,012$; Tatlısu kefali; $r=0,259$; $p=0,013$),Zn ve Cu düzeyleri aynalı sazanların vücut ağırlığı ile daha yüksek korelasyon gösterdi (Zn için; Aynalı sazan; $r= 0,385$; $p=0,001$; Pullu sazan; $r=0,327$; $p=0,005$; Mercan; $r=0,245$; $p=0,011$; Tatlısu kefali; $r=0,234$; $p=0,031$; Cu için; Aynalı sazan; $r=0,359$; $p=0,001$; Pullu sazan; $r=0,345$; $p=0,003$; Mercan; $r=0,234$; $p=0,025$; Tatlısu kefali; $r=0,222$; $p=0,033$).





Şekil 4.37. Ekim ayı Cu ölçüm değerleri**Şekil 4.38.** Ekim ayı Pb ölçüm değerleri





Şekil 4.39. Ekim ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.40.** Ekim ayı Zn ölçüm değerleri

Pullu sazanda kasım ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,09±0,01; 0,14±0,01; 0,51±0,05; p<0,001), (0,10±0,01; 0,16±0,02; 0,16±0,02; p=0,003), (0,04±0,004; 0,05±0,01; 0,54±0,04; p<0,001), (4,46±0,38; 5,09±0,45; 76,18±7,44; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Cu, Cd ve Zn düzeyleri en yüksek iç organda saptanırken, Pb düzeyinin solungaç ve iç organdaki düzeyinin kas dokusundan daha yüksek olduğu saptandı.

Aynalı sazanda kasım ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,09±0,01; 0,10±0,01; 0,44±0,04; p<0,001). (0,16±0,02; 0,25±0,02; 0,09±0,01; p<0,001), (0,04±0,004; 0,03±0,003; 0,08±0,01; p<0,001), (4,06±0,40; 44,56±4,42; 49,48±4,34; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Aynalı sazanlarda kasım ayında Cu ve Cd düzeylerinin en yüksek iç organlarda, Pb düzeyinin en yüksek solungaçta, Zn düzeyinin ise en yüksek solungaçlarda ve iç organlarda olduğu saptandı.

Mercanda kasım ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,15±0,01; 0,52±0,05; 0,11±0,01; p<0,001). (0,1±0,01; 0,27±0,03; 0,12±0,01; p<0,001), (0,04±0,004; 0,03±0,003; 0,08±0,01; p<0,001), (2,78±0,26; 6,72±0,65; 5,78±0,55; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Cu, Cd ve Zn düzeyleri solungaçda yüksek iken, Pb düzeyi iç organda daha yüksek saptandı.

Tatlısu kefalinde kasım ayında ölçülen Cu, Pb ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organlarda(0,20±0,02; 0,16±0,02; 0,55±0,05; p<0,001), (0,03±0,003; 0,07±0,006; 0,01±0,001; p<0,001), (3,72±0,34; 22,72±2,12; 15,76±1,16; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Cd düzeyinin kas dokusu, solungaç ve iç organlarda (0,03±0,003; 0,03±0,003; 0,03±0,003; p=0,999) farklılık göstermediği, Pb ve Zn düzeylerinin solungaçlarda, Cu düzeyinin iç organlarda daha yüksek olduğu saptandı.

Kasım ayında Cu düzeyi tatlısu kefalinde iç organ ve kas dokus ile mercan solungaçlarında diğer balıklara göre yüksekti (p<0,001), mercan iç organ ile aynalı sazan solungaç ve kas dokusunda diğerbalık dokularından düşük

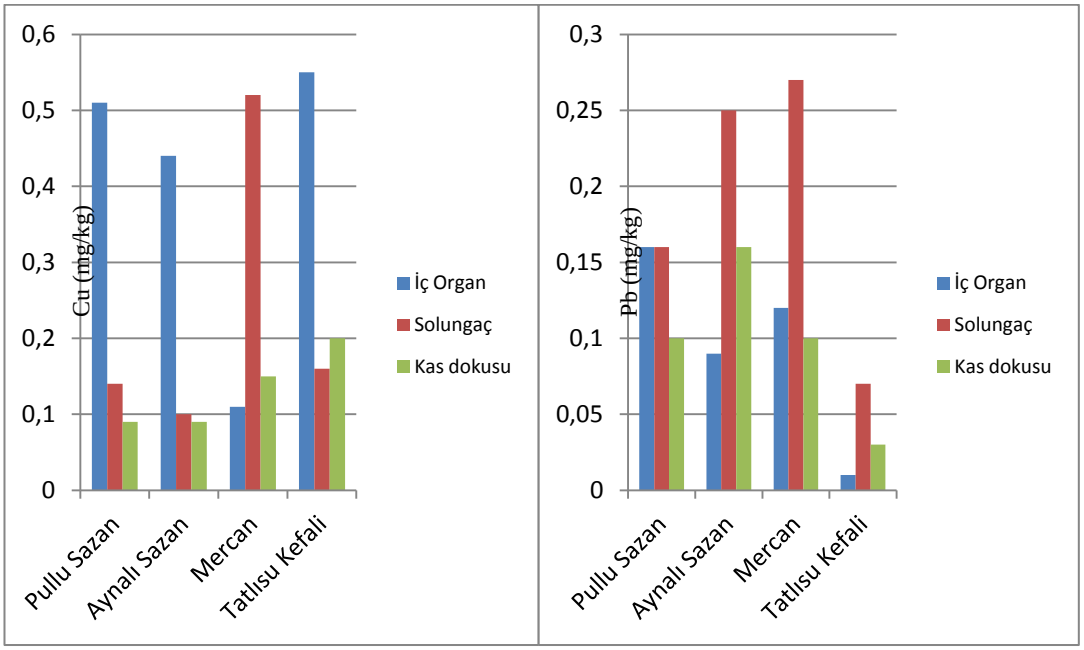
bulunmuştur($p<0,001$)(Şekil 4.41.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Pb pullu sazan iç organ, mercan solungaç ve aynalı sazan kas dokusunda diğer balıklara göre yüksekti ($p<0,001$), tatlısu kefali iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük oranda tespit edilmiştir ($p<0,001$) (Şekil 4.42.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir ($p<0,001$).

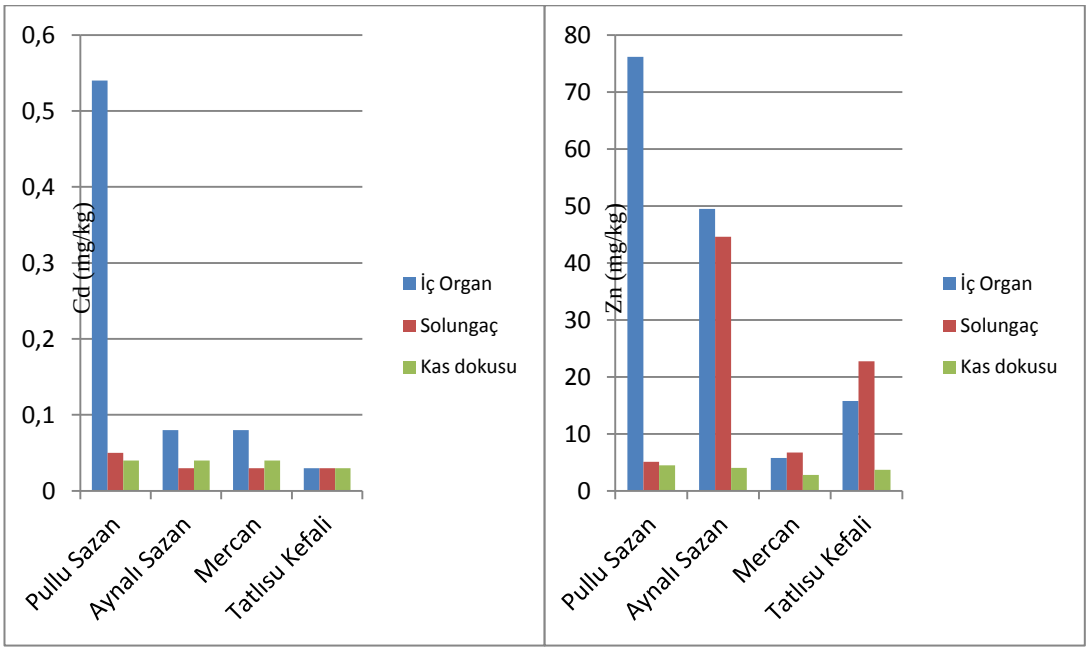
Cd pullu sazan iç organ, solungaç ve kas dokusu ile aynalı sazan ve mercan kas dokusundadiğer balıklara göre yüksek bulundu ($p<0,001$), tatlısu kefali iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer dokulardan düşük bulundu ($p<0,001$) (Şekil 4.43.). Pullu sazan iç organlarında kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Zn pullu sazan iç organ ve kas dokusu ile aynalı sazan solungaçlarında diğer balıklara göre yüksekti ($p<0,001$), mercan iç organ ve kas dokusu ile pullu sazan solungaçlarında diğer balıklara göre düşük bulundu ($p<0,001$) (Şekil 4.44.). Pullu sazan iç organlarında Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Kasım ayında pullu sazanların boy uzunluğu ve vücut ağırlığı diğer balıklardan daha yüksekti. Pb, Cd ve Zn düzeyleri pullu balıkların vücut ağırlığı ile daha yüksek korelasyon gösterdi (Pb için; Aynalı sazan; $r=0,337$; $p=0,003$; Pullu sazan; $r=0,377$; $p=0,001$; Mercan; $r=0,249$; $p=0,016$; Tatlısu kefali; $r=0,235$; $p=0,029$; Cd için; Aynalı sazan; $r= 0,338$; $p=0,001$; Pullu sazan; $r=0,387$; $p=0,001$; Mercan; $r=0,244$; $p=0,015$; Tatlısu kefali; $r=0,239$; $p=0,031$; Zn için; Aynalı sazan; $r=0,332$; $p=0,003$; Pullu sazan; $r=0,363$; $p=0,001$; Mercan; $r=0,261$; $p=0,011$; Tatlısu kefali; $r=0,256$; $p=0,021$), tatlı su kefalinde ise yılın en yüksek vücut ağırlığı düzeyi olup Cu düzeyleri ile gösterdiği korelasyon katsayısı diğer balıklarda saptanan korelasyon katsayısından yüksekti (Aynalı sazan; $r=0,289$; $p=0,004$; Pullu sazan; $r=0,276$; $p=0,007$; Mercan; $r=0,268$; $p=0,009$; Tatlısu kefali; $r=0,342$; $p=0,001$).



