

123521

**DICLE NEHRİ'NDE SU, SEDİMENT VE BENTİK  
BAZI CANLI ORGANİZMALARDAKİ AĞIR  
METAL BİRİKİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hülya KARADEDE

**DOKTORA TEZİ**

(Biyoloji Anabilim Dalı)

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

123521

**DİYARBAKIR**

**MAYIS - 2002**

T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne  
DIYARBAKIR

Bu çalışma, jürimiz tarafından, Biyoloji Anabilim Dalı'nda DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir

Jüri Üyesinin Ünvanı, Adı - Soyadı

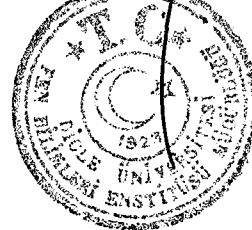
Başkan: Prof. Dr. Bahattin GÜMGÜM .....  
Üye : Prof. Dr. Dursun ŞEN .....  
Üye : Prof. Dr. Kadri BALCI .....  
Üye : Prof. Dr. Erhan ÜNLÜ .....  
Üye : Doç. Dr. Kemal GÜVEN .....

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

24 / 05 / 2002

Prof. Dr. H. İlhan TUTALAR  
Enstitü Müdürü

(Mühür)



## TEŞEKKÜR

Bu araştırma konusunu bana Doktora Tezi olarak veren, laboratuvar çalışmaları ve tezimin hazırlanması sırasında sonsuz yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Erhan ÜNLÜ' ye, örneklerin analizinde çok değerli görüşlerinden yararlandığım ve bana Kimya Bölümü'nün sahip olduğu birçok olanaktan yararlanmamı sağlayan Sayın Prof. Dr. Bahattin GÜMGÜM ile metal analizlerinin yapılmasında yardımlarını gördüğüm Kimya Bölümü Araştırma Görevlilerinden Sayın Fırat AYDIN' a, arazi çalışmalarında bana yardımcı olan Zooloji ve Genel Biyolojideki arkadaşlarıma, değerli düşünce ve önerileriyle destek olan Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Kadri BALCI' ya teşekkürü bir borç bilirim. Doktora yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen sevgili abim Yrd.Doç.Dr. Aziz KARADEDE'ye ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu çalışmayı bir proje (DÜAP-2000-FF-391) olarak destekleyen Dicle Üniversitesi Rektörlüğü Araştırma Fonu Başkanlığına da teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	
İÇİNDEKİLER .....	i
Şekil Listesi .....	iii
Tablolar Listesi .....	vi
AMAÇ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	5
2.1. DİCLE NEHRİ GENEL ÖZELLİKLERİ .....	5
2.2. TATLISU EKOSİSTEMİNDE BENTİK BÖLGE VE ÖZELLİKLERİ .....	10
2.2.1.-Tatlısu Sisteminde Bentik Organizmaların Rolü .....	10
2.2.2. Ekosistemin İşlevlerinde Türlerin Önemi .....	11
2.2.3. Ekolojik Sistemde Bentik Türlerin Rolü .....	14
2.3. AĞIR METALLER .....	15
2.3.1. Ağır Metal Kirliliğine Yol Açan Kaynaklar .....	16
2.3.2. Biyolojik Sistemlerde Ağır Metaller .....	19
2.3.2.1. Metalotiyoneinler (Metal Bağlayan Poteinler) .....	21
2.3.3. Ağır Metallerin Besin Zinciriyle Alınımı .....	23
2.3.4. Ağır Metallerin Vücut İçerisine Alınımı .....	25
2.3.5. Ağır Metallerin Hücreye Girişi .....	27
2.3.6. Ağır Metallerin Canlılardaki Dağılımı ve Birikimi .....	29
2.3.7. Su Ortamında Metal Kirliliğinin Biyomonitörleri .....	34
2.3.8. Toksikolojik Olarak Önemli Olan Bazı Ağır Metaller .....	38
3. MATERYAL VE METOD .....	45
3.1. Araştırma İstasyonları .....	45
3.2. Materyalin Araziden Toplanması .....	46
3.2.1. Su Örneklerinin Alınması .....	46
3.2.2. Sediment Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması .....	47
3.2.3. Balık Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması .....	48
3.2.4. Yengeç Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması .....	49
3.2.5. Salyangoz Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması .....	50
3.2.6. Midye Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması .....	51
3.2.7. İpliksi Yeşil Alg Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması .....	51
3.3. Materyallerin A.A.S ile Analizi .....	52
3.4. İstatistiksel Hesaplanmalar .....	53
4. BULGULAR .....	54
4.1. Dicle Nehri Suyunun Ağır Metal Konsantrasyonu .....	54
4.2. Dicle Nehri Sedimentinin Ağır Metal Konsantrasyonu .....	55
4.3. <i>Silurus triostegus</i> 'ta Ağır Metal Birikimi .....	63
4.4. <i>Mastacembelus simacks</i> 'ta Ağır Metal Birikimi .....	71
4.5. <i>Mystus halepensis</i> 'teki Ağır Metal Birikimi .....	79
4.6. <i>Orthrias euphraticus</i> 'daki Ağır Metal Birikimi .....	84
4.7. <i>Potamon fluviatilis</i> 'deki Ağır Metal Birikimi .....	86
4.8. <i>Unio elongatulus</i> 'daki Ağır Metal Birikimi .....	89

4.9. <i>Physa acuta</i> 'daki Ağır Metal Birikimi .....	93
4.10. <i>Spirogyra sp.</i> 'deki Ağır Metal Birikimi .....	98
5. TARTIŞMA .....	105
6. KAYNAKLAR .....	118
7. ÖZGEÇMİŞ .....	128



## Şekil Listesi

- Şekil 2.1. Tatlısu ekosistemindeki madde döngüsü
- Şekil 2.2. Tatlısuda bentik bölgede yaşayan omurgasızlar ve yerleşim şekilleri
- Şekil 2.3. Doğada eser elementlerin taşınma yolları
- Şekil 2.4. Besin zincirinin ilk ve son basamağı
- Şekil 2.5. Ağır metallerin vücuda alınımı ve dağılımı
- Şekil 3.1. Dicle Nehri haritası
- Şekil 4.2.1. Dicle Nehri sedimentinde istasyonlar arasındaki ağır metal konsantrasyon değişimi
- Şekil 4.2.2. Dicle Nehrinin IV. İstasyon sedimentindeki mevsimsel ağır metal konsantrasyon değişimi
- Şekil 4.2.3. Dicle Nehrinin V. İstasyon sedimentindeki mevsimsel ağır metal konsantrasyon değişimi
- Şekil 4.2.4. Dicle Nehrinin VI. İstasyon sedimentindeki mevsimsel ağır metal konsantrasyon değişimi
- Şekil 4.2.5. Referans istasyon sedimentindeki mevsimsel ağır metal konsantrasyon değişimi
- Şekil 4.3.1. Dicle Nehri'ndeki *Silurus triostegus*'un karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Cd, Cu, Ni, Mn Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.
- Şekil 4.3.2. Dicle Nehri'ndeki *Silurus triostegus*'un karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.
- Şekil 4.3.3. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.
- Şekil 4.3.4. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyon değişimi.
- Şekil 4.3.5. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un solungacında mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.
- Şekil 4.3.6. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un solungacında mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.
- Şekil 4.3.7. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un kasında mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.3.8. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un kasında mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.4.1. Dicle Nehri'nde *Mastacembehus simack*'ın karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Cd, Cu, Ni, Mn Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.4.2. Dicle Nehri'nde *Mastacembehus simack*'ın karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.4.3. Dicle Nehri'nde *Mastecembehus simack*'ın karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.4.4. Dicle Nehri'nde *Mastecembehus simack*'ın karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.4.5. Dicle Nehri'nde *Mastecembehus simack*'ın solungacında mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.4.6. Dicle Nehri'nde *Mastecembehus simack*'ın solungacında mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.4.7. Dicle Nehri'nde *Mastecembehus simack*'ın kasında mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.4.8. Dicle Nehri'nde *Mastecembehus simack*'ın kasında mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.5.1. Dicle Nehri'nde *Mystus halepensis*'in karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Cd, Cu, Ni, Mn, Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.5.2. Dicle Nehri'nde *Mystus halepensis*'in karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.5.3. Dicle Nehri'nde *Mystus halepensis*'in kasında mevsimsel olarak ölçülen Cd, Cu, Ni, Mn, Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.5.4. Dicle Nehri'nde *Mystus halepensis*'in kasında mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyon değişimi.

Şekil 4.6.1. Dicle Nehri'nde *Orthrias euphraticus*'un içorganları ve kas dokusundaki Cd, Cu, Ni, Mn, Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.6.2. Dicle Nehri'nde *Orthrias euphraticus*'un içorganlar ve kas dokusundaki Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.7.1. Dicle Nehri'nde *Potamon fluviatilis*'in karaciğer ve kas dokusundaki Cd, Cu, Ni, Zn, Co ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.7.2. Dicle Nehri'nde *Potamon fluviatilis*'in karaciğer ve kas dokusundaki Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.8.1. Dicle Nehri'nde *Unio elongatulus*'un içorganlar kitlesindeki Cd, Cu, Ni, Zn Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.8.2. Dicle Nehri'nde *Unio elongatulus*'un içorganlar kitlesindeki Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.8.3. Dicle Nehri'nde *Unio elongatulus*'un içorganlarında, yaz ve kış mevsimlerinde ölçülen Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.8.4. Dicle Nehri'nde *Unio elongatulus*'un içorganlarında, yaz ve kış evsimlerinde ölçülen Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.9.1. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın iç organlar kitlesindeki Cd, Cu, Ni, Zn Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.9.2. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın iç organlar kitlesindeki Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.9.3. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın içorganlarında, yaz ve kış mevsimlerinde ölçülen Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.9.4. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın içorganlarında, yaz ve kış mevsimlerinde ölçülen Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.9.5. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın içorganlarında istasyonlar arasında ölçülen Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.9.6. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın içorganlarında, istasyonlar arasında ölçülen Mn ve Fe konsantrasyon değişimi.

Şekil 4.10.1. Dicle Nehri'nde *Spirogyra sp.*'deki Cd, Cu, Ni, Zn Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.10.2. Dicle Nehri'nde *Spirogyra sp.*'deki Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.10.3. Dicle Nehri'nde *Spirogyra sp.*'de mevsimlere bağlı olarak ölçülen Cd, Cu, Ni, Zn, Co ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.

Şekil 4.10.4. Dicle Nehri'nde *Spirogyra sp.*'de mevsimlere bağlı olarak ölçülen Mn ve Fe konsantrasyon değişimi.

Şekil 4.10.5. Dicle Nehri'nde *Spirogyra sp.*'de, istasyonlar arasında ölçülen Cd, Cu, Ni, Zn Co, Pb konsantrasyon değişimi.



Şekil 4.10.6. Dicle Nehri'nde *Spirogyra sp.*'de, istasyonlar arasında ölçülen Mn ve Fe konsantrasyon değişimi.

## Tablolar Listesi

- Tablo.2.1. Dicle Nehri Ongözlü Köprü'nün fiziksel ve kimyasal özellikleri
- Tablo.2.2. Dicle Nehri Bismil Köprüsü-Bismil'in fiziksel ve kimyasal özellikleri
- Tablo.2.3. Dicle Nehri Dicle Barajının fiziksel ve kimyasal özellikleri
- Tablo.2.4. Dicle Nehri Kralkızı Barajı'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri
- Tablo.2.5. Reşan Çayı'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri
- Tablo 2.6. Doğada bulunan bazı önemli eser elementler
- Tablo 2.7. Canlı organizmalarda bazı metallerin hücre içindeki biyolojik fonksiyonları.
- Tablo 3.2.1. Analiz edilen balık türleri ve bunların yaş, total boy ve ağırlık değerleri
- Tablo 4.1.1. Dicle Nehri suyunda ölçülen ağır metal konsantrasyon değerleri.
- Tablo 4.2.1. Dicle Nehir sedimentinde ölçülen ağır metal konsantrasyon değerleri
- Tablo 4.2.2. Dicle Nehir sedimentinde istasyonlara göre ölçülen ortalama ağır metal konsantrasyon değerleri
- Tablo 4.2.3. Dicle Nehri IV. İstasyon sedimentinde ölçülen mevsimsel ağır metal değerleri
- Tablo 4.2.4. Dicle Nehri V. İstasyon sedimentinde ölçülen mevsimsel ağır metal değerleri
- Tablo 4.2.5. Dicle Nehri VI. İstasyon sedimentinde ölçülen mevsimsel ağır metal değerleri
- Tablo 4.2.6. Referans istasyon sedimentinde ölçülen mevsimsel ağır metal değerleri
- Tablo 4.3.1. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un karaciğer, solungaç ve kas dokusunda ölçülen ağır metal konsantrasyonları
- Tablo 4.3.2. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyon değişimi
- Tablo 4.3.3. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un solungaçlarında mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyon değişimi
- Tablo 4.3.4. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un kas dokusunda mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonları

- Tablo 4.4.1. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın karaciğer, solungaç ve kas dokusunda ölçülen ağır metal konsantrasyonları
- Tablo 4.4.2. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonları
- Tablo 4.4.3. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın solungaçlarında mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonları
- Tablo 4.4.4. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın kas dokusunda mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonları
- Tablo 4.5.1. Dicle Nehri'nde *Mystus halepensis*'in karaciğer, solungaç ve kas dokusunda ölçülen ağır metal konsantrasyonları
- Tablo 4.5.2. Dicle Nehri'nde *Mystus halepensis*'in kas dokusunda mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonları
- Tablo 4.6. Dicle Nehri'nde *Orthrias euphraticus*'un içorganlarında ve kas dokusunda ölçülen ağır metal konsantrasyonları
- Tablo 4.7.1. Dicle Nehri'nde *Potamon fluviatilis*'in karaciğer ve kasında ölçülen ağır metal konsantrasyonu
- Tablo 4.7.2. Referans İstasyonda *Potamon fluviatilis*'in karaciğer ve kasında ölçülen ağır metal konsantrasyonu
- Tablo 4.8.1. Dicle Nehri'nde *Unio elongatulus*'un içorganlar kitlesinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları
- Tablo 4.8.2. Dicle Nehri'nde *Unio elongatulus*'un kış ve yaz mevsiminde içorganlar kitlesinde ölçülen ağır metal konsantrasyonu
- Tablo 4.9.1. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın içorganlar kitlesinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları
- Tablo.4.9.2. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın kış ve yaz mevsiminde içorganlar kitlesinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları
- Tablo 4.9.3. *Physa acuta*'da istasyonlar arasında ölçülen ağır metal konsantrasyon değerleri.
- Tablo 4.10.1. Dicle Nehri'nde *Spirogyra sp.* 'de ölçülen ağır metal konsantrasyonları.
- Tablo 4.10.2. Dicle Nehri'nde *Spirogyra sp.* 'de mevsimlere bağlı olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonu.

Tablo 4.10.3. Dicle Nehri'nde *Spirogyra sp.* 'de ölçülen istasyonlar arasında ortalama ağır metal konsantrasyon değışimleri.

Tablo 5. Dicle ve Fırat Nehri sedimentinin ortalama ağır metal konsantrasyon değeri.



## AMAÇ

Biyokimyasal reaksiyonlarda fonksiyonel rol oynayan Ca, Mg, Na, K, Mn, Cu, Zn, Fe, Mo, Co, ve Se ile endüstri atıkları sonucu ortama giren ve canlı organizmada kuvvetli toksik etkiye sahip Cd, Ni, Hg ve Pb gibi metaller, su ortamında belirli limitlerin dışına çıktığında toksik etki yapıp organizmanın canlılığına son vermektedirler. Bu metallerin su, sediment ve organizmadaki yüksek oranlarda birikimi, ciddi ekolojik değişikliklerle sonuçlanmaktadır. Besin zincirinde, metal konsantrasyonları dereceli olarak artış göstermektedir. Bunun sonucu olarak, besin zincirinin üst basamaklarında bulunan balıklarda, çoğu zaman su ve sedimentteki konsantrasyonların kat kat fazlası birikmektedir.