Şekil 4.41. Kasım ayı Cu ölçüm değerleri**Şekil 4.42.** Kasım ayı Pb ölçüm değerleri



Şekil 4.43. Kasım ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.44.** Kasım ayı Zn ölçüm değerleri

Pullu sazanda aralık ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,11±0,01; 0,13±0,01; 0,05±0,004; p<0,001), (0,09±0,01; 0,11±0,01; 0,12±0,01; p=0,006), (0,06±0,005; 0,07±0,01; 0,16±0,02; p<0,001), (7,65±0,73; 8,21±0,76; 60,21±5,98; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Cu düzeyi kas dokusu ve solungaçlarda yüksek, Pb düzeyi solungaç ve iç organlarda yüksek, Cd ve Zn düzeyinin ise iç organda daha yüksek olduğu saptandı.

Aynalı sazanda aralık ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,08±0,01; 0,11±0,01; 0,57±0,05; p<0,001), (0,16±0,02; 0,12±0,01; 0,11±0,01; p<0,001), (0,04±0,004; 0,03±0,003; 0,17±0,02; p<0,001), (10,53±1,23; 85,01±8,50; 53,92±4,97; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Cu ve Cd düzeylerinin iç organda yüksek, Pb düzeyinin kas dokusunda yüksek, Zn değerinin ise solungaçlarda daha yüksek oldukları saptandı.

Mercanda aralık ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,14±0,01; 0,40±0,04; 0,46±0,05; p<0,001), (0,07±0,01; 0,16±0,02; 0,11±0,011; p<0,001), (0,03±0,003; 0,02±0,002; 0,45±0,04; p<0,001), (1,75±0,15; 7,96±0,78; 5,73±0,51; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Cu düzeyi solungaç ve iç organda yüksek, Pb ve Zn düzeyi solungaçta yüksek, Cd düzeyinin ise iç organda daha yüksek olduğu saptandı.

Tatlısu kefalinde aralık ayında ölçülen Cu, Pb, Cd ve Zn düzeylerinin (mg/kg) sırası ile kas dokusu, solungaç ve iç organda (0,11±0,01; 0,19±0,02; 0,57±0,06; p<0,001), (0,02±0,002; 0,03±0,003; 0,03±0,003; p<0,001), (0,03±0,003; 0,04±0,004; 0,04±0,004; p=0,023), (2,09±0,21; 22,11±2,19; 22,28±2,12; p<0,001) farklılık gösterdiği saptandı. Cu düzeyi iç organda yüksek iken, diğer ağır metallerin solungaç ve iç organlarda yüksek olduğu saptandı.

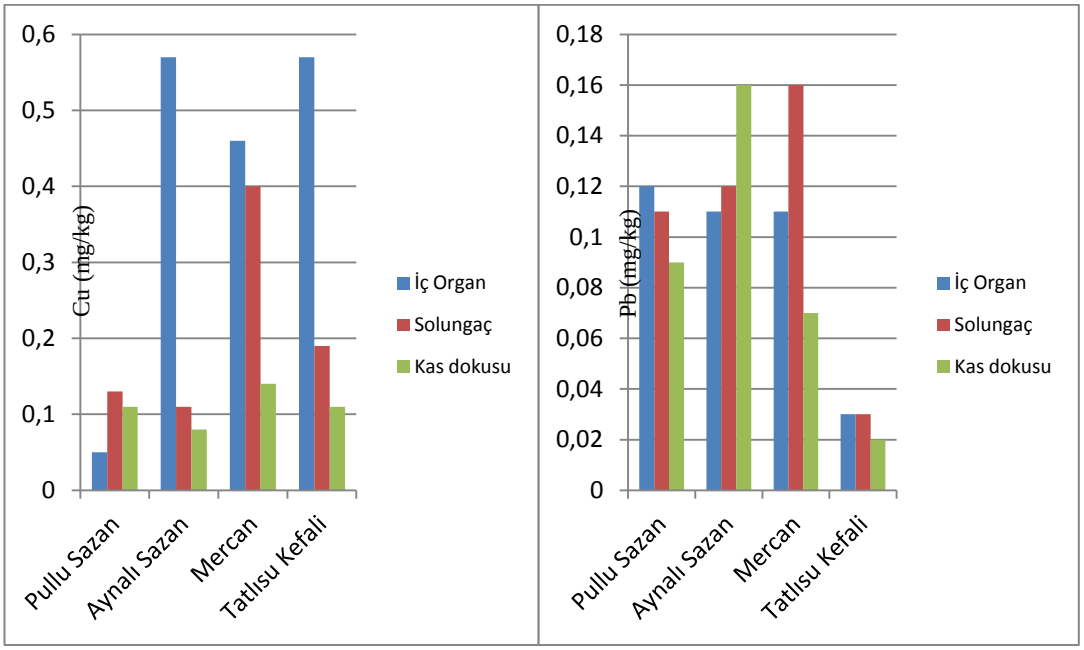
Aralık ayında Cu aynalı sazan ve tatlısu kefali iç organları ile mercan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksekti (p=0,015), pullu sazan iç organları ile aynalı sazan solungaç ve kas dokusunda diğer dokulardan düşük bulunmuştur (p<0,001)(Şekil 4.45.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir (p<0,001).

Pb pullu sazan iç organları, mercan solungaç ve aynalı sazan kas dokusundadiğer balıklara göre yüksekti ($p<0,001$), tatlısu kefali iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük oranda tespit edilmiştir ($p<0,001$)(Şekil 4.46.). Ancak hepsinde kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir ($p<0,001$).

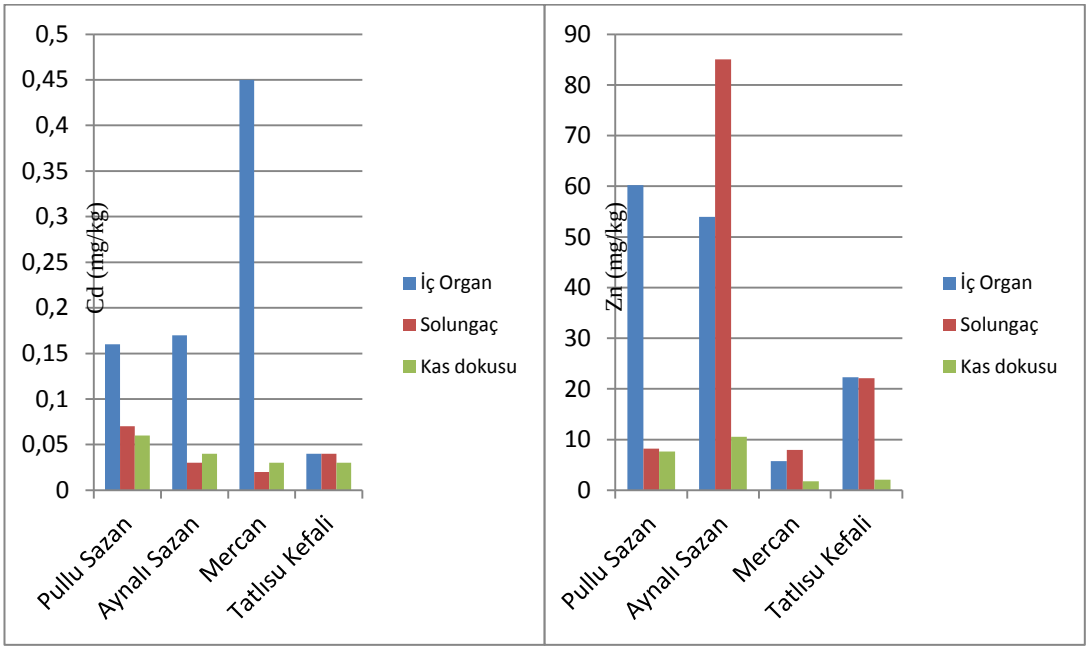
Cd mercan iç organları, pullu sazan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksek bulundu ($p<0,001$), tatlısu kefali iç organı, mercan solungaç ve kas dokusu ile tatlısu kefali kas dokusunda diğer balıklara göre düşük bulundu ($p<0,001$) (Şekil 4.47.). Pullu sazan, aynalı sazan ve mercan iç organlarında kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Zn pullu sazan iç organları ile aynalı sazan solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre yüksekti ($p=0,021$), mercan iç organ, solungaç ve kas dokusunda diğer balıklara göre düşük bulundu ($p=0,008$) (Şekil 4.48.). Aynalı sazan solungaç ve iç organları ile pullu sazan iç organlarında Zn kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Aralık ayında pullu sazanlarda vücut ağırlığı ve boy uzunluğu diğer balıklardan yüksek olup, Pb ve Zn düzeyleri ile saptanan korelasyon katsayısı diğer balıklarda saptanan korelasyon katsayısından yüksekti. Tatlı su kefalinde ise yılın en yüksek vücut ağırlığı saptandı ve Cu düzeyi ile gösterdiği korelasyonkatsayısı diğer balık türlerinden daha yüksekti. Cd düzeyi ise mercan balıklarında diğer balıklara kıyasla vücut ağırlığı ile daha yüksek korelasyon gösterdi.



Şekil 4.45. Aralık ayı Cu ölçüm değerleri**Şekil 4.46.** Aralık ayı Pb ölçüm değerleri



Şekil 4.47. Aralık ayı Cd ölçüm değerleri**Şekil 4.48.** Aralık ayı Zn ölçüm değerleri

Yaptığımız araştırmada, her ay özellikle iç organlarda Cd ve Zn birikiminin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.2. Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (Anonim, 2002)

Ağır Metal	Kabul edilebilir değer (mg/kg)
Zn	50
Cd	0,1
Pb	1,0
Cu	20

Gelingülü Baraj Gölü su numuneleri ocak ve eylül aylarında alınarak analiz edildi. Eylül ayına ait ölçümlerde Zn ve Pb düzeylerinde ocak ayına kıyasla artış gözlemlendi, Cd ve Cu düzeylerinde ise ocak ayına kıyasla azalış saptandı (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Gelingülü Barajı Su Numuneleri Ocak ve Eylül Sonuçları

Ağır Metal	**Gelingüllü Baraj Gölü Ölçümleri (mg/kg)**		P
	Ocak	**Eylül**	
Zn	**0,091**	**0,119**	**<0,001***
Cd	**0,090**	**0,060**	**<0,001***
Pb	**0,854**	**0,963**	**<0,001***
Cu	**0,233**	**0,187**	**<0,001***
*p<0,05 istatistiksel anlamlılık göstermektedir.			

Çizelge 4.4. Aynalı sazan, Pullu sazan, Mercan ve Tatlısu kefali türlerinin solungaçlarında belirlenen ağır metal düzeyleri (mg/kg, kuru ağırlık)

	Cu				Pb				Cd				Zn			
Aylar	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**
Ocak	0,16±0,002	0,15±0,01	0,41±0,04	0,36±0,04	0,34±0,03	0,23±0,02	0,41±0,04	0,06±0,005	0,04±0,004	0,04±0,004	0,02±0,002	0,04±0,004	4,26±0,41	54,79 ±4,54	7,61±0,76	15,91±1,45
Şubat	0,11±0,01	0,12±0,01	0,16±0,02	0,43±0,04	0,13±0,01	0,08±0,01	0,16±0,02	0,03±0,003	0,06±0,01	0,02±0,002	0,01±0,001	0,05±0,005	2,79±0,26	69,63±6,56	3,28±0,31	15,92±1,51
Mart	0,12±0,01	0,10±0,01	-	-	0,12±0,01	0,10±0,01	-	-	0,04±0,004	0,03±0,003	-	-	4,84±0,45	42,66±4,12	-	-
Nisan	0,13±0,01	0,14±0,01	0,49±0,05	0,09±0,01	0,12±0,01	0,11±0,01	0,14±0,02	0,05±0,005	0,01±0,001	0,05±0,005	0,01±0,001	0,02±0,002	2,74±0,21	36,68±3,23	8,08±0,78	11,23±1,11
Mayıs	0,12±0,01	0,15±0,01	0,53±0,05	0,24±0,02	0,07±0,01	0,19±0,02	0,26±0,02	0,04±0,004	0,03±0,002	0,02±0,002	0,02±0,002	0,03±0,003	3,14±0,30	73,85±7,23	9,36±0,92	25,36±2,32
Haziran	0,15±0,02	0,16±0,01	0,20±0,02	0,23±0,02	0,08±0,01	0,40±0,04	0,24±0,02	0,05±0,005	0,05±0,004	0,04±0,003	0,02±0,002	0,03±0,003	2,18±0,20	86,96±7,98	6,08±0,56	13,15±1,23
Temmuz	0,14±0,01	0,16±0,01	0,55±0,05	0,10±0,01	0,11±0,01	0,20±0,02	0,10±0,01	0,03±0,003	0,05±0,004	0,05±0,004	0,02±0,002	0,03±0,003	3,43±0,24	96,03±9,35	10,28±0,10	11,45±1,35
Ağustos	-	0,11±0,01	0,43±0,04	0,30±0,03	-	0,13±0,01	0,17±0,02	0,05±0,005	-	0,03±0,003	0,03±0,003	0,03±0,003	-	37,16±3,43	8,49±0,82	29,46±2,54
Eylül	0,13±0,01	0,10±0,01	0,23±0,02	0,16±0,02	0,12±0,01	0,17±0,02	0,20±0,02	0,04±0,004	0,10±0,01	0,06±0,005	0,02±0,002	0,02±0,002	1,04±0,10	99,88±9,45	6,28±0,61	18,26±1,56
Ekim	0,11±0,01	0,11±0,01	0,44±0,04	0,16±0,02	0,07±0,01	0,11±0,01	0,21±0,02	0,04±0,004	0,09±0,01	0,04±0,004	0,03±0,003	0,03±0,003	1,01±0,10	74,79±6,95	8,78±0,83	10,7±1,00
Kasım	0,14±0,01	0,10±0,01	0,52±0,05	0,16±0,02	0,16±0,02	0,25±0,02	0,27±0,03	0,07±0,006	0,05±0,01	0,03±0,003	0,03±0,003	0,03±0,003	5,09±0,45	44,56±4,42	6,72±0,65	22,72±2,12
Aralık	0,13±0,01	0,11±0,01	0,40±0,04	0,19±0,02	0,11±0,01	0,12±0,01	0,16±0,02	0,03±0,003	0,07±0,01	0,03±0,003	0,02±0,002	0,04±0,004	8,21±0,76	85,01±8,50	7,96±0,78	22,11±2,19

Çizelge 4.5. Aynalı sazan, Pullu sazan, Mercan ve Tatlısu kefali türlerinin visseral organlarında belirlenen ağır metal düzeyleri (mg/kg, kuru ağırlık)

	Cu				Pb				Cd				Zn			
Aylar	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**
Ocak	0,03±0,03	0,58±0,05	0,55±0,05	0,55±0,05	0,08±0,01	0,13±0,01	0,20±0,02	0,22±0,02	0,24±0,02	0,17±0,01	0,04±0,004	0,08±0,01	28,14±2,54	75,33±7,12	14,59±1,34	17,96±1,34
Şubat	0,56±0,06	0,58±0,05	0,56±0,05	0,53±0,05	0,60±0,04	0,12±0,01	0,10±0,01	0,21±0,02	0,37±0,03	0,13±0,01	0,02±0,002	0,05±0,01	83,06±7,94	72,1±6,98	10,61±1,00	23,75±2,12
Mart	0,47±0,03	0,20±0,02	-	-	0,09±0,01	0,08±0,01	-	-	0,18±0,02	0,08±0,01	-	-	68,47±6,71	17,65±1,54	-	-
Nisan	0,53±0,05	0,57±0,05	0,56±0,05	0, 50±0,05	0,11±0,01	0,18±0,02	0,10±0,01	0,01±0,001	0,04±0,002	0,10±0,01	0,02±0,002	0,03±0,003	91,07±9,34	26,14±2,43	10,09±1,00	13,79±1,11
Mayıs	0,50±0,02	0,42±0,04	0,51±0,05	0,47±0,05	0,16±0,02	0,08±0,01	0,15±0,01	0,05±0,005	0,05±0,004	0,10±0,01	0,03±0,003	0,07±0,005	68,17±5,85	16,07±1,21	4,97±0,38	11,13±1,00
Haziran	0,57±0,06	0,54±0,05	0,46±0,04	0,50±0,05	0,13±0,01	0,27±0,02	0,29±0,03	0,04±0,004	0,15±0,02	0,58±0,05	0,05±0,005	0,03±0,003	86,75±8,31	56,84±4,68	4,81±0,41	19,82±1,87
Temmuz	0,41±0,04	0,55±0,05	0,42±0,04	0,42±0,04	0,11±0,01	0,12±0,01	0,20±0,02	0,01±0,001	0,05±0,004	0,22±0,02	0,18±0,01	0,04±0,004	72,1±6,86	81,27±7,98	4,77±0,45	15,31±1,45
Ağustos	0,51±0,04	0,57±0,06	0,03±0,003	0,59±0,06	0,25±0,02	0,13±0,01	0,24±0,02	0,04±0,004	0,05±0,005	0,15±0,01	0,27±0,03	0,07±0,006	96,62±8,92	46,98±4,65	8,27±0,84	18,48±1,67
Eylül	0,53±0,05	0,59±0,06	0,03±0,003	0,46±0,05	0,13±0,01	0,12±0,01	0,09±0,01	0,03±0,003	0,30±0,03	0,26±0,02	0,03±0,003	0,06±0,005	25,97±2,63	37,67±3,12	13,24±1,23	27,39±2,35
Ekim	0,04±0,003	0,51±0,05	0,49±0,05	0,11±0,01	1,59±0,02	0,11±0,01	0,40±0,04	0,01±0,001	0,10±0,01	0,10±0,01	0,07±0,01	0,04±0,004	12,57±1,11	50,1±4,68	8,96±0,78	26,01±2,13
Kasım	0,51±0,05	0,44±0,04	0,11±0,01	0,55±0,05	0,16±0,02	0,09±0,01	0,12±0,01	0,01±0,001	0,54±0,04	0,08±0,01	0,08±0,01	0,03±0,003	76,18±7,44	49,48±4,34	5,78±0,55	15,76±1,16
Aralık	0,05±0,004	0,57±0,05	0,46±0,05	0,57±0,06	0,12±0,01	0,11±0,01	0,11±0,01	0,03±0,003	0,16±0,02	0,17±0,02	0,45±0,04	0,04±0,004	60,21±5,98	53,92±4,97	5,73±0,51	22,28±2,12

Çizelge 4.6. Aynalı sazan, Pullu sazan, Mercan ve Tatlısu kefali türlerinin kas dokularında belirlenen ağır metal düzeyleri (mg/kg, kuru ağırlık)