Dicle Nehri üzerinde bulunan Ergani Bakır fabrikasının özelleştirilmesi, çalışma kapasitesinin düşürülmesi ve yeni kurulan Kralkızı ve Dicle Barajlarının bu nehir üzerinde su tutmaya başlamasıyla, ağır metallerin bu su rezervuarlarında kısmen çökeceği ve Nehrin alt bölgelerine daha az ağır metal geçeceği tahmin edilmektedir. Ayrıca, daha önceki çalışmalarda ağır metal birikiminin en önemli göstergelerinden olan bentik organizmalardaki birikim ile ilgili herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

Bu amaçla, çalışmamızda Dicle Nehri üzerinde belirlenen 6 farklı istasyondaki su, sediment ve bazı bentik organizmalardaki Mn, Cu, Zn, Fe, Cd, Co, Ni ve Pb gibi bazı ağır metal birikimi incelenerek, mevcut ağır metal kirliliğinin boyutlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## ÖZET

Bu çalışmada, Dicle Nehrinin altı farklı istasyonundan ve referans istasyon olarak belirlenen Reşan Çayı'ndan mevsimsel olarak alınan su, sediment ve bentik karakter gösteren balık (*Silurus triostegus*, *Mastacembelus simack*, *Mystus halepensis*, *Orthrias euphraticus*) örneklerinin kas, karaciğer ve solungacları; yengeç (*Potamon fluviatilis*) örneklerinin kas ve karaciğeri; tatlısu salyangozu (*Physa acuta*) ve midyenin (*Unio elongatulus*) içorganlar kitlesi; yeşil alg (*Spirogyra sp.*) de ise total olarak biriken Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn gibi bazı ağır metal konsantrasyonları belirlenmeye çalışılmıştır.

Dicle Nehri sedimentindeki ağır metal birikimi, en yüksek Bakır fabrikasının bulunduğu I. İstasyonda, en düşük ise II. İstasyonda belirlenmiştir. IV., V., VI. ve Referans İstasyonlarda ortalama Co, Cu, Mn, Ni, Zn ve Fe değerleri ilkbahar ve yaz mevsiminde yüksek, kış mevsiminde ise düşük değerlerde bulunmuştur.

*Silurus triostegus* örneklerinin kas ve karaciğerindeki ağır metal konsantrasyonları sırasıyla Fe > Zn > Cu > Ni > Mn, solungaçta ise Fe > Zn > Mn > Cu > Ni olarak belirlenmiştir. Karaciğer ve solungaçta ortalama Cu, Zn, Mn ve Fe değerleri yazın en yüksek seviyede bulunmuştur. Kasta Cu ilkbahar ve yazın, Zn sonbaharda, Ni ise kış ve yaz mevsiminde önemli bir artış göstermiştir ( $p < 0.05$ ).

*Mastacembelus simack* örneklerinde Cu, Mn ve Zn en fazla karaciğerde belirlenmiş olup, bunu sırasıyla solungaç ve kas izlemiştir. Karaciğerde Cu, Ni, Zn, Fe, solungaçta Ni ve Mn, kasta ise Fe, Zn, Cu, Mn ve Ni yazın en yüksek değerlerde bulunmuştur.

*Mystus halepensis*'in kas ve solungacındaki ağır metal konsantrasyonları sırasıyla Fe > Zn > Mn > Cu > Ni, karaciğerinde ise Fe > Zn > Cu > Mn > Ni olarak

belirlenmiştir. Kas dokusunda kışın Mn, ilkbaharda ise Cu ve Zn birikimi diğer mevsimlere göre önemli bir farklılık göstermiştir ( $p < 0.05$ ).

*Orthrias euphraticus*'da Fe, Zn, Mn, ve Cu birikimi, kasa göre iç organlarda daha yüksek seviyede belirlenmiştir.

*Potamon fluviatilis* örneklerinde Cu, Fe, Mn ve Ni karaciğerde, Zn ise kas dokusunda yüksek seviyede bulunmuştur.

*Unio elongatulus*'un içorganlar kitlesindeki ağır metal birikimi, sırasıyla Fe > Mn > Zn > Cu > Ni olarak tespit edilmiştir. İç organlarda ortalama Cu, Ni ve Fe kışın, Zn ve Mn birikimi ise yazın en yüksek seviyede görülmüştür.

*Physa acuta*'nın içorganlar kitlesindeki ağır metal konsantrasyonları Fe > Mn > Cu > Zn > Ni olup Cu, Zn, Mn ve Fe yaz mevsiminde en yüksek seviyede belirlenmiştir.

*Spirogyra sp.*'deki ağır metal konsantrasyonu Fe > Mn > Ni > Cu > Zn > Co olarak bulunmuş ve Cu, Ni, Fe, Co yazın, Zn ilkbaharda, Mn ise sonbaharda ortalama en yüksek seviyede belirlenmiştir.

Dicle Nehri'nde bentik bölgede yaşayan ve biyomonitör özelliği taşıyan canlı organizmaları sırasıyla yengeç, salyangoz, ipliksi yeşil alg, midye ve balıkların oluşturmaktadır. Dicle Nehri'nde balıkların kas dokularından, midye ve salyangozların içorganlar kitlesinden elde edilen sonuçlarda ki Cu, Fe, Mn ve Zn değerleri, balık ve yumuşakçalar için önerilen kabul edilebilir değerlerin altında bulunmuştur.

## SUMMARY

In this study, heavy metal concentrations of Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb, and Zn have been studied to determine in water and sediment in the muscle, liver and gill of fish (*Silurus triostegus*, *Mastacembelus simack*, *Mystus halepensis*, *Orthrias euphraticus*), the muscle and liver of crab (*Potamon fluviatilis*), the internal organs of fresh water snail (*Physa acuta*), and mussel (*Unio elongatulus*), and total accumulation in green algae (*Spirogyra sp.*) examples that have benthic feature, and all determinations were taken seasonally from six different stations of the Tigris River and Reşan creek determined as reference station.

The heavy metal accumulation in the Tigris River sediment was determined as maximum in station I., where copper plant exists, and minimum in station II. The average Cd, Cu, Mn, Ni, Zn, and Fe values in reference station and stations IV, V, VI were found to be high in spring and summer, whereas low in winter.

The heavy metal concentrations were determined in sequence  $Fe > Zn > Cu > Ni > Mn$  in muscle and liver, while  $Fe > Zn > Mn > Cu > Ni$  in gill of *Silurus triostegus*. The highest average Cu, Zn, Mn, and Fe concentrations in liver and gill were determined in summer, while Cu concentrations of muscle were found to have increased remarkably in spring and summer and Zn concentrations of muscle in autumn and Ni values of muscle in summer and winter.

Cu, Mn and Zn concentrations were found highest in liver of *Mastacembelus simack*, followed by gill and muscle respectively. Furthermore, the concentrations of Cu, Ni, Zn and Fe values in liver, Cu, Ni and Mn in gill and Fe, Zn, Cu, Mn and Ni in muscle were noticed to be maximum in summer.

The heavy metal concentrations were determined in sequence Fe > Zn > Mn > Cu > Ni in muscle and gill while Fe > Zn > Mn > Cu > Ni in liver of *Mystus halepensis*. In these species, the accumulation of Mn indicated a significant difference in winter compared to the other seasons.

In *Orthrias euphraticus*, Fe, Zn, Mn and Cu values were observed to be higher in internal organs, with respect to muscle tissue.

Cu, Fe, Mn and Ni values in liver, Zn in muscle tissue were determined at maximum level in *Potamon fluviatilis*.

In *Unio elongatulus*, the heavy metal concentrations were determined in sequence Fe > Mn > Zn > Cu > Ni in the mass of internal organs. The average Cu, Ni, and Fe values were found at maximum level in winter whereas in summer for Zn and Mn.

The heavy metal concentrations determined in the mass internal organs of *Physa acuta* examples were in sequence Fe > Mn > Cu > Zn > Ni. Cu, Zn, Mn, and Fe values have been accumulated at maximum level in summer.

The heavy metal concentrations in *Spirogyra sp.* were determined in sequence as Fe > Mn > Ni > Cu Zn > Co. The average Cu, Ni, Fe and Co values were found at maximum level in summer while Zn in spring and Mn in autumn.

In Tigris River, among the living organisms, i.e., those which are living in benthic region and showing biomonitor characteristic, crab, snail, green algae, mussel and fish are seen to be formed in sequence. Cu, Fe, Mn and Zn values obtained from the muscle of fish and from the mass of internal organs of mussel and snail that live in the benthic region in the Tigris River were found to be below the acceptable values suggested.



# 1. GİRİŞ

Endüstrinin gelişmesine paralel olarak su, hava ve toprağın sağlığa zararlı maddeler ile kirlenmesi, son yıllarda önemli bir çevre sorunu olarak insanlığın karşısına çıkmıştır. Çevrenin kirlenmesi, artan nüfusa daha iyi koşullarda yaşam sağlamak amacıyla, üretimin bilinçsizce arttırılmasından kaynaklanmaktadır. Üretimin aşırı şekilde artması, doğanın kendini yenileme kapasitesinin üstüne çıktığında, çevre kirlenmesi başlamaktadır (DÖKMECİ, 1988).

Sucul çevre, insan aktivitesinden kaynaklanan, eser miktarda metal içeren atıklar tarafından kirletilmektedir. Bunlar, atmosferden kaynaklanan alınımlar yanında, tarımsal, endüstriyel ve kentsel atıklardan da kaynaklanmaktadır. Doğada bu bileşikler, biyokimyasal döngüde kalitatif ve kantitatif özellikler gösterirler (ABAYCHI ve AL-SAAD, 1988).

Son yıllarda teknolojinin gelişmesi, endüstri, sanayi ve kentsel atıkların bulunduğu kanalizasyon suları, döküldükleri nehir ile gölleri kirletmekte ve sucul ortamda yaşayan canlı organizmaları tehdit etmektedir. Özellikle atık sulardaki eser elementler, atık suların sulamada kullanılması ve döküldüğü ortamda yaşayan canlılara ve dolayısıyla besin zincirine girişi nedeniyle, halk sağlığı yönünden de önem taşımaktadır. Daha da önemlisi, toksik organik atıkların metallerle birleşerek veya başka bileşiklere dönüşerek daha toksik hale geçmeleri büyük sorunlar yaratmaktadır (SARIEYYÜPOĞLU ve SAY, 1991).

Sucul ortamda yaşayan canlı organizmalar, besin zinciri ile bünyelerinde biriken ağır metalleri, birbirlerine taşıyabildikleri gibi, ortamda yok olmayıp birtakım yollarla insanlara da ulaşabilmekte ve insan sağlığını tehdit ederek bazen tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir. Birçoğu canlı yaşamı için gerekli bu elementler, eksikliklerinde çeşitli

semptomatik bozukluklara yol açmaktadırlar. Fakat belirli sınırların üzerinde ise toksik etki yapıp organizmanın yaşamını tehlikeye sokarlar. Bu ağır metallere, mineral olarak bilinen ve organizmada biyokimyasal reaksiyonlar için fonksiyonel rol oynayan Ca, Mg, Na, K, Mn, Cu, Zn, Fe, Mo, Co, ve Se ile endüstri atıkları sonucu ortama giren ve canlı organizmada kuvvetli toksik etkiye sahip Cd, Ni, Hg, ve Pb gibi ağır metaller, su ortamında belirli limitlerin dışına çıktığında toksik etki yapmakta ve organizmanın canlılığına son vermektedirler (SARIEYYÜPOĞLU ve SAY, 1991).

Bazı sucul türler, belirli konsantrasyonlardaki Cu ve Zn gibi eser miktardaki metalleri belirli bir düzeyde tutabilme yeteneğine sahip olurken, metal konsantrasyonlarının daha yüksek olması durumunda ise bu ağır metalleri doku ve organlarında biriktirmektedirler (akümülyasyon). Vücutta metal düzenlenmesi (regülyasyonu), metal alım oranına paralel olarak metal atılım oranındaki bir artış ile sağlanmaktadır. Cd ve Hg gibi eser miktarda olmayan ağır metallerin vücuttaki seviyeleri ise genellikle regüle edilememekte ve dolayısıyla akümülyasyon, sudaki ağır metal konsantrasyonu ile orantılı olarak artmaktadır. Bununla beraber, bir metalin organizmadaki konsantrasyonu, organizmanın o metali akümüle etme yeteneğine bağlıdır (RAINBOW ve WHITE, 1990; ÜNLÜ ve GÜMGÜM, 1993).

Suda bulunabilecek ağır metaller, balıklarda beslenme ve absorpsiyon yolu ile birikebilmektedir. Bu birikim oranları ise balıkların yaşı, bulunduğu yer ve beslenme durumlarına göre değişir. Günümüzde endüstri ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte çevre kirliliğinin de arttığı bilinen bir gerçektir. Bu da şüphesiz, doğayı olumsuz yönde etkilemekte ve ekosistemi bozmaktadır. Sucul ortamlardaki bazı ağır metallerin, balıklarda ve diğer organizmalardaki birikimleriyle ilgili son yıllarda önemli çalışmalar

yapılmıştır (JEFFERIES ve FREESTONE, 1984; GUERRIN ve ark., 1990; TULASI ve ark., 1989; KHAN ve ark., 1989).

Biyolojik döngünün bir halkasını oluşturan ve ayrıca önemli bir protein kaynağı olarak tüketilen balıklarda ağır metal kirliliğinin etkilerinin araştırılması, ekolojik dengenin korunması ve insan sağlığı açısından gerekli hale gelmiştir. Ağır metaller, beslenme zincirinde ya direkt olarak planktonlar ile ya da sudaki diğer tüketici organizmalar yolu ile balıklara geçmektedir. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme alışkanlığı ile ilgili olup, balığın dokuları ve organları arasında da farklılık göstermektedir (KARGIN ve ERDEM, 1991).

Dicle Nehri üzerinde kurulan Kralkızı ve Dicle barajlarının hizmete girmesi, son zamanlarda tarımsal ve ekonomik gelişmelerin artmasına ve dolayısıyla nüfus sayısında da bir artışa sebep olmuştur. Bu gelişmeler, gelecek yıllar içinde bölgede çevre kirliliğini arttıracak bir potansiyele sahiptir.

Dicle Nehri'ndeki su, sediment ve çeşitli balık türlerindeki ağır metal birikimi ile ilgili bir çok araştırma bulunmaktadır (ÜNLÜ ve GÜMGÜM, 1993; GÜMGÜM ve ark., 1994; ÜNLÜ ve ark., 1994; ÜNLÜ ve ark., 1995; ÜNLÜ ve ark., 1996). Ancak, son 10 yıl içerisinde Dicle Nehri'nin yukarı havzasında meydana gelen iki gelişmeyle, Nehrin ekosisteminde önemli değişimlerin olacağı beklenmektedir. Bunlardan birincisi Maden Bakır fabrikasının özelleştirilmesiyle birlikte önemli bir şekilde üretimin azaltılması, ikincisi ise nehir üzerinde kurulan Kralkızı (Dicle) ve Dicle (Eğil) Baraj göllerinin su toplaması ve faaliyete geçmesidir. Çalışmamızda bu değişimler sonucu, Dicle Nehri'nde önemli bir çevresel sorun olan sediment ve balık türlerinde yüksek düzeydeki ağır metal birikiminin hangi seviyelerde bulunduğu belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu nedenle araştırmamızda Dicle Nehri'nde su, sediment ve bentik karakterli balık (*Silurus triostegus* Hecke1843, *Mastacembelus simack* (Valbaum, 1792), *Mystus halepensis* Valenciennes,1839, *Orthrias euphraticus* (Banarescu & Nalbant, 1964), yengeç (*Potamon fulviatilis* (Herbst, 1785)), tatlısu salyangozu (*Physa acuta* Draparnaut, 1805), midye (*Unio elongatulus* (Pfeiffer, 1825)) ve ipliksi yeşil alg (*Spirogyra sp.*) gibi organizmalardaki Co, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. DİCLE NEHRİ GENEL ÖZELLİKLERİ

Dicle Nehri, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin birçok alanında etkili olup Elazığ, Diyarbakır, Mardin, Batman, Siirt, Bitlis ve Hakkari illeri sınırları içinde uzanarak, Türkiye-Suriye sınırından Irak topraklarına geçmektedir. Dicle Nehri, Elazığ ili sınırlarında bulunan Hazar Gölü'nün güneyinden çıkan Maden Çayı ile Eğil ilçesinin doğusundan gelen Dipni çayının birleşmesi ile meydana gelmektedir. Dicle Nehri, Diyarbakır'ın 22 km kuzeyinde Devegeçidi çayını alarak aynı yönde akışına devam etmektedir. Derin ve geniş bir yatak içinde akan Dicle Nehri, Diyarbakır'ı geçtikten hemen sonra doğuya yönelir. Bu arada birçok önemli kolları toplayarak Cizre sınırına varır. Maden çayı üzerinde ilk kaynağının rakımı 1.155 m iken, Diyarbakır önlerinde 560 m, Cizre'de ise 360 m'ye düşer.