	Cu				Pb				Cd				Zn			
Aylar	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**	**Pullu**	**Aynalı**	**Mercan**	**Kefal**
Ocak	0,09±0,01	0,10±0,01	0,13±0,01	0,19±0,02	0,08±0,01	0,11±0,01	0,15±0,01	0,13±0,01	0,03±0,003	0,04±0,004	0,02±0,002	0,03±0,003	7,26±0,62	6,03±0,58	9,67±0,94	18,92±1,78
Şubat	0,08±0,01	0,09±0,01	0,24±0,02	0,13±0,01	0,10±0,01	0,10±0,01	0,17±0,02	0,08±0,01	0,05±0,005	0,03±0,003	0,05±0,005	0,02±0,002	7,32±0,69	5,64±0,51	4,09±0,38	8,42±0,82
Mart	0,02±0,002	0,08±0,01	-	-	0,1±0,01	0,09±0,01	-	-	0,08±0,01	0,03±0,003	-	-	1,95±0,20	2,67±0,24	-	-
Nisan	0,07±0,01	0,06±0,01	0,20±0,02	0,09±0,01	0,11±0,01	0,08±0,01	0,22±0,02	0,03±0,003	0,03±0,003	0,02±0,002	0,06±0,006	0,02±0,002	10,18±1,11	7,03±0,69	8,36±0,81	1,59±0,15
Mayıs	0,10±0,01	0,06±0,01	0,19±0,02	0,12±0,01	0,10±0,01	0,10±0,01	0,08±0,01	0,05±0,005	0,03±0,003	0,03±0,003	0,04±0,004	0,02±0,002	12,73±1,18	7,09±0,66	1,75±0,14	7,07±0,68
Haziran	0,07±0,01	0,07±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01	0,10±0,01	0,08±0,01	0,06±0,01	0,02±0,002	0,04±0,003	0,03±0,003	0,04±0,004	0,04±0,004	3,35±0,32	9,10±0,89	16,70±1,45	2,63±0,23
Temmuz	0,08±0,01	0,06±0,01	0,14±0,01	0,54±0,05	0,13±0,01	0,08±0,01	0,19±0,02	0,06±0,005	0,05±0,004	0,06±0,005	0,03±0,003	0,03±0,003	1,83±0,17	7,99±0,76	18,73±1,63	16,07±1,45
Ağustos	0,06±0,01	0,09±0,01	0,12±0,01	0,16±0,01	0,10±0,01	0,09±0,01	0,08±0,01	0,03±0,003	0,03±0,003	0.06±0,005	0,02±0,002	0,03±0,003	1,19±0,12	5,25±0,51	2,01±0,20	1,69±0,16
Eylül	0,12±0,01	0,07±0,01	0,12±0,01	0,09±0,01	0,08±0,01	0,06±0,01	0,12±0,01	0,03±0,003	0,04±0,003	0,04±0,004	0,04±0,004	0,03±0,003	2,92±0,25	3,66±0,35	1,83±0,18	1,60± 0,15
Ekim	0,11±0,01	0,05±0,01	0,17±0,02	0,10±0,01	0,09±0,01	0,01±0,01	0,09±0,01	0,03±0,003	0,05±0,005	0,05±0,004	0,04±0,004	0,02±0,002	3,36±0,30	7,73±0,75	3,23±0,32	1,76±0,17
Kasım	0,09±0,01	0,09±0,01	0,15±0,01	0,20±0,02	0,10±0,01	0,16±0,02	0,10±0,01	0,03±0,003	0,04±0,004	0,04±0,004	0,04±0,004	0,03±0,003	4,46±0,38	4,06±0,40	2,78±0,26	3,72±0,34
Aralık	0,11±0,01	0,08±0,01	0,14±0,01	0,11±0,01	0,09±0,01	0,16±0,02	0,07±0,001	0,02±0,002	0,06±0,005	0,04±0,004	0,03±0,003	0,03±0,003	7,65±0,73	10,53±1,23	1,75±0,15	2,09±0,21

4.2. TARTIŞMA

2013 yılı Ocak-Aralık ayları arasında yapılan bu çalışmamızda İç Anadolu Bölgesi Yozgat ilinde yer alan Gelingüllü Baraj Gölü'nden alınan *Leuciscus cephalus, Cyprinus carpio, Pagellus erythrinus* türlerinin iç organ, solungaç ve kas dokusunda toksik etkiye sahip Cu, Zn, Pb, Cd gibi ağır metallerin konsantrasyonları ve bunların aylık değişimleri araştırılmıştır.

Son yıllarda Türkiye kıyılarında sucul canlılarda ağır metal düzeylerini belirleyen pek çok çalışma göze çarpmaktadır.

Suicmez, ve ark. (2006), yapmış oldukları çalışmada *Oncorhynchus mykiss*' in karaciğer ve solungaçları üzerinde Pb'nin toksik etkilerini incelemiş, karaciğer ve solungaçlarda kontrol grubuna kıyasla yüksek metal konsantrasyonlarına rastlamış, doku ve organlar arasındaki kurşun birikiminin birbiriyle ilişkili olduğunugöstermişlerdir.Cicik ve ark. (2004), yapmış oldukları çalışmada kurşun birikimi böbrek>solungaç>karaciğer>dalak>kas olarak belirtmişlerdir. Mormede ve Davies (2001), tarafından yapılan çalışmada ortanca kurşun seviyesi kas dokusunda 0,002'den 0,027mg/kg, solungaçlarda 0,012'den 0,093 mg/kg ve karaciğerde 0,026'dan 0,048 mg/kg belirtilmiştir.Yaptığımız çalışmada ise Pb birikiminin yıl boyu iç organlarda 0,01-0,09 mg/kg, solungaçlarda 0,03-0,1 mg/kg, kas dokusunda 0,01-0,08 mg/kg aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Karadede ve Ünlü, (2000), Atatürk Baraj Gölü'nde su, sediment ve balık türlerinde bazı ağır metal oranlarını tespit etmişlerdir. Çalışmada, araştırılan ağır metallerin suda yoğun olarak bulunmadığı, sediment ile balık doku ve organlarında kabul edilebilir sınır değerlerin altında olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda ise Gelingüllü Baraj Gölü'nden aldığımız balık numunelerindeki Cd, Zn ve Pb bazı aylarda normal değerin üzerinde, bazı aylarda ise normal değerin altında bulunmuştur. Cu değeri ise tüm aylarda ve tüm dokularda kabul edilebilir değerin altında tespit edilmiştir.

Öztürk ve Bal, (1995), Kızılırmak üzerinde kurulu olan Altınkaya Baraj Gölü'ndeki sazan (Cyprinus carpio) örneklerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularında ağır metallerin birikim düzeylerinin belirlendiği araştırmada, kasta Zn miktarı 16,98

mg/kg şeklinde belirlenmiştir.Gerek Cu gerekse Zn için farklı dokulardaki birikim miktarları çokluk sırasına göre; karaciğer, solungaç, kas şeklinde bulunmuştur.Benzer şekilde Sekhar ve ark., (2003), Hindistan'da bulunan Kolleru Gölü'ndeki balık örneklerinde yaptıkları çalımalarında en düşük Cd ve Cu konsantrasyonlarının kasta, en yükseklerinin ise karaciğer ve solungaçta çıktığını rapor etmiştir. Solungaç, karaciğer ve kasta ortalama değerler (mg/kg kuru ağırlık) Cd için 0,41-0,26-0,19 Cu için 96-70-38 olarak tespit etmişlerdir.Gelingüllü Baraj Gölü'nde yapmış olduğumuz çalışmalardaki analizlere bakıldığında ağır metal birikimleri miktarları çokluk sırasına göre genel olarak; iç organ, solungaç, kas dokusu şeklinde bulunmuş ve literatür ile paralelik göstermiştir.

Farkas ve ark.,(2000), Macaristan'daki Balaton Gölü'nde yaşayan yılanbalığı, çapak balığı, turna balığı ve tatlısu levreğinin kas, solungaç ve karaciğerinde Cd, Cu, Pb, Hg ve Zn seviyelerini belirlemişlerdir. Balık dokularındaki toksik metallerin, çapak balığında Cd hariç, insan tüketimi için belirlenen limitlerin altında olduğunu tespit etmişlerdir. Cd, Cu, Pb, Hg ve Zn seviyelerini türler arasında karşılaştırdıklarında en yüksek yılanbalığı ve çapak balığının karaciğer ve solungaçlarında birikim olduğunu bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada ise Cd birikiminin yanısıra Zn birikiminin her ay özellikle balıkların iç organlarında belirlenen limitlerin üzerinde olduğu; ocak, şubat, haziran ve ekim aylarında ise Pb birikiminin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışmalar Farkas ve ark.' nın çalışmalarıyla paralellik göstermiştir.