Dicle Nehri üzerinde Kralkızı ve Dicle barajları inşa edilmiştir. Dicle Nehri'nin Kralkızı Baraj yerindeki drenaj alanı 1.300 km<sup>2</sup> ve ortalama akımı 761,4 hm<sup>3</sup>/yıl'dır. Dicle Baraj civarındaki drenaj alanı 3.216 km<sup>2</sup> ve ortalama akımı 1.924 hm<sup>3</sup>/yıl'dır. Kralkızı Barajı'nın gövde yüksekliği 112 m, aktif hacmi 1.711;6 hm<sup>3</sup> olan kaya dolgu tipinde bir barajdır.

Dicle Barajı, Kralkızı Barajı'nın mansabında (gövde öntü), Maden ve Dipni çaylarının birleşme yerinin 300 m kadar mansabında yer almaktadır. Aktif hacmi küçük olup suyu kabartmak amacıyla inşa edilmiştir. Dicle Barajı'nın gövde yüksekliği 78m, aktif hacmi 255 hm<sup>3</sup> olan kaya dolgu tipinde bir barajdır.

İklim özellikleri bakımından ortalama yıllık sıcaklık 15-9 °C dir. Uzun yıllara dayanan gözlemler neticesinde, ortalama sıcaklık ocak ayında 2 °C, temmuz ayında ise

39 °C olarak belirlenmiştir. Dicle Nehri boyunca ortalama yağış miktarı Diyarbakır çevresinde 496,7mm'dir. Ergani'de 777,4 mm. iken Dicle'de 878,6 mm'dir. Bölgede ortalama nisbi nem oranı %54'dür. Aralık ve ocak aylarında bu oran % 76'ya yükselirken yaz aylarında %27 ye kadar inmektedir. Bölgede ortalama rüzgar hızı 2,3 m/s'dir

Tablo.2.1. Dicle Nehri Ongözlü Köprü'nün fiziksel ve kimyasal özellikleri (Kaynak: DSİ 2000 Yılı ölçümleri)

SİMGE	PARAMETRELER	BİRİMİ	OCAK	MART	AĞUSTOS	EYLÜL	KASIM
Q	Debi	m <sup>3</sup> /s					
T	Sıcaklık	°C	12	16,3		31,5	20,7
pH	pH		8	8,52	8,08	8,2	7,68
EC	Elektriksel İletkenlik	mmhos/cm	663	320	358	348	375
Turb	Bulanıklılık	NTU	2,7	1,9	60,5	32	10
Col	Renk	Pt-Co	5	5	15	10	18
M-Al	Toplam Alkalinite	mg/l CaCO <sub>3</sub>	250	100	135	130	145
P-Al	Fenolftalein Alkalinite	mg/l CaCO <sub>3</sub>	0	5	0	0	0
Cl	Klorür	mg/l	26,27	16,33	15,79	16,68	10,65
NH3-N	Amonyak Azotu	mg/l	0,86	1,12	1,18	0,287	0,041
NO2-N	Nitrit Azotu	mg/l	0,007	0,041	0,31	0,037	
NO3-N	Nitrat Azotu	mg/l	4,7		4,8		0,03
TH	Toplam Sertlik	mg/l CaCO <sub>3</sub>	275	162,5	170	190	180
SO4	Sülfat	mg/l	50	34	29	33	20
Fe	Demir	mg/l		0,13	0,66	0,2	
Na	Sodyum	mg/l	6,21	1,18	4,12	1,56	1,01
K	Potasyum	mg/l	0,66	0,76	0,79	0,24	0,15
Ca	Kalsiyum	mg/l	68	30	36	50,6	48
Mg	Magnezyum	mg/l	25,51	21,26	19,44	1,27	14,58

Tablo.2. 2. Dicle Nehri Bismil Köprüsü-Bismil'in fiziksel ve kimyasal özellikleri (Kaynak: DSİ 2000 Yılı ölçümleri)

SİMGE	PARAMETRELER	BİRİMİ	OCAK	MART	MAYIS	TEMMUZ	EYLÜL	KASIM
T	Sıcaklık	°C	12,7	14,9		41,9	29,5	
pH	pH		8,2	8,72	8,5	7,9	7,9	7,98
EC	Elektriksel İletkenlik	mmhos/cm	590	317	350	358	410	698
Turb	Bulanıklılık	NTU	2	4,5	12	65	150	1,01
Col	Renk	Pt-Co	5	10	10	20	150	10
M-Al	Toplam Alkalinite	mg/l CaCO <sub>3</sub>	185	135	125	136	151,5	218
P-Al	Fenolftalein Alkalinite	mg/l CaCO <sub>3</sub>	0	0	25	20	0	0
Cl	Klorür	mg/l	19,17	12,78	10,33	15,6	15,62	46,15
NH3-N	Amonyak Azotu	mg/l	3,3	0,2	0,23	0,226	0,22	0,117
NO2-N	Nitrit Azotu	mg/l	0,12	0,002	0,002	0,034	0,005	0,012
NO3-N	Nitrat Azotu	mg/l	4,1	4	3,5	3,2	3	3,1
TH	Toplam Sertlik	mg/l CaCO <sub>3</sub>	285	177,5	175	175	200	300
SO4	Sülfat	mg/l	30	29	24	27	30	33
Fe	Demir	mg/l		0,19	0,12	0,09		
Na	Sodyum	mg/l	5,17	1,13	1,75	3,2	0,93	3,85
K	Potasyum	mg/l	1,44	0,15	0,5	0,31	0,19	0,64
Ca	Kalsiyum	mg/l	66	59	60	58	50,8	97
Mg	Magnezyum	mg/l	29,16	7,29	6,075	7,29	17,01	13,96

Tablo.2. 3. Dicle Nehri Dicle Barajı'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri (Kaynak: DSİ 2000 Yılı ölçümleri)

SİMGE	PARAMETRELER	BİRİMİ	OCAK	MART	MAYIS	TEMMUZ	EYLÜL	KASIM
T	Sıcaklık	°C	22,8	17,7			29	
pH	pH		8,4	9	8,96	8,2	8,3	7,8
EC	Elektriksel İletkenlik	mmhos/cm	312	69	232	283	268	309
Turb	Bulanıklılık	NTU	1,4	1,6	6,4	0,9	1,4	1,5
Col	Renk	Pt-Co	5	5	10	10	5	5
M-Al	Toplam Alkalinite	mg/l CaCO <sub>3</sub>	100	310	55	140	96,5	130
P-Al	Fenolftalein Alkalinite	mg/l CaCO <sub>3</sub>	0	0	10	0	0	0
Cl	Klorür	mg/l	12,78	1,8	15,62	15,12	17,75	15,62
NH3-N	Amonyak Azotu	mg/l	0,078	0,029	0,021	0,1	0,025	0,02
NO2-N	Nitrit Azotu	mg/l	0,007	0,08	0,035	0,001	0,009	0,009
NO3-N	Nitrat Azotu	mg/l	2,9		2,7	2,3	2,3	2,5
TH	Toplam Sertlik	mg/l CaCO <sub>3</sub>	155		115	175	140,5	180
SO4	Sülfat	mg/l	37		25	16	20	29
Fe	Demir	mg/l			0,025			0,05
Na	Sodyum	mg/l	1,11	1,22	1	1,14	1,17	1,1
K	Potasyum	mg/l	0,32	0,8	0,11	0,34	0,15	0,1
Ca	Kalsiyum	mg/l	42	3,07	36	54	42,6	56,8
Mg	Magnezyum	mg/l	12,15	3,38	6,075	9,72	8,8	9,23

Tablo.2. 4. Dicle Nehri Kralkızı Barajı'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri (Kaynak: DSİ 2000 Yılı ölçümleri)

SİMGE	PARAMETRELER	BİRİMİ	OCAK	MART	NİSAN	HAZİRAN	EYLÜL	ARALIK
T	Sıcaklık	°C	21,8		20			
pH	pH		8,4	8,38	8,7	7,8	8,1	8
EC	Elektriksel İletkenlik	mmhos/cm	290	307	295	286	303	300
Turb	Bulanıklılık	NTU	0,8	5,6	1,7	1,9	7	10
Col	Renk	Pt-Co	5	10	5	5	5	5
M-Al	Toplam Alkalinite	mg/l CaCO <sub>3</sub>	105	116	100	115	120	120
P-Al	Fenolftalein Alkalinite	mg/l CaCO <sub>3</sub>	10	10	15	0	0	0
Cl	Klorür	mg/l	8,52	14,91	11	14,2	17,75	17,75
NH3-N	Amonyak Azotu	mg/l	0,02	0,041	0,02	0,016	0,015	0,01
NO2-N	Nitrit Azotu	mg/l	0,002	0,013	0,005	0,003	0,004	0,005
NO3-N	Nitrat Azotu	mg/l	2,2	2,4	2,3	2,8	3	3,2
TH	Toplam Sertlik	mg/l CaCO <sub>3</sub>	165	185	166	162	145	150
SO4	Sülfat	mg/l	38	40	34	27	27	24
Fe	Demir	mg/l	0,04	0,02	0,08	0,02		
Na	Sodyum	mg/l	0,89	0,79	0,84	0,74	3,73	3,56
K	Potasyum	mg/l	0,24	0,13	0,12	0,12	0,14	0,12
Ca	Kalsiyum	mg/l	46	42	51	53,2	50,2	40
Mg	Magnezyum	mg/l	12,15	19,44	9	7,04	4,7	12,15

### Referans İstasyon (Reşan Çayı)

Reşan Çayı, Diyarbakır'ın yaklaşık 46 km güneydoğu'sunda ve Çınar ilçesi Aşağı Konak Köyü'nün 2-3 km güneyinde yer almaktadır. pH değerleri 7,5-8,3 arasında değiştiği için orta sertlikteki sular grubuna girmektedir. Reşan Çayı'nın fiziksel ve kimyasal durumu ile ilgili DSİ X. Bölge Müdürlüğü'nden alınan bazı değerler Tablo.2.5. verilmiştir.

Dicle Nehri çevresindeki bölgelerin sosyo-ekonomik durumuna bakıldığında, genelde tarıma ve kısmen de hayvancılığa dayalı olduğu görülmektedir. Dicle ve Kralkızı sularının tamamen hizmete girmesi önemli katkılar sağlayacaktır. Bu projenin gelişmesi ile sulu tarım alanları artacak, ürün deseni ve çeşitliliği çoğalacaktır. Bunun neticesinde, gerek tarım gerek sanayi kollarında meydana gelecek gelişmeler, ekonomik yapıyı güçlendirecektir. Aynı zamanda, Dicle Nehri sahasında ve çevresinde bakır,



krom, kurşun çinko ve linyit yatakları bulunmaktadır. Özellikle Maden Bakır işletmesi 1935 yılından bu yana faaliyet göstermektedir. Bölgede ekonomik yapının gelişmesiyle beraber yeni tarım alanlarının açılması, bölgemizde tarımsal amaçlı pestisit kullanımının artmasına yol açmaktadır. Ayrıca GAP projesiyle birlikte sanayiinin gelişmesi, doğal çevreye salınan ağır metal ve pestisit gibi toksik kimyasalların doğuracağı tehlikeleri de beraberinde getirmektedir.

Tablo.2.5. Reşan Çayı'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri (Kaynak: DSİ 2001 Yılı ölçümleri)

SİMGE	PARAMETRELER	BİRİMİ	MAYIS 2001
T	Sıcaklık	°C	23,9
pH	pH		7,04
EC	Elektriksel İletkenlik	mmhos/cm	584
Turb	Bulanıklılık	NTU	1
Col	Renk	Pt-Co	5
M-Al	Toplam Alkalinite	mg/l CaCO <sub>3</sub>	284
P-Al	Fenolftalein Alkalinite	mg/l CaCO <sub>3</sub>	0
Cl	Klorür	mg/l	14,2
NH3-N	Amonyak Azotu	mg/l	0,28
NO2-N	Nitrit Azotu	mg/l	0,749
NO3-N	Nitrat Azotu	mg/l	3,3
TH	Toplam Sertlik	mg/l CaCO <sub>3</sub>	297,5
SO4	Sülfat	mg/l	9
Na	Sodyum	mg/l	0,11
K	Potasyum	mg/l	0,07
Ca	Kalsiyum	mg/l	76
Mg	Magnezyum	mg/l	26

Dicle Nehri'ni kirletecek mevcut kaynaklar aşağıda belirtilmiştir :

- Beykan Petrol üretim sahası (Petrol kuyuları)
- Ergani ilçesi atık suları ve katı atıklar
- Diğer yerleşim alanlarının atık suları (drenaj alanında bulunan köy ve mahalleler)
- Diyarbakır kentinin evsel atıkları (Keşiş tepedeki çöp alanı)
- Dicle-Kralkızı baraj havzasındaki tarımsal faaliyetler sonucu medana gelen kirlenmeler (pestisit ve gübre kullanımı)

- Madensel faaliyetler ile ağır metallerin sel suları ile Dicle Nehri'ne ulaşması.
- Maden Bakır İşletmesinin atık suları (ANONİM,1997).

## 2.2. TATLISU EKOSİSTEMİNDE BENTİK BÖLGE VE ÖZELLİKLERİ

Deniz, göl ve nehirlerin hidrobiyolojik yönden incelenmesinde başta gelen konulardan biri de bu ortamdaki yaşam alanlarının topografik yönden incelenmesidir.

Böylece, yaşam alanları ile ilgili konular daha iyi anlaşılır olmaktadır.

Denizler ve göller ekolojik olarak iki önemli bölgeye ayrılırlar :

- 1.Pelajik Bölge: Su kitlesinin oluşturduğu kısım
- 2.Bentik Bölge: Su kitlesinin üzerine oturduğu ve derinliğin sıfır olduğu noktadan en derin noktaya kadar olan zemin (dip) bölgesidir (TANYOLAÇ, 1993).

### 2.2.1.-Tatlısu Sisteminde Bentik Organizmaların Rolü

Küçük omurgasızlar, birçok sucul ve karasal ekosistemlerde fonksiyonel olarak önemlidir. Tatlı su sedimentinde, bentik organizmalar oldukça boldur ve çeşitlilik göstermektedirler. Fakat, derinlerde ve kümeler halinde yaşadıklarından onları örneklemek oldukça zordur. Genel olarak, bentik omurgasızların tatlı sudaki fonksiyonel önemi ve tür zenginliği, ekosistemde meydana gelen büyük değişikliklere kadar fark edilmemiştir. Tatlısu ekosisteminde meydana gelen değişiklikler, sedimentte yaşayan türler ile onların besin zincirleri arasındaki karmaşık ilişkilerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, ekosistemde beklenmeyen değişiklikler, suyun bulanıklığından, akıntı hızından veya kuraklıktan dolayı olmaktadır (COVICH, 1988).

Bu gibi durumlar bentikte yaşayan türlerin yaşamını etkilemektedir. Bazı bentik türler, hastalık yayarak diğer organizmalar için bir tehdit oluştururlar. Örneğin, bentik omurgasızlardan *Tubifex tubifex* çeşitli parazitler taşımaktadır. Eğer bu omurgasızlar nehir sedimentinde artarsa, alabalıklar için öldürücü bir çok hastalık yayabilirler. Balık ölümleri sudaki oksijen yetersizliği, yüksek düzeyde hidrojen sülfid veya amonyum miktarının ve toksik alglerin artması sonucu meydana gelmektedir (BRINKHURST, 1997; COVICH ve ark., 1999).