Yazkan ve ark. (2002), Antalya Körfezi'nde 2000 yılı ocak, şubat ve mart aylarında avladıkları balık türlerinin *(Mullus barbatus , Mugil cephalus , Tracharus tracharus , Pagellus acarne , Dicentrarch labrax , Sparus auratus , Sardina aurita , Boops boops , Scomber japonicus ve Solea solea)* kas ve karaciğer dokularında Cu, Zn, Pb ve Cd içeriklerini belirlemişlerdir. Çalışmaları sonucunda balıkların kas dokularında Cu ve Zn'nin sırası ile 0,51-3,66 mg/kg ve 3,17-11,36 mg/kg, karaciğerde ise 0,83-4,44 mg/kg ve 3,97-15,14 mg/kg, balık örneklerinin kas dokusunda Pb ve Cd sırası ile 0,00-2,05 mg/kg ve 3,97-15,14 mg/kg, karaciğer dokusunda ise 0,00-2,25 mg/kg ve 0,03-0,15 mg/kg değerleri arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.Gelingüllü Baraj Gölü'nde yaptığımız çalışmada ise Cu, Pb, Cd ve Zn sırasıyla kas dokusunda

0,02-0,54 mg/kg, 0,01-0,22 mg/kg, 0,02-0,03 mg/kg, 1,19-18,92 mg/kg, solungaçlarda 0,09-0,55 mg/kg, 0,03-0,41 mg/kg, 0,01-0,1 mg/kg, 1,01-99,88 mg/kg, iç organlarda 0,03-0,59 mg/kg, 0,01-1,59 mg/kg, 0,02-0,58 mg/kg, 4,77-96,62 mg/kg aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Yaptığımız araştırmada, her ay özellikle iç organlarda Cd ve Zn birikiminin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedenin Gelingüllü Baraj Gölü çevresinde tarım arazilerinde verimi artırmak için kullanılan yüksek miktarda Cd, Pb, Ni ve As içeren DAP yüksek fosforlu yapay gübre ve yabani otları temizlemek için kullanılan Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Fe, Mn ve Hg gibi son derece tehlikeli atıklar bırakan herbisit adı verilen kimyasal ilaç olduğu düşünülmektedir.

Cicik (2003), bakır ve çinko etkileşiminde *Cyprinus carpio* L.'nin karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki çinko birikiminden sonra en yüksek birikimin bakırdaolduğunu ve çinko birikiminin en çok karaciğerde olduğunu, en düşük çinko birikiminin ise kas dokusunda olduğunu belirtmiştir. Karışıma maruz bırakılan doku ve organlardaki bakır ve çinko birikimi, metallerin ayrı ayrı belirlenen birikiminden düşük olmuştur. Gelingüllü Baraj Gölü'nden aldığımız örneklerden tatlısu kefali ve aynalı sazan örneklerinde tespit edilen Cu ve Zn değerleri iç organ ve solungaç dokusunda kas dokusuna göre yüksek bulunmuş ve yapılan çalışma ile paralellik göstermiştir. Pullu sazan ve mercan türlerinde Cu değerleri yapılan çalışmaya paralel olarak iç organ ve solungaçlarda yüksek kas dokusunda düşük bulunmuş fakat Zn iç organ ve kas dokusunda solungaç dokusuna göre yüksek tespit edilmiştir.

Doğan (2004), Hatay'daki dört tatlısu kaynağından (Asi Nehri, Yenişehir Gölü, Kırıkhan Gölbaşı Gölü ve Tahta Köprü Barajı) aldığı suda ve *Carasobarbus luteus* H., 1843'un kas, karaciğer, solungaç ve deri dokusunda ağır metal düzeylerini incelemiştir. *Carasobarbus luteus*'un ağır metal konsantrasyonlarının organlara göre ortalama değerlerinin değişken olduğunu gözlemiştir. Yaptığımız çalışma ile paralellik gösteren bu çalışmada genel olarak karaciğer ve solungacın, kas dokudan daha yüksek metal birikimi gösterdiği ve kastaki birikimlerin su ürünleri için belirlenen tüketilebilirlik sınırlarının altında olduğu belirlendi.

Özdemir vd. (2010), Geyik Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio* ve *Carassius carassius*'dakiağır metal birikimlerini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada su, sediment ve tüm balık dokularında ağır metal birikimlerini yüksek bulmuşlardır. Suda ise Cu kış mevsiminde, Fe yaz mevsiminde yüksek, Co ise tüm mevsimlerde düşük tespit edilmiştir. Sedimentteki ölçümde Fe'i yaz ve kış mevsimlerinde yüksek iken Cd ve Pb'u yaz mevsiminde, Co ve Cu'ı kış mevsiminde düşük olarak tespit etmişlerdir. Balıkların kas dokusunda biriken ağır metalin karaciğer ve solungaç dokusundanyüksek olduğunu belirlemişlerdir. Ancak bizim Gelingüllü Baraj Gölü'nde yapmış olduğumuz çalışmada bulunan değerlerin aksine kas dokusunda birikimin en az olduğu tespit edilmiştir.

Gelingüllü Baraj Gölü'nde yapmış olduğumuz çalışmada ise Cu incelenen türlerde (*Leuciscus cephalus, Cyprinus carpio, Pagellus erythrinus*) tüm aylarda iç organlarda diğer dokulardan yüksek bulunmuştur. On iki ay boyunca yapılan çalışmada tespit edilen en yüksek değerler; aynalı sazan, pullu sazan, mercan ve tatlısu kefalinde iç organlar, solungaçlar ve kaslarda sırasıyla 0,59; 0,16;0,1/0,57; 0,16; 0,12/0,56; 0,55; 0,24/0,59; 0,43; 0,54 mg/kg olarak bulunmuştur ve tüm dokularda kabul edilebilir değerde tespit edilmiştir.

Zn aynalı sazan ve tatlısu kefalinde solungaçlarda, pullu sazanda iç organ ve mercanda kas dokusunda diğer dokulara göre yüksek bulunmuştur. Buna göre; aynalı sazan, pullu sazan, mercan ve tatlısu kefalinde iç organlar, solungaçlar ve kaslarda sırasıyla 81,27; 99,88;10,53/96,62; 8,21; 12,73/13,24; 10,28;18,73/27,36; 29,46; 18,92 mg/kg olarak bulunmuştur.

Pb aynalı sazan, pullu sazan ve tatlısu kefalinde iç organlarda diğer dokulardan yüksek bulunmasına rağmen mercan da solungaçlarda yüksek bulunmuştur. Buna göre; aynalı sazan, pullu sazan, mercan ve tatlısu kefalinde iç organ solungaç ve kaslarda sırasıyla 0,27; 0,25; 0,16/1,59; 0,34; 0,13/0,29; 0,41; 0,22/0,22; 0,07; 0,13 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Cd ise tüm türlerde iç organlarda diğer dokulardan yüksek bulunmuştur. Buna göre; aynalı sazan, pullu sazan, mercan ve tatlısu kefalinde iç organ solungaç ve kaslarda sırasıyla 0,58; 0,06;0,06/0,54; 0,1; 0,08/0,45; 0,03; 0,06/0,08; 0,05; 0,04 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Ocak ve şubat aylarında kış şartları mevsim normalinin dışında yaşanmış ve don olayı gözlenmemiştir. Güneşle birlikte eriyen buz sulara karışmış ve yaz aylarında tarım için kullanılan, yüksek oranda Cd ve Zn ihtiva eden yapay fosfatlı gübre ve ilaçları beraberinde getirerek suda birikime neden olmuştur. Özellikle iç organ ve solungaçlarda kabul edilebilir değerin üzerinde bulunan kadmiyumun yapılan çalışmalarda balıklarda, aktif iyon taşıma sistemini bloke ederek, membran geçirgenliğini etkilediği ve iyon dengesini değiştirdiği (Rombough ve Garside, 1984), solungaç lamelleri epitelinde erime, hipertropi ve kılcal damarlarda tıkanma gibi solungaç yapısında patolojik değişikliklere, ayrıca mukus salınımını arttırarak doku düzeyinde hipoksiya'ya (Matei ve ark., 1993), glikoneogenik enzimlerle proteazların aktivitesini etkileyerek karbonhidrat ve protein metabolizmasında değişikliklere neden olduğu bilinmektedir (Hilmy ve ark., 1985). Ayrıca eşeysel olgunlaşmayı engellediği (Hatekeyama ve Yasuno, 1987), embriyo ve larva gelişimini yavaşlattığı (Levesque ve ark., 2002), karaciğer, testis, beyin ve sinir sisteminde patolojik değişikliklerle iskelette deformasyonlara neden olduğu saptanmıştır (Novelli ve ark., 1999).

Balıklarda ağır metal gibi toksik maddelerin atılım, depolama ve detoksifikasyon mekanizmaları, alınımı karşılamadığı durumlarda ağır metallerin doku ve organlarda birikimine neden olmaktadır. Balıklarda ağır metal birikimi doku ve organlar arasında farklılık göstermektedir. Ağır metaller, subletal ortam derişimlerinde etki süresinin başlangıcında öncelikle solungaç dokusunda birikmektedir (Flos ve ark. 1987). Ocak ve haziran ayında solungaçlarda kabul edilebilir değerin üzerinde tespit edilen kurşunun mukus salınımını artırdığı, buna bağlı olarak da solungaç dokusundaki kurşun derişiminin artış gösterdiği düşünülmektedir.

4.3. SONUÇLAR

Gelingüllü Baraj Gölü etrafındaki birçok tarım arazisi, bu Baraj Gölü'ne bağlı pancar ve hububat ekim sahalarından geçen Karasu ve Eğriöz dereleri, etrafta bulunan birçok yerleşim yeri ve karayolunun varlığı burada bulunan suyun hem biyotik hem de abiyotik bileşenleri üzerinde önemli sonuçlar meydana getirmektedir. Gelingüllü Baraj Gölü'nde 2013 Ocak-2013 Aralık tarihleri arasında aylık periyotlarla yapılan çalışmamızda elde edilen veriler kirlilik olan ayları açıkça ortaya koymuştur.

Leuciscus cephalus, Cyprinus carpio, Pagellus erythrinus türlerinin iç organ, solungaç ve kas dokusunda toksik etkiye sahip Cu, Zn, Pb, Cd gibi ağır metallerin konsantrasyonları incelendiğinde en fazla birikimin Zn ve Cd olduğu her ay özellikle iç organlarda kabul edilebilir değerin üzerinde analiz sonuçlarına rastlandığı gözlemlenmiştir. Bu bölgelerde özellikle çinko açısından zengin gübreler kullanılmasından dolayı suya karışan ağır metallerin balıklarda birikime neden olduğu düşünülmektedir.

Birçok çalışmada balıkların çeşitli dokularında yapılan ölçümler en yüksek metal birikiminin karaciğer ve solungaçta olduğu, en düşük birikimin ise kas dokusunda olduğunuortaya koymuştur (Karadede ve Ünlü, 2000; Cicik, 2003; Erdem ve Kargın, 1992; Ünlü ve Gümgüm, 1993; Canlı vd., 1998; Gümgüm vd., 2001; Ciminli, 2005; Özkurt, 2000; Köse, 2007; Köse ve Uysal, 2008; Alam vd. 2002; Yılmaz ve Doğan, 2007; Fidan vd. 2008; Tekin-Özan ve Kır, 2008; Türkoğlu, 2008; Alhas vd. 2009). Gelingüllü Barajı'nda elde ettiğimiz bulgularda metal birikiminin organlara ve metalin çeşidine göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. İç organ ve solungaçta kas dokuya göre daha yüksek metal birikimi görülmüştür.

Balıklarda ağır metal birikimi, doku ve organlar arasında ayrım göstermekle birlikte genellikle metabolik bakımdan aktif doku ve organlarda yüksek derişimlerde meydana gelmektedir (Amiard ve ark. 1987). Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki sazanın bazı doku ve organlarında yapılan ağır metal analizleri sonucunda; Fe ve Zn her mevsimde bütün dokularda, Cu sadece İlkbahar-2009'da karaciğerde, Pb sadece İlkbahar-2009'da karaciğer ve solungaçta tespit edilmiştir (Kır ve Tumantozlu,

2012). Metallerin iç organlarda yüksek çıkmasının sebebi karaciğerin metabolik olarak aktif organ olmasıdır. Karaciğer diğer bazı besinlerde (yağ, karbonhidrat, vitamin vd.) olduğu gibi toksik ve toksik olmayan metalleri de biriktirme kabiliyetine sahiptir. Bu nedenle vücuda zarar verecek birçok maddeyi alıkoyma özelliği bulunmaktadır. Solungaçlarda yüksek oluşunun sebebi ise solungaçların su ve sediment ile doğrudan temas halinde olmasından kaynaklanmış olabilir. Metallerin genel olarak kas dokusunda az tespit edilmesibu dokunun aktif doku olmamasından kaynaklanabilir.

Esenli Kasabası sınırları içerisinde sulama amaçlı kurulan Gelingüllü Baraj Gölü Karasu ve Eğriöz dereleri ile gelen sanayi atıkları, evsel atıklar ve zirai mücadelede kullanılan tarım ilaçlarının karışması sonucu kirlenmektedir. Kirlenmenin önlenebilmesi özellikle baraj gölü ve onu besleyen akarsu üzerinde bulunan ticari faaliyetin denetime tabi tutulması ile sağlanabilir. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan zirai ilaç ve kimyasal gübrelerin göle sızmasının engellenmesi, göl suyunun metal kirliliğini arttırabilecek olası etmenlere karşı önlemlerin alınması ve düzenli olarak kontrollerinin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Aaseth, J. and Norseth, T.,1986. "Copper", in Friberg, L., Nordberg, G.F. and Vouk, V. (Eds.), Handbook on the Toxicology of Metals , 2nd ed., Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 233.

Adams, W.J., Kimerle, R.A., Barnett, J.W., 1992. Sediment Quality and Aquatic Life Assessment. Environ. Sci. Technol., 26: 1865-1875.

Ağacasulu, Ö., 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda yasayan *Capoeta Tinca* (Heckel, 1843)'nın dokularında ağır metal birikiminin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 43s.

Aksoy, M.,2000. Beslenme Biyokimyası, Hatipoglu Yayınevi, Ankara, 554-561.

Aksun, F.Y., 1986.Karamık Gölü'nde yaşayan turna balıklarında (*Esox lucius* L,1758) ağır metal birikimi, VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi-İzmir, 2, 454-461 s.

Alekseev, F.E., 1982. Hermaphroditism in Sparid Fishes Perciformes, Sparidae: I. Protogyny in Porgies, Pagrus pagrus , P. orphus , P. ehrenbergi , and P. auriga, from West Africa. J. Ichthyol., 22: 85–94.

Amiard, J.C., Amiard-Triquet C., Metayer C., 1987. Comparative Study of the Patterns of Bioaccumulation, Toxicity and Regulation of some Metals in Various Estuarine and Coastal Organisms. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 106, 73-89.

Amundsen, P., Staldvik, F.J., Lukin, A.A., Kashulin, N.A., Popova, O.A., reshetnikov, Y.S., 1997. Heavy Metal Contamination in Freshwater Fish from the Borner Region Between Norway and Russia. The Science of the Total Environmental, 201, 211-224.

Anonymous, 2001. ATSDR, Agency for Toxic Substnces and Disease Registry,Toxicological Profile for Copper, Cadmium, Chromium, Lead. Atlanta,Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Anonim, 2002. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Ankara, 2002. Su ürünleri kanunu ve su ürünleri yönetmeliği, 63-78 s.

Anonim, 2007. Manisa İl Çevre ve Orman Müdürlüğü. http://www.manisacevreorman.gov.tr/su.htm.

Atsdr, 2003. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html.

Başgel, S., 2005. Çeşitli Şifalı Bitkilerde Eser Element Ve Bazı Önemli Polifenollerin Tayini. (Yüksek lisans tezi), İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Malatya.

Bat, L., Gündoğdu, A. ve Öztürk M., 1999. Ağır metaller, S.D.Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 6, 166-175 s.

Belce, A.,2002. Mineraller, In '' İnsan Biyokimyası'' Ed. By Onat T., Emerk K. ve Sözmen E.Y., 529-537, Palme Yayıncılık, Ankara.

Bryan, G., 1976. "Heavy metal contamination in the sea in" R.Johnston Mar. Poll. Academic Press mc. London, 185-302.

Boguist, L., 1969. "Effects of the endocrine pancreas in Chinese hamsters fed zinc deficient diets ", Acta. Pathol. and Microbiol. Sci. 76: 215-228.

Canlı, Ö., Kalay A.M., 1998. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of Cyprinus carpi o, Barbus capitoand Chondrostoma regiumfrom the Seyhan River, Turkey Turk. J. Zool., 22, 149-158.

Cartwrıght, C.E., 1977. "Harrison's principles of international medicine", Mc Graw-Hill Kogakuska Publishers , Tokyo, 65.

Cicik, B., 2003. "Bakır-Çinko Etkile şiminin Sazan (*Cyprinus carpio*)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri", Ekoloji Çevre Dergisi Cilt 12, Sayı 48:32-36.

Cicik, B. ve ark. 2004. "Effects of lead and cadmium ineraction on the metal accumulation in tissue and organs of the Nile Tilapia (Oreochromis niloticus). Bull Environ Contam Toxicol 72:141-148

Clark, R.B., 1992. Marine pollution. Third edition, Clarendon Press, p. 64-82.

Cohen, J., 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.) Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Cook, M.E. and Morrow, H., 1995. Anthropogenic Sources of Cadmium inCanada: National Workshop on Cadmium Transport into Plants. Canadian Network of Toxicology Centres, 20-21, 165-183.

Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E. ve Okumuş, İ., 1999. Türkiye su ürünleri sektörü, İstanbul Ticaret Odası yayınları, Yayın no:1999-2, 414 s.

Danielson, K., Ohı, S., and Huang, P., 1982. Immunochemical Detection of Metallothionein in Specific Eithelial Cells of Rat Organs. Proceedings of National Academy of Sciences, 79:2301-2304.

Demirci, Z., 2010. Karadeniz'de Avlanan Bazı Balık Türlerinde Eser ElementlerinTayini. Yüksek lisans tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Tokat.

Demirel, Ş., 2005. Bazı Gıda Maddelerinde Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ile Eser Metal Tayini. (Yüksek lisans tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Tokat.

Dethloff, G.M., Schlenk, D., Khan, S. and Bailey, H.C., 2001. "Effects of Dissolved Copper on Select Hematological, Biochemical and Immunological Parameters of Wild Rainbow Trout (*Oncorhychus mykiss*)", Arch. Environ. Contam. Toxicol. 40: 371-380.

Detlefsen, V., 1988. Status Report An Aquatic Pollution Problems In Europe. Aquatic Toxicology, 11:259-289.

Devlin, R.H. and Nagahama, Y., 2002. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture, 208: 191-364.

Dökmeci, İ., 1988. Çevre kirlenmesinde rol oynayan toksik maddeler.488-489.

Dönmez, G., Aksu, Z., 2002. Removal of Chromıum (VI) From Saline Wastewaters by Dunaliella Species. Process Biochemistry., 38:751-762.

Duran, H., 2012. Sulu Çözeltilerden Cu(II), Pb(II), Cd(II) ve Cr(II) Gideriminde Şarap Üretim Artığı Üzüm Saplarının Kullanılabilirliği, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.

Dündar, Y., ve Aslan, R., 2005. Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri, Kocatepe Tıp Dergisi, 6, 1-5 s.

Eiseler, R., 1985. Cadmium Hazards To Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptıc Review Patuxent Wildlife Research Center U.S. Fish and Wildlife Service Laurel, MD 20708 Biological Report 85(1.2), Contaminant Hazard Reviews, Report No. 2.

Ekmekçi, F.G.,and Özeren, S.C., 2003. Reproductive biology of *Capoeta tinca* in Gelingüllü Reservoir, Turkey. Folia Zool., 52(3):323–328.

Elsenhans, B., Strugala, G., and Schafer, S., 1997. Small Intestinal Absorption of Cadmium and Significance of Mucosal Metallothionein. Human Experience Toxicology, 16:429-434.

El-Sheekh, M.M., Elnaggar, A.H., Osman, M.E.H. and El-Mazaly, E., 2003. Effect of cobalt on growth, pigments and the photosynthetic electron transport in Monoraphidium minutum and Nitzchia perminuta, Brazilian Jounrnal of Plant Physiology, 15(3), 159-166.