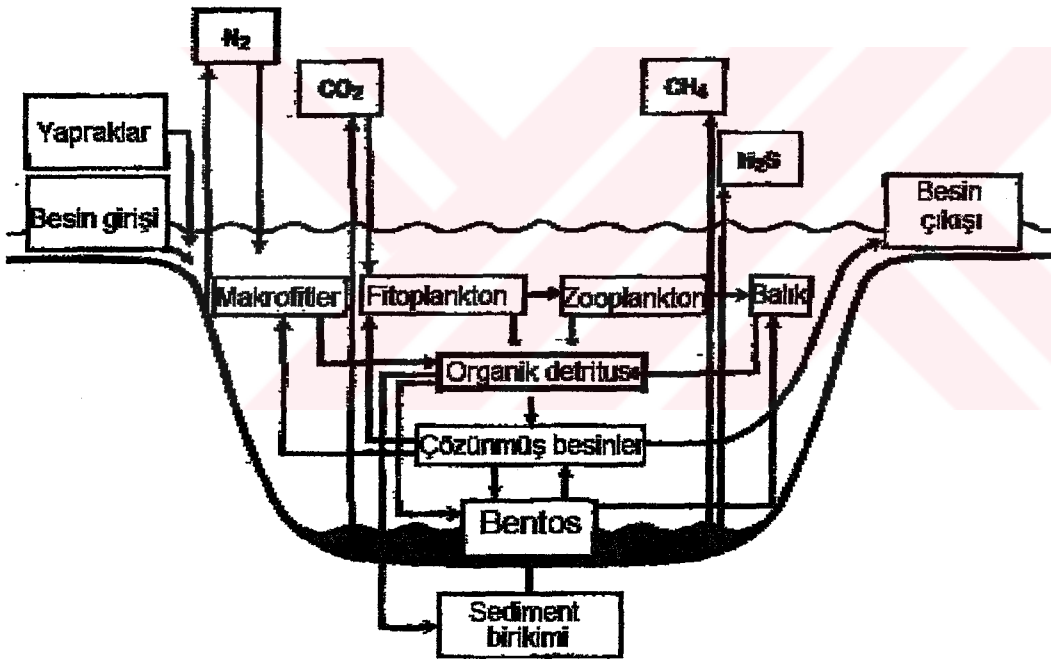
Nehirlerin ve göllerin çamurlu dip kısımları, ilk bakışta tekdüze (yeknesak) olarak görülebilir. Bu nedenle, yüksek biyolojik çeşitlilik için bir habitat oluşturmaz. Bununla beraber fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler boyunca substratlarda dikey ve düşey olarak birbirine benzemeyen farklı habitatlar yaratılabilir. Bu sedimentler süreçlerde, akıntı oranı ve yönü, sedimentteki tane büyüklüğü, ölü organizma artıkları, bitki köklerinin büyümesi ve ölmesi, yeni sediment birikimi, çeşitli hayvansal organizmaların yuva yapmaları ve bentik tüketicilerin dağılımları, fosfor, amonyak, hidrojen sülfid, çözülmüş oksijen ve diğer önemli kimyasalların konsantrasyonlarındaki kimyasal değişimler etkili olmaktadır. Habitatlardaki biyolojik ilişkiler, biyoçeşitlilik için önemli bir unsur oluşturmaktadır (COVICH ve ark., 1999).

Bentik türler tarafından üretilen besinler, besin zincirinin en önemli bileşenleridir. COVICH ve ark. (1999), bazı türlerin besin zinciri üzerine etkili olduğunu ve ekosistemdeki işlevlerde çok önemli roller oynadıklarını vurgulamışlardır.

### **2.2.2. Ekosistemin İşlevlerinde Türlerin Önemi**

Türlerin sayısının ekolojik oluşum oranıyla ilgili olmadığı, karasal birçok türlerle yapılan çalışmalarda ayrıntılarıyla belirtilmiştir. Ancak her tür farklı ekolojik

koşullarda yaşamak için ortama adapte olabilir. Bir türün bolluğu ve dağılımındaki değişiklikler, diğer türlerin o ortama adapte olmasını engellemektedir. Son zamanlarda, tatlısu ekosistemindeki organik madde döngüsünü belirlemek için, belirli bentik türlere daha çok önem verilmesi gerektiği ileri sürülmüştür. Özellikle, crustacealar tatlısu besin zincirinde hem enerji akışını hem de besin zincirini etkilemektedir. Ortamda tek bir türün varlığı veya yokluğu gibi durumlarda, otlama (sıyırma) ve çürüme oranı gibi ekolojik süreçler etkili bir şekilde değişmektedir. Tatlısu ekosistemindeki madde döngüsü Şekil 2.1.'de görülmektedir



Şekil 2.1. Tatlısu ekosisteminde madde döngüsü (COVICH ve ark., 1999).

Bentik komünitelerde, birbirine yakın türler besinlerini farklı kaynaklardan alabilirler. Böylece, türlerin beslenme şekillerinde farklılaşmalar görülebilir. Örneğin, primer tüketiciler otçul veya etçil olarak hareket edebilirler. Böylece, sayısız besin

zinciri halkaları (bağlantıları) oluşur. Bir türün başka bir tür ile pozitif veya negatif ilişkide olması, belirli bir türün kaybolması veya çoğalması, besin zinciri dinamikliğini etkilemektedir (COVICH ve ark., 1999).

Çok sayıdaki bentik türler, gölde yılın belirli zamanlarında çeşitli derinliklerde veya nehir kanalları boyunca özel mikrohabitatları işgal ederler. Bunun sebebi ise bentik türlerin yaşamak için ortamın sıcaklık dağılımı, substratın tipi, suyun akış hızı ve pH'nın belirli oranlarını tercih etmelerinden kaynaklanmaktadır. Bazı mikrohabitatlardaki yaşam ve tür dağılımını etkileyen bu farklılıklar, özellikle komünitenin yapısı ve türlerin sayısı arttığı zaman daha çok önem kazanmaktadır. Bu gözlemler sonucunda, ekosistemin işleyiş oranı büyük bir dağılımdan sonra değişebilir. Bu da tür kompozisyonunun sık sık değişmesinden kaynaklanmaktadır.

Tatlısulardaki farklı ekolojik süreçlerde farklı örneklerin dağılmış olması, zoobentik türlerin ortamla olan fonksiyonel ilişkileri hakkında temel bir genelleme oluşturmaktadır (COVICH ve ark., 1999).

Bentik tüketicilerin belirli grupları alg ve macrophytler gibi bitkisel ürünleri veya otsu yaprakları enerji kaynağı olarak kullanırlar. Irmağı besleyen küçük kaynaklarda yaşayan böcek türleri ise, organik olarak çürümüş parçaları, beslenme organları veya özelleşmiş ağızlarıyla parçalayarak beslenirler. Beslenme işlemi sırasında bazı parçalanmış ve asılı duran parçalar, nehirin aşağı bölgelerine doğru taşınmaktadırlar. Diğer türler ise çeşitli büyüklüklerdeki parçaları süzerek beslenmektedir. Bunlar nehirin alt bölgelerindeki parçalayıcıların olduğu yerlerde belirgin olarak bulunmaktadırlar (WALLECEAND ve WEBSTER, 1996).

### 2.2.3. Ekolojik Sistemde Bentik Türlerin Rolü

Tatlısudaki bentik türler besin zincirinde çeşitli görevler üstlenmektedirler. İlk olarak bentik omurgasızlar, çürümeyi hızlandırarak ekosisteme önemli bir katkı sağlamaktadırlar. Ölü organik maddeler, kıyı habitatlarındaki bentik türler için enerjinin temel kaynağıdır. Nehrin yukarı kısmında yaşayan bentik omurgasızların, olgunlaşmış dökülen yaprakların veya otların %20-73'ünü enerji kaynağı olarak kullandıkları tahmin edilmektedir. İkinci olarak bentik omurgasızlar, beslenme yoluyla çözünmüş haldeki besinleri sindirim ve boşaltım sistemi ile ortama bırakırlar. Böylece bakteriler, mantarlar, algler ve sucul angiospermiler, çözünmüş olan bu besinleri hızlı bir şekilde bünyelerine alırlar. Bentik ortamda bulunan mikroorganizmalar, algler ve köklü makrofitler, bentik omurgasızlardan olan herbivor ve omnivor türler tarafından tüketilmektedir. Üçüncü grubu oluşturan bentik omurgasızlar ise avlarının büyüklükleri, yaşama bölgeleri ve belirgin sayılarıyla kontrol edilebilen yırtıcılardır. Dördüncü grubu balık, kaplumbağa ve kuş gibi omurgalılar oluşturur. Bunlar besinlerini hem sudan hem de karadan sağlayabilirler. Bentik organizmaların ekosistemin işlevine olan etkisi ırmaklara, göllere ve nemli topraklara göre değişiklik göstermektedir (COVICH, 1988; WALLECE ve WEBSTER, 1996). Tatlısu sisteminde bentik bölgede yaşayan omurgasızlar ve yerleşim şekilleri Şekil 2.2. ve Şekil 2.4.'de görülmektedir.



Şekil 2.2. Tatlısuda bentik bölgede yaşayan omurgasızlar ve yerleşim şekilleri (COVICH ve ark., 1999).

Tatlısu ekosisteminde bazı türlerin kaybolmasıyla, ekolojik işlevler kritik olarak azalacak yada değişecektir. Bir türün ekosistemden tamamen tükenmesi tahmin edilmemekle beraber, türün ekolojik sistemde kaybolması, ortamda belirgin değişiklikler yaratacaktır (WILSON, 1992). Mühendislik işlemleriyle, doğal ekosistemleri düzeltmenin maliyeti karşılanamayacak kadar çok pahalı olabilir.

### 2.3. AĞIR METALLER

İnsan ve hayvanlar için hayati önemi olan metaller, endüstri ve uygarlığın temelini oluşturmaktadır. Taş devrinde, bakırı işlemeyi öğrenen insan giderek değişik metallerle uğraşmaya başlamıştır. Bu şekilde hem kendisi bu metallerden direkt olarak etkilenmiş, hem de çevresini kirletmeye başlamıştır (TIMBRELL, 1991).

Ortamda, milyonda bir veya daha az seviyelerde bulunan elementler, toplu olarak eser elementler olarak adlandırılırlar. Bunların bazıları hayvan ve bitki yaşamı

için gerekli olan elementler olarak tanımlanmaktadır. Fakat yüksek seviyelerde ise toksiktirler.

STOKER ve SEAGER (1976), ağır metallerin yoğunluklarını her bir  $\text{cm}^3$  için 5 gr'dan daha büyük yoğunlukta olduğunu ve bunun da suyun yoğunluğunun 5 katı kadar olduğunu belirtmektedirler. Organizmada birçok biokimyasal fonksiyonda rol oynayan Ca, Mg, Na, K, Cu, Zn, Fe, Mo, Co ve Se canlılarda olmadığı zaman, çeşitli semptomatik bozukluklara yol açmaktadır. Bu metaller ile birlikte endüstri atıkları sonucu ortama giren ve canlı organizmada kuvvetli toksik etkiye sahip olan Cd, Ni, Hg ve Pb gibi ağır metaller, su ortamında belirli limitlerin dışına çıktığında toksik etki yapıp organizmanın canlılığına son vermektedirler. Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn gibi ağır metaller, atık sularda normal olarak bulunmakta ve sudaki bazı canlı organizmalarda toksikasyona neden olabilmektedir. Bu birikim oranları ise balıkların yaşı, bulunduğu yer ve beslenme durumlarına göre değişmektedir (STOKER ve SEAGER, 1976).

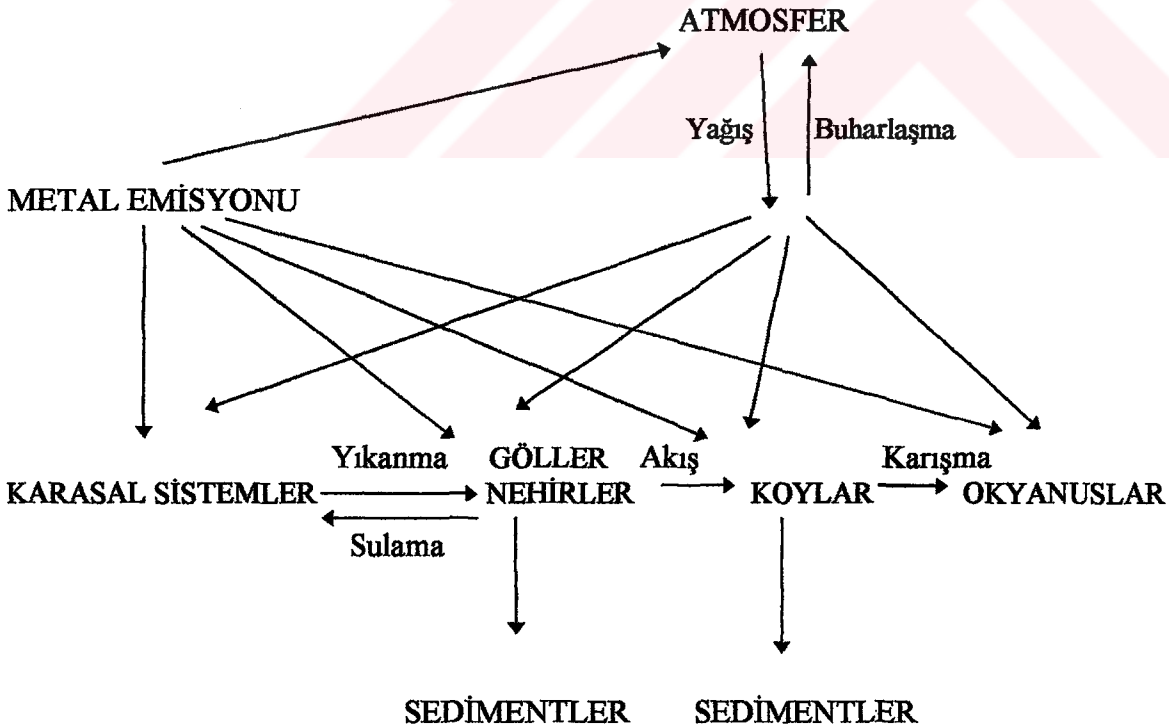
### 2.3.1. Ağır Metal Kirliliğine Yol Açan Kaynaklar

Metaller, erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarla taşınan tozla, volkanik aktivitelerle, orman yangınları ve bitki örtüsü ile nehirlere ve oradan da denizlere doğru taşınır. Denizdeki metaller, birçok nehrin bu denize olan katılımı sayesinde oluşur. Nehirlerle taşınan partiküller, nehirlerin deniz ile birleştiği bölgelerde birikirler. Hatta, bu nehirlerin endüstriyel ya da kentsel bölgelerden geçmesi sonucu insan atıkları yoluyla da birikim çok daha fazla olabilmektedir. Sularda çözünür haldeki metaller çökerek, sedimentte adsorbe olurlar. Özellikle nehrin denizle birleştiği geniş kısımlarda ağır metallerin sedimentasyonu daha yoğundur. Şekil 2.3.'de görüldüğü gibi, göl ve



denizlerin sedimentlerinde yüksek oranlarda ağır metal biriktiği bilinmektedir (FERGUSON, 1990; GOYER, 1986).

Her durumda toprak ve kayalardaki ağır metal miktarı, su ortamından daha yüksektir. Bununla birlikte, suda çözünmeyen toksik elementlerin varlığı, düşük konsantrasyonlarda olsa da toksik etki yapabilir. Toprak ve kayalardaki yüksek konsantrasyonlar, nisbeten eriyici nitelikte değildir. Bu nedenle, bu maddeler bitki ve hayvanlar için toksik etki göstermeyebilir. Diğer elementler biyosferin katmanlarında yüksek konsantrasyonlarda bulunabilirler. Alüminyum, yeryüzü kabuğunun %8,2'sini oluşturmasına karşılık Fe ortalama %3-4'ünü oluşturur. Bazı elementler ise eser elementler olarak doğada bulunur. Örneğin, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Pb, Mo, Ni, Se, Ag, Sn ve U gibi elementlerin hepsi kuvvetli toksiktirler. Bu elementler, suda 1 µg/gr'dan daha az çözülmüş durumda olduklarında bile sucul ekosisteme etki edebilirler (FREEDMAN, 1989).