Ermosele, C.O., Ermosele, I.C., Muktar, S.A., Birdling, S.A., 1995. Metals in Fish from the Upper Benue River and Lakes Geryo and Njuwa in Northeastern Nigeria. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 54:8-14.

Flos, R., Tort L., Balasch J., 1987. Effects of Zinc Sulphate on Haematological Parameters in the Dogfish Scyliorhinus canicula and Influences of MS-222. Mar. Environ. Res. 21, 289-298.

Förstner,G., Wittmann.T., 1981. "Metal pollution in the aquatic environment", Newyork Springer Verlag , U.S.A., 3, 21, 271-318.

Geldiay, R., Balık, S., 1988. "Türkiye tatlısu balıkları". Ege Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Hidrobiyoloji A.B.D, İzmir, 282-284.

Geldiay, R., Balık, S., 1996. Türkiye Tatlısu Balıkları, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 46, II. Baskı, s: 242-245, Bornova , İzmir.

Grimanis, A.P., Zafiropoulos, D., VassilakiI, R., Grimanis, M., 1978. Trace Elements in the Flesh and Liver of Two Fish Species from Polluted and Unpolluted Areas in the Aegean Sea. Environ. Sci. Technol., 12:723-726.

Grimanis, A.P., Zafiropoulus, D., Papadopolou, C., Economou, T. Vassilaki, M., 16.Grimani, 1982. Trace elements in Mytilus galloprovincialis from the Gulf of Grecee. VI. jour. poll. cannes. CIESM, 319-322.

Goyer, R.A., 1986. "Toxic Effects of Metals", in Klaassen, C.D., Amdur, M.O. and Doull, J. (Eds.), Casarett and Doull's Toxicology The Basic Science of Poisons , MacMillian Publ. Co., New York, pp. 582-680.

Goyer, R.A., 1986. Toxic Effects of Metals. In: Caserett and Doull's Toxicology; The Basic Science of Poisons (Amdur, M.O., Doull, J., Klaassen, C.D., -eds.). Pergamon Pres. 623-680. London.

Göksu, M.Z.L., Çevik, F., Fındık, Ö., ve Sarıhan E., 2003. Seyhan Baraj Gölü'ndeki aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve sudak (*Stizostedion lucioperca* L..1758)'larda Fe, Zn, Cd düzeylerinin belirlenmesi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, Cilt: 20, Sayı: 1-2, 69–74 s.

Güven, K., Duce, J.A. ve De Pomeraı, D.I., 1995. Calcium Moderation of cadmium stress explored using a stress-inducible transgenic strain of caenorhabditis elegans. Comp. Biochem. Physiol., 110C:61-70.

Hammand, P.B., ve Belıles, R.P., 1980. Metals In: J. Doull. C.D. Klaassen and M.O. Amdur ed. Toxicology 2 th Ed. Mc Millan Publishing Co. Inc, pp 409-462, New York.

Handy, R.D., 2003. " Chronic Effects of Copper Exposure Versus Endocrine Toxicity: Two Sides of the Same Toxicological Process", Comp. Biochem. Physiol. A 135: 25-38.

Hatekeyama, S. and Yasuno, M., 1987. Chronic effects of Cadmium on reproduction of the guppy (Poecilia reticulata) through Cd accumulated midge larvae (Chironomus yoshimatusi) Ecotoxicol. Environ. Safe., 14 (3), 191-207. pp

Hem, J.D., 1985. "Study and interpretation of the chemical characteristic of naturel water" : U. S. Geological Survey Water-Supply, USA, 263.

Heath, A.G., 1987. Water Pollution and Fish Physiology. CRP Press. Inc. Florida, p 245.

Heath, A.G., 1995. "Water Pollution and Fish Physiology ", Department of Biology Virginia Polytechnic Institute and State Uniandrsity Blacksburg, Virginia, 4: 67-76.

Hilmy, A.M., El-Domiaty, N.A., Daabees, A.Y. and Abdel – Latife, H.A., 1987. Toxicity in Tilapia zilli and Clarias lazera (Pisces) induced by Zinc seasonally. Comp. Biochem. Physiol., 86C, 263-265. pp

Hollis, L., Muench, L. And Playle, R.C., 1997. Influence of dissolved organic matter on copper binding and calcium on cadmium binding, by gills of rainbow trout Journal of Fish Biology 50: 703-720.

Hollis, L., Hogstrand, C. and Wood, C.M., 2001. "Tissue Spesific Cadmium Accumulation Metallothionein Induction and Tissue Zinc and Copper Ligands during Chronic Sublethal Cadmium Exposure in Juvenile Rainbow Trout", Arch. Environ. Contam. Toxicol., 41(4): 468-474.

Horning, W.B. and Yang, C.H., 1979. "Chronic Effect of Copper on the Bluntnose Minnow Pimephales notatus (Rafinesque)", Arch. Environm. Contam. Toxicol., 8:545-552.

Hodson, P.V., 1988. The Effect of Metal Metabolism on Uptake, Disposal and Toxicity in Fish. Aquatic Toxicology., 11, 3-18.

Hogstrand, C. Ve Haux, C., 1991. Mini Review Binding and Detoxification of Heavy Metals In Lower Vertebrates with Referance to Metallothionein, Comp. Biochem. Physiol. Great Britain, 100C. 1/2 pp 137-141.

Hood, P.B., 2000. Age, growth, mortality, and reproduction of red porgy, Pagrus pagrus , from the eastern Gulf of Mexico. Fish. Bull., 98:723-735.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., 2006. Metallerin Çevresel Etkileri-I. http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf.

Kalay, M., 1996. Tilapia nilotica'da Karaciger, Dalak, Böbrek, Kas ve SolungaçDokularındaki Kadmiyum Birikiminin Total Protein Düzeyi ve Pyon DağılımıÜzerine Etkileri, Ç. Ü. Fen Bil. Ens. Doktora tezi, 108.

Kalay, M., Karatas S., 1999. Accumulation of Cadmium in Muscle, Brain andBone (Backbone) Tissues of Tilapia nilotica (L.) Turk. J. Zool., 23, (1999), 985-992.

Kalay, M., Koyuncu, C.E., ve Dönmez, A.E., 2004. Mersin Körfezinden yakalanan *Sparus aurata* (L. 1758) ve *Mullus barbatus* (L. 1758)'un kas ve karaciğer dokularındaki kadmiyum düzeylerinin karşılaştırılması, Ekoloji, 13(52), s.23-27

Kaptan, H. ve Tekin-Özmen, 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, SDU Journal of Science (E-Journal), 2014, 9 (2): 44-60

Karadede, H., ve Ünlü, E., 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates)-Turkey, Chemosphere, 41, 1371-1376 p.

Karakaş, H.H., ve Türkoğlu H., 2005. Su ürünlerinin dünyada ve Türkiye'deki durumu, HR.Ü.Z.F. Dergisi, 9(3), 21-28 s. J.Agric.Fac.HR.U., 2005, 9 (3):21-28.

Kargın, E. ve Erdem, C., 1992. Bakır-çinko etkilesiminde *Tilapia nilotica* (L.)'nın karaciger, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi, Doga Tr. J. Of Zoology, 16, 343-348 s.

Kaya, S. ve Akar, F.,1998. Metaller In 'Veteriner Hekimliginde Toksikoloji' Ed. By Kaya S.

Kaya, S., Pirinçci, İ. ve Bilgili, A., 1998. Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. Medisan yayın serisi, yayın no: 36, 95s, Ankara.

Kesler, S.E., 1994. Mineral Resources, Economics and the Environment. New York: Macmillan College Publishing Company, Inc., s 223, USA.

Kır, I. ve Tumantozlu, H.,2012. Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment ve Sazan (Cyprinus carpio) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Ekoloji 21:82;65-70.

Kırankaya, Ş.G. ve Ekmekçi F.G., 1999. Gelingüllü Baraj Gölü'inde su kalitesinin balık yaşamı açısından değerlendirilmesi. http://www.akuademi.net/USG/USG2005/SKCK/skck18.pdf

Kocaman, I., 1999. "Marmara Denizi demersal balıklarında ağır metal kirliliği", Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Deniz Bil, ve Işlet. Enst., Kim. Oşinog. A.D., İstanbul, 25.

Kocataş. A., Geldiay, R., 1979. Pollusyonun İzmir Körfezi'nde neden olduğu bazı biyolojik ve hidrografik etkileri. TUJJB Bülteni, 11:89-97.

Kotze, P., Du Preez, H.H. and Van Vuren, J.H.J., 1999. "Bioaccumulation of Copper and Zinc in Oreochromis mossambicus and Clarias gariepinus , from the Olifants River, Mpumalanga, South Africa", Water SA Vol. 25 (1): pp. 99-110.

Klerks, P.L., Fraleigh, P.C., 1997. Uptake of Nickel and Zink by the Zebra Mussel Dreissena Polymorpha. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 32, 1997.

Kruger, T., 2002. Effects of Zinc, Copper and Cadmium on Oreochromis Mossambicus Freeembryos and Randomly Selected Mosquito Larvae as Biological Ġndicators During Acute Toxicity Testing (MSc thesis, not published) Rand Afrikaans University, Faculty of Science, Johannesburg S.A.

Küçükgülmez, A., 2005. Akyatan (Karataş/Adana) Lagünü'nden avlanan pastörize edilmiş mavi yengeç (*Callinectes Sapidus*, Rathbun, 1896) etinin ağır metal ve mineral madde içerikleri, Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünler Anabilim Dalı, 70 s.

Leita, L., 1991. Heavy Metal Bioaccumulauon in Lamp and Sheep Brcd in Smelting and Mining Areas of Sardinia. S. W. Environmental. Contamination Toxicology, 46:887-893.