Şekil 2.3. Doğada eser elementlerin taşınma yolları (GOYER, 1986).

Her geçen gün giderek artan miktarlarda değişik kaynaklardan gelen çeşitli kirleticiler, akarsulara ve denizlere hiçbir önlem alınmadan verilmekte ve canlıların yaşam ortamı olan suyun fazlaca kirlenmesine neden olmaktadır. Diğer yandan, doğal su kaynaklarının sulama suyu ve elektrik enerjisi elde etmek için baraj ve göletlerde toplanması,, kanalizasyonla sanayi atık sularının bu kaynaklara hiçbir arıtma işlemine tabii tutulmadan verilmesi, tarımsal mücadelede kullanılan ağır metal içeren kimyasal ilaçların (örneğin, fungusitler) çeşitli yollarla bu sulara karışması, metal cevherlerinin işlenmesi, tozdan ve araba eksozlarından salınması ve ayrıca endüstride pil ve plastiklerin içeriğinde kullanılması yoluyla doğaya salınan ağır metaller, suların kirlenmesine ve doğal özelliklerini kaybetmesine neden olmaktadır (GEY, 1988; MANAHAN, 1993).

Tablo 2.6. Doğada bulunan bazı önemli eser elementler (TÜMEN ve ark, 1992).

Element	Kaynaklar	Etki ve Önemleri
Arsenik	Madencilikte yan ürün, pestisitler, kimyasal atıklar	Toksik, muhtemelen kanserojen
Kadmiyum	Endüstriyel, madencilik ve metal kaplamacılık	Biyokimyasal olarak çinkoyla yer değiştirir, toksik
Krom	Metal kaplamacılık	Kr(VI) olarak muhtemelen kanserojen
Bakır	Metal kaplamacılık, endüstriyel atık, madencilik	Hayvanlarda çok toksik değil, alg ve bitkiler için toksik
Florür	Doğal, endüstriyel, içme suyuna ilave	1 mg/L civarında diş çürütmesini ve 5 mg/L civarında ise kemik hasarını önler
İyot	Endüstriyel, doğal ve deniz suyundan	Guatrî önler
Demir	Demir kaynakları, asit maden suyu	Çok toksik değil, demir oksitlerinden dolayı elbise ve banyo eşyalarının zarara uğraması
Kurşun	Endüstriyel, madencilik, sıvı yakıt ve kurşun kaplamacılığı	Toksik, yabani hayata zarar
Mangan	Mn kaynakları, endüstriyel atık	
Cıva	Endüstriyel atıklar, madencilik, kömür	Akut ve kronik toksisite
Molibden	Endüstriyel atık, doğal kaynaklar	Bitkiler için gerekli hayvanlar için biraz toksik
Gümüş	Doğal jeolojik kaynaklar, fotografik işlemler için elektro kaplamacılık	Derinin, mukoz membranların ve gözlerin mavi-gri renksizleşmesine sebep olur
Çinko	Endüstriyel atıklar, metal kaplamacılık	Esansiyel element, yüksek seviyelerde fitotoksik

Sudaki ağır metal kirliliğinin en önemli sebeplerinin başında madencilik endüstrisi gelmektedir. Cevherlerden metallerin kazanılması sırasında meydana gelen atıklar, çoğu kez geçirildikleri işlemlere bağlı olarak aktifleşip, birer kirlilik kaynağı haline gelmektedir (TÜMEN ve ark., 1992). Bu metaller, daha sonra atmosferik etkilerle çözünerek yeryüzü ve yeraltı sularına geçebilmektedir. Önemli kirleticiler arasında bulunan ağır metaller, sonuçta organizmada birikerek toksik seviyelere ulaşmakta ve canlıları tehdit etmektedir (TÜMEN ve ark., 1992).

### 2.3.2. Biyolojik Sistemlerde Ağır Metaller

Biyolojik anlamda metaller 3 gruba ayrılabilir (CLARK, 1992) :

1. Hafif metaller (sodyum, potasyum, kalsiyum, vb.), sıvı ortamlarda normalde hareketli katyonlar olarak taşınırlar,
2. Düşük konsantrasyonlarda esansiyel fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik olan geçiş elementleri (demir, bakır, kobalt ve mangan),
3. Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan fakat oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan metaloitler (cıva, kurşun, kalay, seleniyum ve arsenik).

Bunlardan geçiş elementleri ve metaloitler, genelde ağır metal olarak adlandırılırlar. Bir çok metal, canlı organizmalar için gereklidir (CLARK, 1992):

1. Omurgalılarda ve omurgasızların çoğunda bulunan solunum pigmenti olan hemoglobin, demir ihtiva eder; deniz omurgasızlarının solunum pigmenti hemeritrin de demir içerir.
2. Bir çok mollusk ve kabukluların solunum pigmenti olan hemosiyanin, bakır içerir.
3. Tunikatların solunum pigmenti, vanadyum içerir.

4. Bir çok enzim, çinko içerir.

5. Vitamin B<sub>12</sub> ise kobalt ihtiva eder.

Yukarıda açıklandığı ve Tablo 2.7. de görüldüğü gibi, bazı metallerin biyolojik fonksiyonları olmasına karşılık, herhangi bir metabolik fonksiyona sahip olmayan metaller de söz konusudur. Bunlara örnek olarak, kadmiyum, cıva, gümüş, kurşun, arsenik vb. verilebilir. Vücut için gerekli olan eser miktarlardaki metaller, metabolize edilebildiği halde, gerekli olmayanlar metabolize edilememektedir. Esansiyel olmayan ağır metaller, ne parçalanarak toksisiteleri azaltılabilmekte ne de vücuttan atılabilmektedirler. Bu nedenle, bu metaller metabolik fonksiyon görmediklerinden hücreler için toksiktirler. Bu metallerin hücre içine alınmaması için selektif bir mekanizma söz konusu değildir. Esansiyel metallerin difüzyon veya kolaylaştırılmış difüzyon mekanizmasıyla hücre içerisine geçtikleri şeklinde görüşler büyük destek görmektedir. Bu geçişte kalsiyum kanallarının rolü de söz konusudur. Birçok canlı sistemden elde edilen kanıtlar, Cd gibi ağır metallerin kalsiyum kanalları yolu ile akümüle olduğunu göstermektedir. Çeşitli kalsiyum kanal tıkaçıcıları (Blocker) kullanılarak ağır metallerin büyük bir kısmının hücre içerisine girişinin, kalsiyum kanalları yoluyla olduğu bulunmuştur (CLARK, 1992; GÜVEN ve ark., 1995). PERRY ve FLIK (1988), alabalıkta bu tür kanal tıkaçıcılarının, solungaçlarda kalsiyum ve diğer metallerin hücre içerisine girişini inhibe ettiğini göstermişlerdir.

Ağır metallere karşı biyolojik tolerans farklıdır. Biyolojik sistemlerde birçok element eser halde bulunduğu için, bunları nontoksik halde iletmek ve depolamak için gerekli mekanizmalar geliştirilmiştir. Bu gibi taşıma ve depolama işini çoğunlukla proteinler yapmaktadır. Kadmiyum, büyüme ve gelişme için gerekli olmadığı halde, memeli sistemlerde veya herhangi bir biyolojik sistemle karşılaştığı zaman, esansiyel

elementler olan çinko ve bakır gibi davranır. Toksik metaller, canlı sistemlerde esansiyel metaller için mevcut mekanizmaları kullanırlar. Örneğin, kadmiyum esansiyel eser elementlerinin metabolizmasını fonksiyonel olarak yerine getiren proteinlere bağlanabilir. Metalotiyonein adı verilen ve tiyol gruplarınca zengin, çok sayıda sistein amino asidi içeren düşük molekül ağırlığına sahip metaloproteinler, bu tipteki en iyi bilinen proteinlerdir. Depo yerleri çoğunlukla karaciğer ve böbreklerdir (VALLEE, 1991)

Tablo 2.7. Canlı organizmalarda bazı metallerin hücre içindeki biyolojik fonksiyonları (LIPPARD ve BERG, 1994).

Metal	Fonksiyon
Sodyum	Yük taşıyıcı; osmotik denge
Potasyum	Yük taşıyıcı; osmotik denge
Magnezyum	Yapısal görev; hidrolaz ve izomeraz enzimlerinde kofaktör
Kalsiyum	Yapısal görev; uyarıcı-sinyal verici; yük taşıyıcı
Vanadyum	Azot fiksasyonu; oksidaz enzim kofaktörü
Krom	Bilinmiyor; muhtemelen glukoz toleransında görev alır
Molibden	Azot fiksasyonu; Oksidaz kofaktörü
Mangan	Fotosentez; oksidaz kofaktörü; yapısal görev
Demir	Oksidaz kofak.; O <sub>2</sub> taşınması ve depolanması; elektron transferi; azot fiksasyonu
Kobalt	Oksidaz; alkil grup transferi
Nikel	Hidrojenaz; hidrolaz kofaktörleri
Bakır	Oksidaz; O <sub>2</sub> taşınması; elektron transferi
Çinko	Yapısal görev; hidrolaz kofaktörü

### 2.3.2.1. Metalotiyoneinler (Metal Bağlayan Poteinler)

Kadmiyum oldukça toksik bir element olup son yıllarda endüstrileşmeden dolayı çevredeki seviyesi artmış ve bazı problemler oluşturmaya başlamıştır. Bu ağır metal kanserojen, teratojen ve mutajenik etkilere sahiptir. Ayrıca, endokrin ve üreme sistemlerine zarar vermektedir. Diğer birçok metal gibi organizma içerisinde biyotransforme olmadığı için, diğer toksik maddeler gibi ne parçalanarak toksisitesi azaltılabilir ne de kolay bir şekilde vücuttan atılabilir. Biyolojik sistemlerde, birçok

element eser halde bulunduğu için, bunların nontoksik bir formda taşınması ve depolanmasında homeostatik mekanizmalar geliştirilmiştir. Bu gibi transport ve depolama işini çoğunlukla proteinler yapmaktadır (RIORDAN ve VALLEE, 1991).

Kadmiyum, büyüme ve gelişme için gerekli olmadığı halde, memeli sistemlerde biyolojik bir sistemle karşılaştığında esansiyel elementler olan Zn ve Cu gibi davranır. Böylece kadmiyum, esansiyel eser elementlerin metabolizmasını fonksiyonel olarak yerine getiren proteinlere bağlanır. Metalotiyonein, en iyi bilinen bu tipteki bir proteindir. Bu protein ilk kez 1950 yılında MARGOSHES ve VALLEE tarafından böbrek korteksinde tespit edilmiştir. Bu proteinler, birçok prokaryot ve ökaryotlarda bulunan, düşük moleküler ağırlığa sahip (6000-7000 D) metal bağlayan proteinler sınıfına girmektedir. Adından da anlaşılacağı gibi, metalotiyoneinler çok sayıda sisteine ait tiyol grupları içermektedir. Bu gruplar, Cd ve Zn gibi birkaç ağır metale büyük bir affinite ile bağlanırlar. Tipik olarak metalotiyoneinlerin en yüksek konsantrasyonları, metallere muamele edilen ergin hayvanların karaciğerinde bulunur. Pankreas ve böbrek dokularında Zn ve Cd muamelesinden sonra yüksek oranda metalotiyoneinlere (MT) rastlanmıştır. Metalotiyoneinlerin diğer birçok ajanlar (hormon, ilaç, alkol vb-) tarafından da indüklendikleri tespit edilmiştir (WAALKES ve GOERING, 1992).

Metalotiyoneinin primer yapısı, yüksek oranda sistein (total aminoasit içeriğinin üçte biri), serin ve glisin içermek ve aromatik amino asitler ve histidini içermemekle karakterize edilir. Metalotiyoneinler, toplam 61 amino asit kalıntısı içermektedirler ve bu dizide sisteinler oldukça düzenli bir tarzda sıralanmışlardır. Bu sıralanma, S-X-S, S-X-X-S ve S-X-X-X-S üniteleri şeklindedir. Burada X herhangi bir amino asidi gösterir. Bu sıralanmayı da yüksek oranda metal bağlanma kapasitesi sağlar (7 Cd ve Zn; 12 Cu). Metalotiyoneinin birçok türde Cd'un biyolojik detoksifikasyonunda önemli

bir rol aldığı düşünölmekte ve tolerans, metallerin bu proteinlere yüksek bir affinite ile bağlanmasıyla oluşur. Zn ve Cu metalleri, proteinleri indöklendiği bu ağır metallere bir ön muamelenin, Cd toksisitesini azalttığı bulunmuştur. Bu proteinin Cd detoksifikasyonunda rol alması büyük bir ihtimalle bu ağır metalin Zn'a olan benzerliğinden kaynaklanmaktadır (WAALKES ve GOERING, 1992).

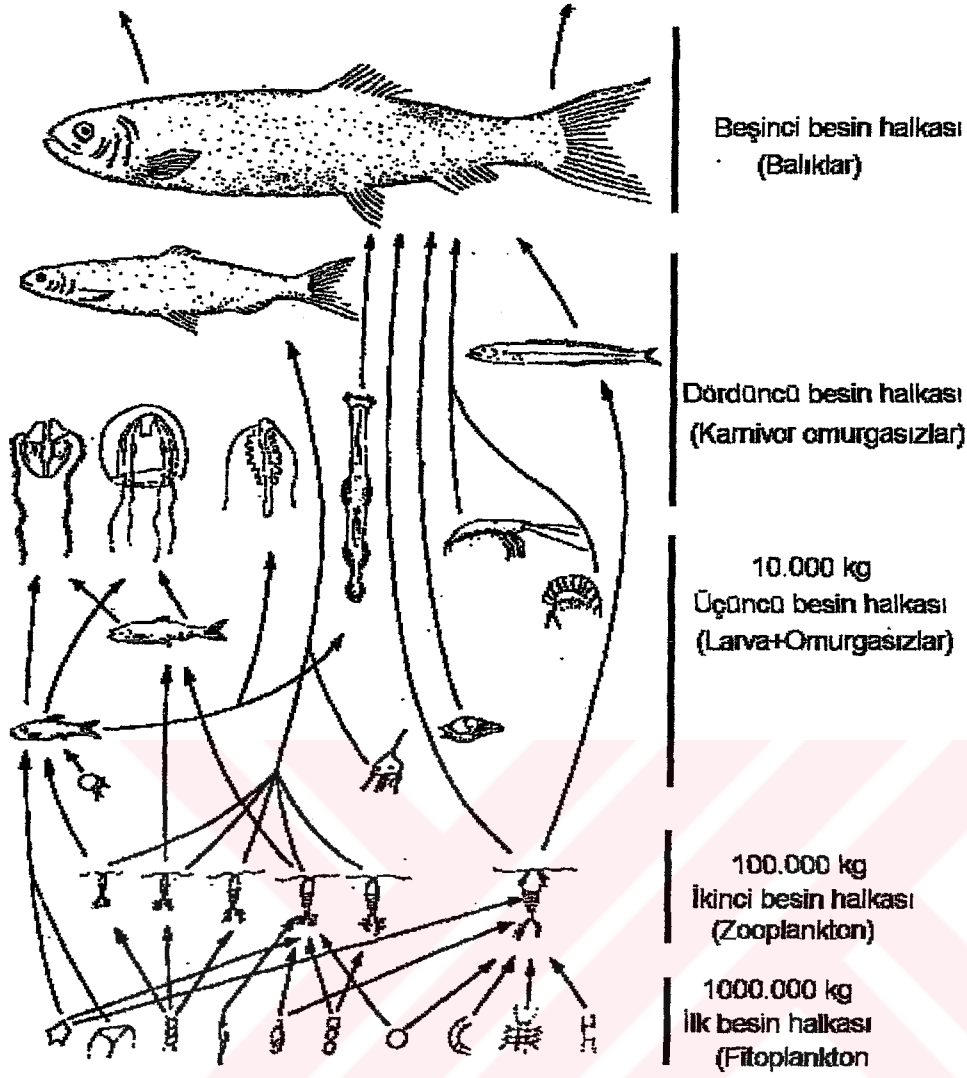
### 2.3.3. Ağır Metallerin Besin Zinciriyle Alınımı

Bir ekosistemde madde iletimi, canlılar arasında görölen besin zinciri ile sağlanır. Besin zinciri Şekil 2.4.'de göröldüğü gibi, bir canlının diğeri üzerinden beslenmesi sonucu oluşun bir piramittir. Bunlardan biri, bitkileri besin olarak almalarıyla, diğeri ise az çok ayrışın bitkisel ve hayvansal atıkların alınmasıyla olur.

Bitkilerle başlayan besin zincirinde, halkaları oluşturun üç grup vardır:

- 1.) Üreticiler
- 2.) Tüketiciler
- 3.) Ayrıştırıcılar

1. Güneş enerjisinden yararlanarak inorganik maddelerden besinini sentezleyen tüm klorofilli bitkiler üreticiler olarak tanımlınır. Bunlar ototrof bakteriler, fitoplanktonlar ve makroskobik su otlarıdır.



Şekil 2.4. Besin zincirinin ilk ve son basamağı (TANYOLAÇ, 1993).

2. Ototrof canlıların oluşturduğu ürünlerle beslenenler, birincil tüketicileri oluşturur. Fitoplanktonlarla beslenen kabuklular, küçük balıklar ve yumuşakçalar (Mollusca) ototrof canlılar grubuna dahildir. Herbivorlarla beslenen karnivorlar ise ikincil tüketicileri ve bu karnivorlarla beslenenler de (büyük balıklar) üçüncül tüketicileri oluştururlar.



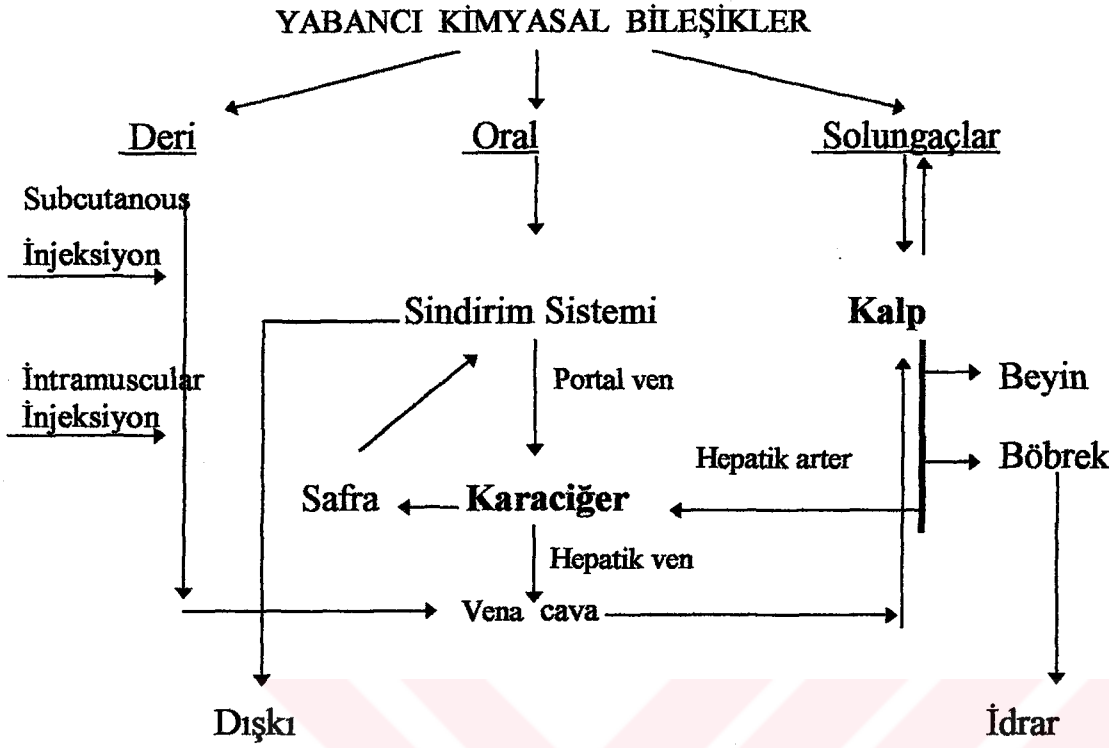
3. Besin zincirinin son halkasını ayrıştırıcılar oluşturup bitki, hayvan ölüleri ve atık maddelerle beslenen bakteri ve mantar gibi mikroorganizmalardır (TANYOLAÇ, 1993).

Ağır metaller, beslenme zinciri ile direkt olarak balıkların besinlerini oluşturan fitoplanktonlar ya da sudaki diğer tüketici organizmalar yolu ile balıklara geçmektedirler. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme alışkanlığı ve vücuda alınan metale bağlı olup, balığın doku ve organları arasında da ayırım göstermektedir. AKSUN (1986), yaptığı çalışmada karnivor balıklardaki konsantrasyonun, herbivor balıklardaki konsantrasyondan daha yüksek olduğunu saptamıştır. Çünkü, beslenme zincirinde daha üst basamaklarda bulunan balıklar, çoğunlukla diğer balıklarda bulunan metalleri alırlar. Aynı zamanda balığın beslenme şekline ve mevsimlere bağlı olarak da ağır metal konsantrasyonlarında önemli değişimler görülür (AKSUN, 1986).

Ağır metallerin alınımı ile birikimi, suyun ve sedimentin kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlıdır. Örneğin, suda artan Ca konsantrasyonu Cu, Cd ve Zn'nun alınımını azaltır. Balıkta metal alınım yollarının, solungaç ve bağırsak olduğu görülmektedir. Fakat bu alınım yollarının önemi henüz kesin olarak bilinmemektedir (HOGSTRAND ve HAUX, 1991).

### **2.3.4. Ağır Metallerin Vücut İçerisine Alınımı**

**2.3.4.1. Solungaçlardan Absorbsiyon:** Balıklar, ağız yoluyla sudaki oksijeni solungaçlardaki kılcal damarlardan alırken, beraberinde suda çözünmüş veya askıda bulunan materyalleri de alırlar. Bu sırada, suda bulunan ağır metaller de solungaçlardaki lameller tarafından vücut içerisine alınır (HEATH, 1987).



Şekil 2.5. Ağır metallerin vücuda alınımı ve dağılımı (DÖKMECİ, 1988)

#### 2.3.4.2. 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 bir zehirlenme tablosu ortaya çıkarır. Bu tablo, zehirin türüne, şiddetine ve absorbe olan konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir.

Ağız yoluyla vücuda giren toksik maddelerin absorbsiyonlarının en fazla olduğu yer, ince bağırsaklardır. Barsak mukozasının absorbsiyon alanının içerdiği villus ve mikrovillusların mideye oranla çok daha yaygın olması, toksik maddelerin burada daha uzun süre kalmalarına, dolayısıyla mukozalarla daha çok temas etmelerine neden olmaktadır (DÖKMECİ, 1988).

### **2.3.4.3. Deriden Absorbsiyon:**

Deri genellikle toksik maddelerle sık sık temas halindedir, ancak derinin ağır metallere karşı fazla geçirgen olmayışı nedeniyle, bu yoldan canlıların zehirlenmeleri nisbeten azdır. Deride, epidermisin en üst tabakası olan stratum corneum, epidermik bir bariyer olarak birçok kimyasal maddenin geçişini önlemektedir. Fakat buna karşılık, balıklarda suda çözülmüş durumdaki ağır metallerin deriden absorpsiyonu oldukça fazladır (DÖKMECİ, 1988).

### **2.3.5. Ağır Metallerin Hücreye Girişi**

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

1. Diffüzyon ya da pasif transport
2. Özel transport

#### **2.3.5.1. Difüzyon ya da Pasif Transport:**

Kimyasal maddelerin transmembran geçişleri, membranın iki yüzü arasındaki konsantrasyon farkıyla gerçekleşmektedir. Yoğun konsantrasyondan daha az yoğun konsantrasyona doğru molekül akımı vardır. Pasif transportta, membranın iki yüzü arasındaki osmotik basınç farkı sonucu porlardan geçen sıvıyla küçük moleküller de birlikte sürüklenir, büyük parçacıklar dışarıda kalır. Örneğin, kimyasal maddelerin önemli bir eliminasyon yolu olan böbreklerde, glomerüler membran nisbeten büyük

çaplı porlara sahip olduğundan, protein molekülleri dışında çözünmüş ağır metaller de porlardan süzülen sıvı ile birlikte filtrasyona uğrar.

Suda fazla çözünen hidrofilik küçük moleküllü iyonlar, eleği andıran membranın bir tarafından diğer tarafına geçebilirler.

### **2.3.5.2. Özel Transport:**

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'la bağlanıp, hücre içerisine Cd'u transfer etmesiyle gerekli olan Cu'nun alınımı inhibe edilmiş olur (DÖKMECİ, 1988).

HOGSTRAND ve HAUX (1991), Cd transferinin kolaylaştırılmış diffüzyon ile olduğunu, buna karşın Zn'nun alınımının ise Ca-ATPase vasıtasıyla aktif transport sayesinde gerçekleştirdiğini belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar, ağır metallerin hücre içerisinde arttığı zaman, bu metallerin büyük bir kısmının metalloproteinlerine bağlandığını da belirtmişlerdir. Balık, Cd ile işleme tabi tutulduğu zaman, hücre içerisinde Cd en fazla sitozolde birikir. Cıva da aynı şekilde metalloproteinlere bağlı olarak bulunmuştur. Gökkuşuğu alabalığının karaciğer sitozollerinde de bakırın biriktiği görülmüş ve bu hepatik Cu'nun dağılımı nukleuslarda ve sitozollerde de artma göstermiştir. Örneğin, ağır metalle kontamine olmuş bir bölgeden alınan tatlısu levreğinin karaciğerinde, toplam Zn'nun %13'ünün ve Cu'nun %55'inin sitozolik

metallotiyoeneine bağlı olduğu bulunmuştur. Golyan balığında Zn'nun dağılımı, nukleus, mitokondri ve sitozolde eőit miktarlarda bulunmuştur.

Balıklarda ağır metallerin dokulardaki dağılımı üzerinde yapılan araştırmalar, bu bileşiklerin karaciğer, böbrek ve solungaç gibi aktif organlarda daha çok metalotiyoeneine bağlı olarak biriktiğini göstermiştir (HOGSTRAND ve HAUX, 1991).

## 2.3.6. Ağır Metallerin Canlılardaki Dağılımı ve Birikimi

### 2.3.6.1. Ağır Metallerin Vücuttaki Dağılımı

Ağır metaller absorbe olup dolaşıma geçtikten sonra, vücut ağırlığının büyük bir çoğunluğunu oluşturan sıvı bölüme geçer. Kandan vücut sıvılarına geçiş, genellikle konsantrasyon gradiyentine bağlı olarak pasif difüzyonla olmaktadır. Vücutta toksik maddelerin dağıldığı vücut sıvıları başlıca e ayırılır:

1. Plazma
2. İnterstisyel ya da ekstraselüler sıvı
3. İntraselüler (hücre içi) sıvı.

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

**1. Kandaki Dağılım:** Demir iyonlarının bağlanması B1-globülin, bakır iyonlarının ve bazı metallerin bağlanması seruloplazminler önem taŐırlar. Plazmada bağlı olan madde inaktiftir ve böbreklerden elimine edilemez. Serbest ve bağlı madde molekülleri arasında bir denge vardır. Serbest mollekler kanda azaldıkça, bağlı maddenin bir kısmı serbest Őekle geçer. Proteinlere bağlı olan ağır metaller, vücutta depo görevi yaparlar. Çok toksik bir bileşik olan cıva, plazma albminlerine bağlanır.

**2. Dokulardaki Dağılımı:** Birçok metal, çoğunlukla spesifik dokuda depolanır. Bazıları yüksek konsantrasyonda bir dokuda depolanıp, toksik etkinin o organda ortaya çıkmasına yol açarlar. Fakat buna karşın diğer bazı metaller, organ dışında başka bir yerde zehirlenme belirtilerine yol açarlar. Örneğin, kurşun kemiklerde depolanmasına karşın, zehirlenme belirtilerini içorganlar kitlesinde gösterir (ensefalomiyelopati).

Toksik maddelerin merkezi sinir sisteminden geçişlerinde, kan beyin bariyeri sınırlayıcı bir rol oynamaktadır. Kan beyin bariyeri yavru balıklarda tam olarak gelişmediğinden, birçok ağır metal yeni doğan yavru balıklarda erişkinlere oranla daha çok etkilidir. Örneğin, kurşun yavru balıklarda oldukça etkili olduğu halde erişkinlerde etkili değildir (DÖKMECİ, 1988; TIMBRELL, 1995).

Absorbe olan eser elementler, solungaçlardan ve barsaklardan kana transfer edilir ve vücudun diğer kısımlarına dağıtılır. Her metalin dağılım yeri farklıdır. Balıkta kronik olarak Cu'a maruz kalındığında, Cu'ın daha çok karaciğerde akümüle olduğu görülmektedir. Solungaçların epitel hücrelerinden Zn'nun transferi oldukça hızlıdır. Cu ve Cd'un tersine, Zn birincil olarak kas ve deride dağılım gösterir, çok küçük miktarları karaciğer ve böbrekte akümüle olur. Zn'nun karaciğer ve böbrekteki atılımı oldukça hızlıdır. Oysa başta deri, kas ve kemikte daha yavaş elimine olur. Cd balıkta çok yavaş birikir. Cd'un esas biriktiği organlar böbrek ve karaciğerdir (HOGSTRAND ve HAUX, 1991).

### **2.3.6.2. Ağır Metallerin Vücuttaki Birikimi**

Sucul ortamlarda yaşayan organizmalar, buldukları ortamdan ağır metal gibi kimyasal maddeleri bünyelerine alır ve biriktirirler. Canlı sistemlerde yapılan bütün çalışmalar, bir çok organizmanın ağır metal biriktirdiğini göstermiştir (GILL ve ark., 1992; AMIARD ve ark. 1987; HOGSTRAND ve HAUX, 1991).

Ağır metaller çoğunlukla özelleşmiş dokularda yoğunlaşırlar. Bazı ağır metaller, en yüksek konsantrasyona erişince depolanmaya başlarlar. Depolanan toksik madde genellikle limiti aşmadığı sürece toksik değildir.

Balıklarda doku ve organlarda biriken metal, bu metale maruz kalma süresi ve ortam konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Balıklarda belirli bir metalin hangi doku ve organda öncelikle depo edileceği türlere göre değişim göstermektedir. Genelde en yüksek birikim karaciğerde, en düşük birikim ise kas dokusunda görölmektedir (KARGIN ve ERDEM, 1992). Bunun en önemli nedeni, genellikle ağır metallerin letal olmayan konsantrasyonlarda balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmesindedir.

Çeşitli balık türleri üzerinde yapılan araştırmalarda, karaciğerdeki metal birikiminin diğer organlara oranla oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir. Farklı ortam konsantrasyonlarında *Tilapia nilotica* (Tilapia balığı)'nın doku ve organlarındaki bakır birikimi incelendiğinde, en yüksek bakır birikiminin dalak ve karaciğerde olduğu, bunları sırasıyla barsak, mide, solungaç ve kasın izlediği gösterilmiştir (KARGIN ve ERDEM, 1989). Karaciğer, metallerin alınması ve depolanmasında önemli bir organdır. Karaciğer, metalleri bağlıyarak toksik etkinin yok edilmesinde işlev yapan metalloprotein gruplarınca zengin proteinlerin başlıca sentezlenme yeridir. Bazı temel metabolik fonksiyonların yürütülebilmesi amacı ile az miktarlarda gereksinim duyulan Cu ve Zn gibi bazı ağır metallerin ortamdaki derişimlerinin artması, metalin öncelikle metabolik aktivitesi yüksek olan organlarda birikmesine ve enzimlerin aktif bölgelerini bloke ederek organizmada toksik etkilerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (KHAN ve ark., 1989).