Levesque, H. M., Moon, T.W., Campbell, P.G.C. and Hontela, A., 2002. "Seasonal Variation in Carbohydrate and Lipid Metabolism of Yellow Perch (*Perca flavescens*) Chronically Exposed to Metals in the Field", Aquatic Toxicology, 60(3-4):257-267.

Lewis, S.D. and Lewis, W.M., 1971. "The Effect of Zinc an Copper on the Osmolality of Blood Serum of The Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) Rafinesque, and Golden Shiner (*Notemigonus crysoleucas*) Mitchell", Transections of the American Fisheries Society, 100(4):639-643.

Manooch, C. S., III, and W.W. Hassler, 1978. Synopsis of biological data on the red porgy, Pagrus pagrus (Linnaeus). FAO Fisheries Synopsis 116, 19 p.

Marr, J.C.A., Lipton, J., Cacela, D., Hansen, J.A., Bergman, H.L., Meyer, J. S. and Hogstrand, C., 1996. "Relationship Between Copper Exposure Duration, Tissue Copper Concentration, and Rainbow Trout Growth", Aquatic. Toxicology. 36:17-30.

Matei, V.E., Pavlov, D.F. and Chuiko, G.M., 1993. The Effect of Cadmium on the gill structure in tilapia. Tsitologia, 35 (10), 13-19. pp

Mc Neely, R.N., Neimanis, V.P., Dwyer, L., 1979. "Water quality Sorcebook-Aguide to water quality parameters : Inland Waters Directorate", Water Quality Branch , Ottawa Canada, 88.

Mc Geer, J.C., Szebedinszky, C., Mc Donald D.G. and Wood, C.M., 2000. "Effects of Chronic Sublethal Exposure to Waterborne Cu, Cd or Zn in Rainbow Trout; Ion Regulatory Disturbance and Metabolic Costs", Aquat. Toxicol., 50:231-243.

Merlini, M., 1971. "Heavy metal contamination", in impengement of Man on the Oceans , London and Newyork, 461-468.

Merlini, M.,1980. Some Considerations on Heavy Metals in the Marine Hydrosphere – Biosphere. Thallassia Jugoslavica, 16 (2–4), pp: 367-376.

Moiseenko, T.I., Kudryavtseva, L.P., 2001. Trace Metal Accumulation and Fish Pathologies in Areas Affected by Mining and Metallurgical Enterprises in the Kola Region, Russia. Environmental Pollution., 114, 285-297.

Mormede, S., Davies, I., 2001."Trace elements in deep-water fish sp.from the Rockall Trough", Fisherles Research , 51:197-206.

Montero, S.M., Mancera, J.M., Fernandes, A.F. and Sousa, M., 2005. " Copper Induced Alterations of Biochemical Parameters in the Gill and Plasma of Oreochromis niloticus ", Comp. Biochem. and Physiol. C., 141(4), 375-383.

Morton,D.,S., 1976. Water Pollution Causes and Cures Worzallo Publishing. Co. Pp. 76-81, Stevens Point Wisconsin.

Niebor, E., Rıchardson, D.H.S., 1980. The Replacement of the Nondescript Term Heavy Metals by a Biologically and Chemically Significant Classification of Metal Ions. Environ. Pollut., 1:3-26.

Novelli, E.L.B., Lopes, A.M., Rodrigues, A.S.E., Novelli – Filho, J.L.V.B. and Ribas, B.O., 1999. Superoxide Radical and Nephrotoxic effect of Cadmium exposure. Int. J. Environ. Health Res., 9, 109–116. pp

Özer, A., Ekiz, İ., Özer, D., Kutsal, T., Çağlar, A., 1996. The adsorption of lead(II) ions to R. arrhizus in a batch reactor. Ekoloji ve Çevre Dergisi, 21 27-31.

Patra, M., Bhowmık, N., Bandopadhyay, A., 2004. Comparison of Mercurry, Lead and Arsenic with Respect to Genotoxic Effects on Plant Systems and the Development of Genetic Tolerance. Environmental and Experimental Botany., 52:199-223.

Pirinççi, H.B., 2004. Sülfürik Asitle Dehidrate Edilen Buğday Kepeği İle Cd(II) ve Pb(II) İyonlarının Giderilmesi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.

Rajanna, B., Prabhakara R. Yallapragada, Hall, E., 1990. In VitroEffect of Lead on Ca2+-ATPase in Synaptic Plasma Membranes and Microsomes of Rat Cerebral Cortex and Cerebelluma, 2. Ecotoxicology and Environmental Safety, 33, 157-162.

Rombough, P.J. and Garside, E.T., 1984. Disturbed ion balance in alevins of Atlantic salmon Salmo salar chronically exposed to sublethal concentration of Cadmium. Can. J. Zool., 62, 1443-1450. pp

Sekhar, C.K., Chary, N.S., Kamala, C.T., Suman Raj, D.S., Sreenivasa Rao, A., 2003. Fractionation studies and bioaccumulation of sediment-bound heavy metals in Kolleru Lake by edible fish, Environ. Int., 29:1001-1008

Siegel, R.F.,2002. Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Metals.Springer-VerlagBerlinHeidelberg,PrintedinGermany.ISBN3-540-42030-4.

Singh, R., and Rana, S., 2002. Influence of Antioxidants on Metallothionein-Mediated Protection in Cadmium–Fed Rats. Biology Trace Element Research, 88:71-77.

Sorensen, E.M., 1991. "Metal Poisining in Fish ", CRC Press, Boca Raton, FL., 243s.

Suiçmez, M.,M., Kayım, D., Köseoğlu and E., Hasdemir, 2006."Toxic Effects of Lead on the Liver and Gills of*Oncorhynchus mykiss* WALBAUM 1792" Bulletion of Environmental Contamination and Toxicology 77, 551-558.

Stouthart, X.J.H.X., Haans, J.L.M., Lock, A.C. and Wendelaar Bonga, S.E., 1996. "Effects of Water pH on Copper Toxicity to Early Life Stages of the common carp (*Cyprinus carpio*)", Environ. Toxicol. and Chem., 15(3):376-383.

Szczurek, E., Bjornsson, C., and Taylor, C., 2001. Dietary Zinc Deficiency and Repletion Modulate Metallothionein Imunolocalization and Concentration in Small Intestine and Liver of Rats. Journal of Nutrient, 131:page.2132-2138.

Şanlı, L., 1984. Çevre Sorunları ve Besin Kirlenmesi. Selçuk Üniversitesi. Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 2:17-37.

Tokman, N., 2007. Çeşitli Örneklerde Eser Element Analizinde Farklı Çözme Tekniklerinin Karşılaştırılması. (Yüksek lisans tezi), Marmara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü,Kimya Anabilim Dalı, İstanbul.

Toskalı, E. ve Eren, M.H., 2004. Mikrodalga, Uv ve Hot Plate İle Bozundurulmuş Sirke Örneklerinde Kadmiyum, Kurşun ve Bakır İçeriğinin Potansiyometrik Sıyırma Analizi İle İncelenmesi. Ege Üniversitesi, s.1-21, İzmir.

Tunçer, S., 1980-1982. Accumulation Du Mercure Et Du Cadmium Chez Mytilus dulis(L.) Par Le Milieu Et par La Nourriture. E. Ü. Fac. Jour. Ser B, Vol. V, Nr 1 p. 85–93.

Uysal, H., Tuncer, S., 1982a. Lewels of heavy metals in sone commercial food species in the bay of İzmir Turkey. VI es Journees. Etud. Poll. Connes, CIESM, 323-327.

Uysal, H., Tuncer, S., 1982b. Etude des Metaux Lourds Chez Les Mollusques dans les Differentes Zones de la Baide d'İzmir (Turquie). VI. Journ. Ed. Poll. Pp. 307-313.Cannes.

Ünlü, E. and Gümgüm, B., 1993. Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris river in Turkey, Chemosphere, 26(11), 2055-2061p.

Üşenmez, Ş., 1985. Sedimentoloji ve sedimenter kayaçlar, Gazi Üniversitesi Basın Yayın Yüksekokulu Yayınevi-Ankara, 247 s.

Vallae, B.L., 1959. "Zinc metabolism in hepatik dysfunction", An. lnt. Med , 50:1077-1091.

Vijayan, M.M., Pereira, C., Grau, E.G. and Iwama, G.K., 1997. "Metabolic Responses Associated with Confinement Stress in Tilapia; The Role of Cortisol", Biochem. Physiol. C, 116 (1): 89-85.

Vural, N.,2005. Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi yayınları 73:25-37.

Watarı, N., Hotta, Y., and Mabuchı, Y., 1989. Ultrastructural Studies on A Cadmium-Storing Cell in Rat Pancreatic Tissues Following Cadmium Chloride Administration. Journal of Electron Microscope, 38:235-241.

Windom, H., 1991. "Distribution of Fe, Mg, Cu, Zn, Ag in oyster along the Georgia coast", J. Fisheries Res. Board of Canada, 29:450-452.

Yaramaz, Ö., 1992. Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Basım Evi, Bornova, Ders Kitabı, 105s, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : MURAT, Filiz

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 10.09.1978 - Yozgat

Medeni hali : Bekar

Telefon : 0 (506) 29827 61

e-mail : fmurat77@hotmail.com

Eğitim

Derece	**Eğitim Birimi**	**Mezuniyet tarihi**
Lisans	Atatürk Üniversitesi/ Biyoloji Bölümü	2000
Lise	Yozgat İstiklal Lisesi	1996

İş Deneyimi

Yıl	**Yer**	**Görev**
2000	Tıp Merkezi	Laboratuvar sorumlusu
2012	Çözüm Dersanesi	Biyoloji öğretmeni
2014	Akademi OSGB	A sınıfı iş güvenliği uzmanı

Yabancı Dil

İngilizce