Metallerin toksikolojik etkileri, ortamda birden fazla metal bulunması durumunda değişim göstermektedir. Örneğin, Bakır-Çinko karışımında bakırın etkisi, salt bakıra oranla daha azdır. Ortamda bakırın birikmesi, çinko birikimini etkilememiştir (KARGIN ve ERDEM, 1991). PARLAK (1986), kefal balıklarının organ ve dokularında birikimin nasıl olacağıın belirlenmesi için yaptığı çalışmada, Cd, Pb ve Fe'in tek tek veya bir arada aynı ortamda buldukları halde Cd'un karaciğerde, Fe ve Pb'nun ise barsak, karaciğer ve solungaçlarda olduğunu göstermiştir. Cd birikimini Fe ve Pb arttırırken, Fe ve Pb birikimini Cd azaltmaktadır.

MOHARRAM ve ark. (1987), *Mugil cephalus*'taki organik ve inorganik Hg seviyelerini hesaplamış, her iki elementin kas ve diğer organlarla olan ilişkilerini incelemiştir.

KARGIN ve ERDEM (1992), *Tilapia nilotica*'nın dokularındaki bakır birikiminin, hem bakırın etkisinde hem de bakır-çinko karışımında süreye bağlı olarak artma gösterdiğini belirlemiştir. Belirli bir süre sonunda dokudaki bakır birikimi, karışım etkisindeki balıklara oranla, doğrudan bakır etkisinde kalan balıklarda önemli derecede yüksek olduğunu saptamışlardır. Yalnız, bakıra oranla bakır-çinko karışımının dokulardaki birikimi karaciğer ve kasta bir buçuk, solungaçlarda ise yaklaşık iki kat daha az olduğunu göstermişlerdir. Belirlenen süreler sonunda en yüksek bakır birikiminin karaciğerde olduğunu ve ortamdaki bakır birikiminin çinko varlığında azaldığını belirtmişlerdir. Balıklarda metal etkileşimleri üzerine yapılan çalışmalarında, Bakır-Çinko karışımında mortalite oranının, bu iki metalin tek tek olan toksik etkileri toplamından fazla olduğunu belirtmişlerdir.

*Tilapia nilotica*'nın doku ve organlarında bakır birikimi üzerine çinkonun antagonistik bir etkisi olmasının nedeni, kısmen metalloitiyonein gibi protein taşıyıcıları



üzerindeki bağlanma noktaları için, bu iki metal arasındaki rekabetle açıklanabilir (KARGIN ve ERDEM, 1992).

Çinko, enzimatik reaksiyonlar, protein sentezi ve karbonhidrat metabolizması için gereklidir (CARPENE ve ark.,1990; CARPENE ve VASAK, 1989). Bakır ve çinko, katalitik yapılarından dolayı birçok metalo-organik bileşiklerin ko-faktörleri olarak gerekli elementlerdir. Balıkların ihtiyacı olan miktar, türler arasında değişiklik gösterir (OGINO ve YANG, 1978). Balıklar tarafından bakırın alınması büyük oranda solungaçlar aracılığı ve alınan besinlerin absorpsiyonu ile olmaktadır. Balıkta bakırın en fazla depo edildiği organ ise metallothionein proteinden dolayı karaciğerdir. Bakırın vücuttan atılması ise idrar ve dışkı yolu ile olur (KARGIN ve ERDEM, 1989). Karaciğerdeki bakır düzeyinin bu metale maruz bırakılma süresine bağlı olarak arttığı, yüksek konsantrasyonlarda ise balıklarda belirli homeostatik mekanizmaları uyarması sonucu, hayvanlarda daha fazla miktarda bakırın biriktiği ve karaciğerin işlevini yapamadığı ve buna bağlı olarak balıkların kısa sürede öldükleri gösterilmiştir (KARGIN ve ERDEM 1992).

Deniz suyunda düşük konsantrasyonda bulunan bakır (0,2-16µg), solungaçlardan içeriye Na'un girmesini azaltması yanında, iyon düzenleyicilerini de etkiler. Solungaçta çözülmüş organik maddenin (Dissolved organic matter-DOM), solungaçlardan içeriye giren ve serbest durumda olduğunda balık için toksik olan Cu iyonlarıyla komplikasyonu sayesinde, serbest Cu iyonlarının sayısı azalmakta ve Cu'ın vücutta birikimi sağlanarak toksitesini azalmaktadır. Aynı şekilde, Cd balık ve mollusklerin solungaçlarında Ca'un bağlanma bölgeleriyle bir rekabet halindedir. Cd, Ca<sup>++</sup> ATPase basolateral etkisi sayesinde balık solungaçlarına Ca'un verilmesine müdahale ederek iyon dengesini etkilemektedir (HOLLIS ve ark., 1997).

Bivalvler, deniz ve tatlı sulardaki su kirliliğinin biyoindikatörü olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Genel olarak, midyelerin kabuğu ile içorganlar kitlesindeki ağır metal birikimleri karşılaştırıldığı zaman, içorganlar kitlesinde daha yüksek metal birikiminin olduğu görülmüştür. Bu nedenle, kabuklu organizmalar üzerine yapılan birçok çalışmalarda, yumuşak dokular tercih edilmektedir (PUENTE ve ark.1996; JAMIL ve ark.1999). PUENTE ve ark.(1996), *Mytilus galloprovincialis*'daki Cu, Pb ve Zn konsantrasyonunun içorganlar kitlesinde daha yüksek olduğunu belirtmektedir. Sedimentte meydana gelen fizikokimyasal işlemler, bivalvlerin metallerle olan ilişkisini harekete geçirmektedir. Metal konsantrasyon çalışmalarında biyomonitör tür olarak kullanılan midyelerin, sediment ile ilişkide olduğu belirtilmektedir (PUENTE, 1996). Midyeler, derin sedimentlerde süspansiyon halindeki parçaları sindirmesi ve solungaçlara doğru suyun direkt olarak geçişi ile tatlı su sistemindeki metal birikimini sağladıkları belirtilmektedir (JAMIL ve ark.1999).

### **2.3.7. Su Ortamında Metal Kirliliğinin Biyomonitörleri**

#### **2.3.7.1 Metalik Kirliliğinin Biyomonitörü Olarak Bentik Organizmalar**

Deniz ve tatlı su ekosisteminde molluskler ve algler, ağır metaller için en sık kullanılan biyolojik indikatörlerdir. Makro algler, gerekli olan birçok biyoindikatörlük özelliklerini taşıyan sessil organizmalardır. Laboratuvar çalışmalarını takip etmek için yeterince dayanıklı, yüksek oranda kirletilmiş bölgelerde yaşayabilir ve analiz yapmak için yeterli miktarlarda bulunmaktadırlar. Son yıllarda, deniz çevresinde biriken metalik toksikantları belirlemek için en çok deniz zoobentosunun özelliklerinden yararlanılmıştır. Deniz organizmaları, derindeki sediment ile karşılaştırıldığı zaman, daha yüksek metal konsantrasyonlarına sahip oldukları bilinmektedir (PHILLIPS ve

RAINBOW, 1993). BRYAN (1980)'a göre, mollusklerin yaşadığı ortamdaki çevreye bağlı olarak bünyelerindeki metal konsantrasyonunda değişimler görülmüştür. Molluskleri oluşturan bivalv ve gastropodları, ağır metal belirlemelerinde çekici hale getiren bazı özellikler vardır. Bunlar;

- 1.) Bivalvler ve gastropodlar kirliliğin en fazla olduğu kıyı kesimlerine ve boğazlara yerleşmişlerdir.
- 2.) Sessil olarak yaşamaları, kirlilik kaynağından kaçmalarına olanak vermemektedir. Bu sayede, bünyelerindeki metal konsantrasyonunu yeterince artırabilirler.
- 3.) Bivalvler ve gastropodlar, nispeten uzun yaşam halkasına sahip olmalarından dolayı birkaç yıllık uzun çalışmalarda kullanılmalarının tercih nedenlerindenidir.
- 4.) Bazı geniş coğrafik dağılımlarda, kirliliğin geniş dağılımının biyolojik göstergesi olarak ticari değere sahip olan bu türlerin çalışılmasına izin verilmektedir.
- 5.) Bivalvlerin ortamda yüksek yoğunlukta, gastropodların ise kıyı bölgelerinde sürekli bulunmaları nedeniyle toplanmaları oldukça kolaydır (BRYAN, 1980).

Birçok araştırmacı, böcek larvalarını biyomonitör olarak çekici yapan bazı unsurların olduğunu bildirmişlerdir. GOODYEAR ve MCNEILL (1999), bu unsurları maddeler halinde sıralamışlardır. Bunlar,

- Tatlısularda çeşitli hayvan gruplarını temsil eden türler vardır.
- Birçok takson bentik bölgede yaşar ve sediment ile yakın ilişkidedir.
- Birçok takson oldukça yerleşik durumdadır ve lokal şartları temsil etmektedir.
- Bu taksonlar, düşük metal konsantrasyonlarına toleranslıdır ve bünyelerinde metalleri biriktirebilirler.

- Bentik organizmaların bünyelerindeki metal konsantrasyonları, çevreleriyle ilişkili olduğunu gösterir.
- Doğal koşullar altında, bu kontaminantların vücutlarındaki birikimi uzun zaman alabilir.
- Böcek larvaları, temel besin zincirinin en önemli elemanlarıdır. Bu nedenle, besin zinciri içinde bütün metallerin gerçek ajanları olabilirler (GOODYEAR ve MCNEILL, 1999).

GOODYEAR ve MCNEILL (1999), sucul makro-omurgasızların, gelecekte potansiyel olarak yararlanılacak biyomonitörler olarak görüldüğünü belirtmektedirler.

#### **2.3.7.1. Metal Kirliliğinin Biyomonitörü Olarak Derin Sedimentler**

Sedimentler, sucul çevrede ağır metallerin en fazla çöktüğü yerlerden biridir. Sedimentin farklı fizikokimyasal formlar içinde olan kısımları, hem su ve metal arasındaki metal değişimini hem de sedimentteki metallerin biyolojik etkilerini incelemeye önemli bir rol oynamaktadırlar. Bu kısımlar sedimentin fiziksel ve kimyasal özellikleri tarafından büyük ölçüde etkilenmektedir. Sediment-su ilişkisinde ağır metallerin kimyası önemli bir rol oynamaktadır.

- 1.) Sedimentin üst tabakası, genellikle oksitlenir ve böylece sedimentin alt zonundan yukarı doğru hareket eden çözeltiler için bir difüzyon bariyeri olarak hizmet edebilmektedir.
- 2.) Birçok boğazın yatağı üzerinde bulunan yüzey sedimenti, askıda bulunan sedimentler ile hızlı bir şekilde yer değiştirebilmektedir.

3.) Su-sediment ilişkisine göre, iç kısımdaki sediment ile alt kısımdaki sedimentler karşılaştırıldığında, iç kısımdakilerin biyolojik faunaları daha önemlidir. Çünkü, faunaların çoğu sedimentin iç kısmında yaşamaktadır. Bu nedenle, yüzeysel sedimentlerin kompozisyonu, bazı deniz organizmalarının yaşam şartlarını önemli bir şekilde etkilemektedir (SZEFER ve ark. 1998).

Son yıllarda dikkatlerin çoğu, deniz depozitlerinin kimyasal bileşimine yönelmiştir. Büyük endüstriyel ve kırsal alanların yakınındaki kıyı bölgelerinden alınan sedimentler, çoğunlukla Zn, Cu, Pb ve Cd gibi metaller ile kontamine olmuşlardır. Bu elementler, 50-100 yıl öncekinden 5-10 kat daha yüksek konsantrasyona sahip olabilirler (BRULAND ve ark. 1974). Birikmiş partiküllü maddeler, zaman içerisinde denizlerde insanların yapmış oldukları etkileri yansıtmaktadır. Sedimentler uzun ve orta vadeli metal birikiminin iyi bir göstergesi olabilir. Genellikle elde edilen değerler, ölçülebilir sınırın üstündedir ve kontaminasyon riski oldukça düşüktür. Bu nedenle, sediment verileri sucul çevredeki bazı elementlerin dağılımı ve kaynaklarının bütün olarak değerlendirilmesi için tercih edilen bir yoldur.

Genellikle, sedimentlerdeki ağır metal konsantrasyonları üst yüzey sularının 3-5 katı kadardır. Sedimdeki metalin en küçük konsantrasyonu bile, bu ortamdan elde edilmiş besinlerde ve yuva yapmış organizmalarda önemli bir etkiye neden olduğu kabul edilmektedir. Bunun da ötesinde, Hg ve Pb gibi bazı metaller, sedimentlerin içerisinde biyolojik varlığı ve toksisitesi yüksek olan organometalik bileşiklere dönüşmektedir. Sediment metallerinin organizmaya ulaşmasında çeşitli yollar vardır. Detritüs hayvanlar hem solusyondaki hem de partiküle olmuş metallerin sindirilmesi yoluyla metallere maruz kalmaktadırlar (BRYAN ve LANGSTON, 1992).

Sedimentteki birçok metalin total konsantrasyonu, çözünmüş sudaki konsantrasyondan bir kaç kat daha yüksektir. Su ve sediment arasında meydana gelen küçük bir değişiklik, solüsyondaki total konsantrasyonu kesinlikle etkilemektedir (SZEFER ve ark., 1998).

### **2.3.8. Toksikolojik Olarak Önemli Olan Bazı Ağır Metaller**

#### **2.3.8.1. Çinko (Zn)**

Çinkonun dağılımı, çevrenin bitki örtüsü, volkanik faaliyetler ve orman yangınlarından kaynaklanmaktadır. Fakat son 10 yılda insan kaynaklı yayılım, doğal yayılım oranlarının %700'ünü aşmaktadır. Çinko, yapılarda kullanılarak tabakalarda çürümelere karşı dayanıklılık, karolar da havalandırma ve baca yapımında kullanılmaktadır. Çinko, keza tıbbi ve tarımsal ürünlerde, boyalarda, taş baskılı levha yazımında ve bataryaların üretiminde de kullanılmaktadır.

Çinko, RNA, DNA sentezi ve nükleik asitlerin biyosentezinde önemli bir rol oynar. Vücut dokusunun düzenlenme işlemlerinde önemli bir görev almaktadır. Aşırı derecede yutulmasında Zn zehirlenmeleri yaygın değildir. Fakat, insanlarda Zn'nun yutulması ile bağırsaklarda acı ve ishal durumları ortaya çıkmaktadır. Balık için Zn zehirlenmesi, karaciğerde fonksiyonel ölümlere, büyümenin azalmasına ve solungaçta önemli hasarlara sebep olabilir (TEAGU, 1999).

#### **2.3.8.2. Bakır (Cu)**

Bakırın çürümeye karşı dayanıklılığı, öz iletkenliği, tel haline gelebilirliği ve dövülgenliği gibi özelliklerinden elektrikte, yapılarda su tesisatlarında ve otomotiv sanayiinde evrensel olarak kullanılmaktadır. Cu'nun atmosferik yayılışının %75'i yaklaşık

olarak insan aktivitesinden kaynaklanmaktadır. Demir olmayan metallerin üretiminde Cu en fazla kullanılan kaynaktır. Bunu çelik, demir üretimi ve ağaç tüketimi takip etmektedir. Atmosferdeki Cu'nun en önemli doğal dağılım yolu, esen rüzgardaki tozla olmaktadır. Başka dağılım yolları ise orman yangınları, volkanlar ve bitki örtüsünden kaynaklanmaktadır.

Cu yüksek konsantrasyonlarda toksik etkiye sahip olabilen, fakat düşük konsantrasyonda metabolizma için temel geçiş elementlerinden biridir. Kontamine olmuş tatlı sulardaki Cu düzeyi, genellikle 0,5-1µg/lt oramında olup kırsal bölgelerde  $\geq 2$  µg/lt'ye çıkmaktadır. Tuzluluk, pH ve sıcaklık gibi faktörler, sudaki bakır varlığını etkilemektedir.

Kronik olarak bakıra (20-200 µg/lt) subletal maruz kaldığında, ortamdaki tür çeşitliliğinde, üreme ve hayatta kalma sürelerinde belirgin bir azalma olmaktadır. Yumuşak sularda, yumurtanın hayatta kalmasını ve üreyebilmesini, Cu'nun 4µg/lt 'si kadar düşük konsantrasyon sağlayabilir. Cu, hayvanlar için temel bir elementtir ve decapodlar, crustacealar, gastropodlar ve cephalopodlarda çok yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Vücuda alınan aşırı orandaki Cu karaciğerde birikmektedir. Cu, insanlar için akut olarak toksik değildir. Cu'nun kanserojenik ve mutajenik olduğu şimdiye kadar belirtilmemiştir (TEAGUE, 1999; CLARK 1992; HAPKE, 1991).

### 2.3.8.3. Nikel (Ni)

Isı ve elektrik iletkenliği, sertliği ve gerginliği gibi özelliklerinden dolayı dünyada geniş bir şekilde kullanılır. Nikelin doğal yayılımı rüzgar, volkanlar, bitki örtüsü, orman yangınları ve denizaltındaki püskürmelerden kaynaklanır.

Nikel, insan sağlığı için temel eser elementlerden biridir. Balıktaki Ni konsantrasyonunun yüksek olması, solungaçlardaki membran lamellerinin kalınlaşmasını arttırır ve hücre membranlarının difüzyon kapasitesini azaltır. Solungaçtaki kalınlaşma, balığın boğularak ölümüne yol açmaktadır. Nikele kronik olarak maruz bırakılma, canlı organizmalarda kanserojenik ve teratojenik etkilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (TEAGUE, 1999).

#### 2.3.8.4. Kadmiyum (Cd)

Endüstride Cd'lu minerallerden, Cd içeren plastik metal atıklarından çevreye yayılan Cd, hava, su ve toprağı kirletmektedir. Toprak ve suda biriken Cd ise sudaki organizmalara geçmekte, buradan da besin zinciriyle balık ve insanlara ulaşabilmektedir. Besinlerde Cd, en çok kabuklu su hayvanlarının karaciğer ve böbreklerinde birikir. Bu besinlerdeki kadmiyumun miktarı 10 mg/g'ın (yaş ağırlık) üzerine çıkabilir. Kadmiyum, bileşiklerinde Cd<sup>+2</sup> değerliğindedir. Cd doğada Zn ile birlikte bulunur. Kadmiyum, balığın büyüme ve gelişmesi için gerekli olmadığı halde, memeli sistemlerle veya herhangi bir biyolojik sistemle karşılaştığı zaman, esansiyel elementler olan Zn ve Cu gibi davranır, metalotiyoneinin Cu ve Zn ile bağlanacağı -SH grublarına bağlanarak karaciğer ve böbreklerde depo edilebilir. Aşırı derecede toksik bir metaldir (GOYER, 1986; DUNNICK ve FOWLER, 1988; TIMBRELL, 1991).

Kadmium, cıvadan sonra en toksik ikinci metaldir. Düşük konsantrasyonlarda toksik olabilen ve metabolik aktivite için gerekli olmayan bir metaloitir. Sıcaklıktaki bir değişme, Cd alınmasını ve toksisitesini arttırır. Oysa, tuz veya suyun sertliğinin artması Cd'un etkisini azaltır. Genel olarak suyun organik içeriğinin kadmiyumu



bağlayıp tutmasıyla ortamdaki miktarı azalır, böylece canlı organizmalardaki etkisi de azalmış olur (TEAGUE, 1999).

Sucul ortamda, aynı konsantrasyonlara (2,5 mg/l) maruz bırakılan solucanlardaki Cd'un birikimi, sazanbalığı ve copepodlara göre daha yüksek seviyede görülebilir (GHOSAL ve KAVIRAJ, 2002).

Kadmiyumun suda çözünen tuzları ( $CdCl_2$  gibi), kolayca solungaçlar yolu ile kana absorbe olabildiği halde, suda çözünemeyenleri uzaklaştırılmakta veya gastrointestinal yolla yutulmaktadır. İnce barsaktaki absorpsiyonu kalsiyum, demir ve protein eksikliğinde artar. Ortamda Ca miktarı azaldığında, Cd absorpsiyonu hızlanmakta, Ca miktarının artması durumunda ise Ca absorpsiyonu azalmaktadır. Bu da her iki metalin hücre içerisine girişinin benzer yollarla olduğunu göstermektedir. Organizma içerisindeki serbest Cd oranı metalotiyoneinler tarafından dengelenmektedir.

Kadmiyum kanda proteinlere ve alyuvarlara bağlanır ve bu şekilde taşınır. Fakat taşınan kadmiyumun %50-70'i karaciğer ve böbreklerde birikmektedir. Özellikle zararlı olmaya başladığında böbreklerle dışarı atılır. Bulunduğu ortama bağlı olarak yaş ilerledikçe vücuttaki Cd birikimi artmakla beraber atılım miktarı değişmez. Özellikle kadmiyuma kronik olarak maruz bırakılma sonucunda böbrek hasarı, akut maruz bırakılmalarından sonra ise testislerin hasarına sebep olduğu bilinmektedir. Bu metal, kalsiyum metabolizmasının bozulmasına ve kemiklerin daha kırılır duruma gelmesine neden olabilir. Kadmiyumun sürekli küçük dozlarına maruz kalınması sonucunda metalotiyoneinin miktarının artmasıyla, bu metalin akut toksisitesi azalacaktır (TEAGUE, 1999).

### 2.3.8.5. Cıva (Hg)

Cıva, doğal dağılımla sürekli serbest hale geçtiği için tüm canlılarda eser miktarlarda bulunur. Cıva, balıkların gelişimi için gerekli değildir. Bileşikleri,  $Hg^{+1}$  ve  $Hg^{+2}$  halinde bulunur. Cıvanın dağılımı, kimyasal şekline ve vücuda giriş yoluna bağlıdır. Tek veya iki değerlikli bulunan cıva, sindirim sisteminde az miktarda absorbe edilir ve böbreklerde birikir. Organik cıva ise sindirim sisteminde çok iyi absorbe edilir ve hemen sonra beyine, posterior kortekse yayılır.

Cıva, beyin, böbrek ve kan hücreleri dışında kemik, dalak ve karaciğerde de birikir. Oral yolla alınan cıvanın %10'u idrarla dışarı atılır. Metil cıva formundaki cıva ise, merkezi sinir sistemini etkilemesiyle aşırı derecede toksiktir (TIMBRELL, 1991). Yakın zamana kadar endüstride kullanılması sonucu atık olarak sulara karışan cıvanın, su dibinde kalıp zararlı olmayacağı düşünülüyordu. Ancak, 1953-1960 yılları arasında Japonya'da Minamata Körfezi'nde cıva ile kontamine olmuş balık ve istiridyeleri yiyen halkta görülen epidemik zehirlenme olayı, bu görüşün yanlış olduğunu ortaya çıkarmıştır. "Minamata hastalığı" olarak isimlendirilen ve nörolojik bozukluklar saptanan bu olayda 421 akut zehirlenme, 47 kişide de ölüm görülmüştür. Minamata Körfezi'nde vinilklorür üretimi yapan bir fabrikadan körfeze atılan cıvanın, sedimentlerde mikroorganizmalar tarafından metil cıvaya dönüştürülür. Lipofil özellikle ve çok toksik olan bu bileşiğin biyolojik birikimi besin zincirinde şu sırayla olur; Metil cıva → Sucul bitkiler → Algler → İlkel hayvanlar → Balıklar → Deniz kabuklu hayvanları → İnsanlar. Cıva ile kirlenmiş olan su ve denizlerde, Hg miktarının 200-5000 mg/kg/yaş ağırlık olduğu, çok kirli sularda yaşayan balıklarda ise 20.000 mg /kg/ yaş ağırlık olabileceği gösterilmiştir (MOHARRAM ve ark., 1987).

Balıklarda pH ve sıcaklık gibi çevresel değişimler, cıvanın özellikle de metil cıvanın alınımını artırmaktadır. Deniz ve tatlısularda yaşıyan bazı türler üzerindeki gözlemlerde, balığın bütün dokularındaki cıva konsantrasyonunun, balığın yaş artışıyla beraber artmış olduğu belirtilmektedir. Bazı erkek türlerde, cıvanın dışınkinden daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu bulunmuştur (TEAGUE, 1999).

#### 2.3.8.6. Kurşun (Pb)

Son yüzyıl boyunca kurşunun yayılma oranı hızlı bir şekilde artmıştır. Kurşun, suda  $Pb^{+2}$  oksidasyon durumunda çözüdür. Kurşun sülfat ise suda çözümez. Endüstriyel ve madencilik faaliyetlerinin yanısıra, kireç taşı, kurşun yatağı ve bazı durumlarda da yağmurlar, başlıca kirlilik kaynaklarıdır. Kurşun, balıkların besin zincirine katılarak vücutta birikebilir. Kurşun tuzları, mide suyunda ve kanda oldukça çözüdür halde bulunur (TIMBRELL, 1991).

Absorbe olan kurşunun atılımı çok yavaştır ve hayat boyu vücutta birikir. Absorbe olan kurşun kana geçerek kısa zamanda dengeye ulaşır. Kan yoluyla çeşitli organlara (aort, kıkırdak, böbrek, dalak ve kaslara) dağılır. Yaşa bağılı olarak kemikteki birikimi artar. Böylece, kurşun çeşitli organlarda hasara ve kimyasal etkilere de sebep olabilir. Kansızlığa (anemi) neden olması, en önemli biyokimyasal etkisidir.

Pb'nun kronik etkisi, 8  $\mu\text{g}/\text{lt}$  kadar düşük konsantrasyonlu suda görülür. Subletal olarak Pb'a maruz bırakılan balıkta, kronik düzeyde bazı özel dokuların yapılarında değişmeler gözlenir. Mitokondri kristallerinde ve poliribozom yoğunluğunda azalma, ribozom yoğunluğunda artma olabilir. Diğer taraftan, lateraldeki destekleyici hücrelerin ve duyuların ölmesi, kasta titremelerin olması skoliosis ve kaudal bölgedeki derinin kararması gibi belirtiler, kurşun zehirlenmesinin göstergesidir (TEAGUE, 1999).

Kurşun, erkek ve dişi bireylerde üremeyi etkilemektedir. Balıklarda yapılan çalışmalarda, kurşunun gametotoksik olduğu gösterilmiştir. İnorganik kurşunun akut etkisi böbrek hasarı meydana getirir (TIMBRELL, 1991).

Yukarıda belirtilen ağır metallerin yanı sıra, doğada bulunan bir çok metal de çeşitli şekillerde toksik etki yapmaktadırlar. Bakır, çinko ve demir gibi esansiyel elementler, eser miktarlarda organizmalar için gereklidir. Fakat aşırı dozlarda alınmaları sonucunda bu metaller toksik etki gösterebilirler. Gümüş, nikel ve krom gibi non-esansiyel metaller, organizmalar tarafından metabolize edilemediklerinden dolayı fazla toksik etkiye sebep olabilirler.



### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Araştırma İstasyonları

Bu çalışmada, Dicle Nehri'ndeki su, sediment ve bazı canlı organizmalardaki ağır metal birikimini araştırabilmek için, Haziran 2000 – Mayıs 2001 tarihleri arasında Dicle Nehri üzerinde belirlenen 6 farklı istasyon seçilmiştir. Herhangi bir atık suyun katılmadığı ve temiz olarak ifade edilebilecek Reşan Çayı ise referans istasyon olarak alınmıştır (Şekil 3.1). Bu istasyonlar :

I. İstasyon : Maden ilçesi çıkışı. Eski Bakır fabrikası artıklarının nehire boşaltıldığı yerin ilerisinde, Maden-Diyarbakır yolu 5. km,

II. İstasyon : Kralkızı Barajı. Dicle ilçesinin 6-7 km ilerisinde, baraj gövdesinin alt tarafı,

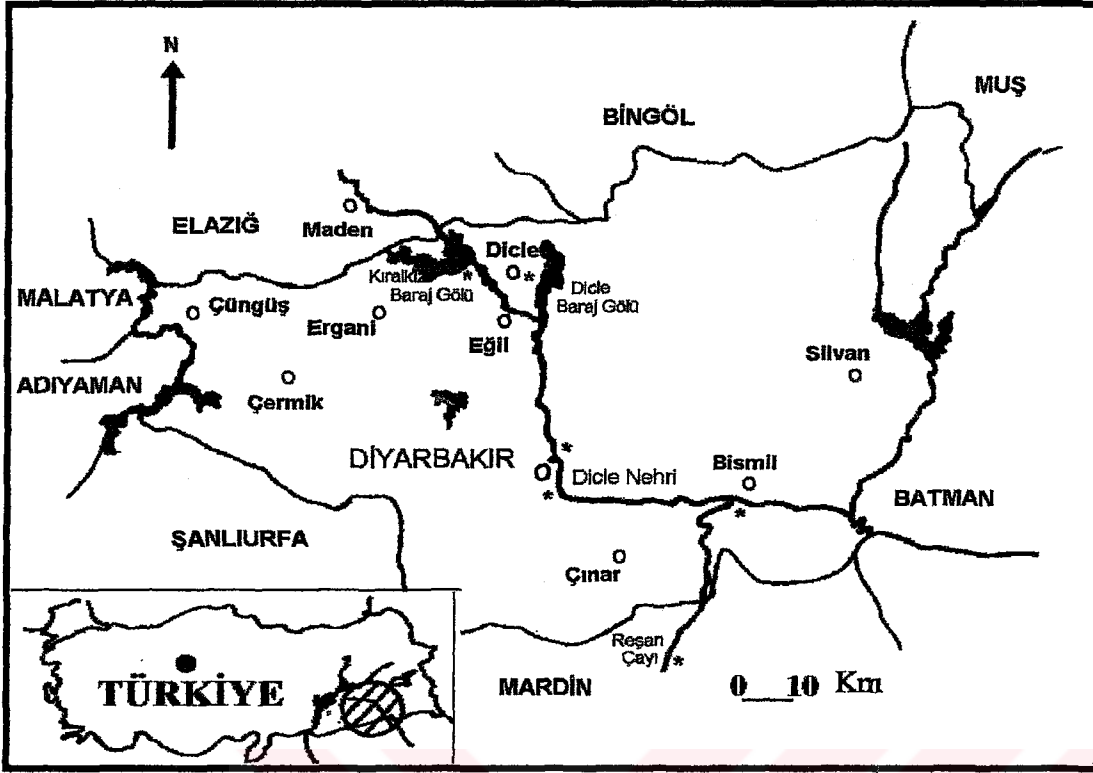
III. İstasyon : Dicle Baraj Gölü (Eğil ilçesi). Eğil ilçesinin 300 m ilerisindeki Eğil Kalesi'nin dip tarafı,

IV. İstasyon : Dicle Üniversite köprüsü. Diyarbakır il girişi,

V. İstasyon : Ongözlü köprü. Diyarbakır il çıkışı,

VI. İstasyon : Bismil Köprüsü. Bismil ilçe girişinde mezbahane atıklarının atıldığı yerin 1km ilerisi,

Referans istasyon: Reşan Çayı. Çınar ile Mazıdağ arasında Aşağı Konak Köyü'nün 2-3 km güneyi.



Şekil 3.1. Araştırma istasyonları.

### 3.2. Materyalin Araziden Toplanması

Yukarıda belirtilen istasyonlardan su ve sediment örnekleri ile nehrin bentik alanlarında yaşayan balık (*Silurus triostegus*, *Mastacembelus simack*, *Mystus halepensis*, *Orthrias euphraticus*), yengeç (*Potamon fulviatilis*), tatlısu salyangozu (*Physa acuta*), midye (*Unio elongatulus*) ve ipliksi yeşil alg (*Spirogyra sp.*) örnekleri mevsimsel olarak toplanmıştır.

#### 3.2.1. Su Örneklerinin Alınması

Her istasyondan alınan su örnekleri, 1 lt'lik örnek saklama kaplarına aktarılmıştır. Kapların üzerine suyun alındığı istasyonun adı, günü ve saatini içeren etiket yapıştırılmış ve laboratuara getirilmiştir.

Laboratuara getirilen su örneklerinin her biri Whatman kağıdı yardımıyla filtre edilmiştir. Bütün su örnekleri 500 ml'lik erlenlere aktarılarak etiketlenmiştir. Su örneklerdeki çökelmeyi önlemek için, üzerlerine birkaç damla %1'lik Nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) ilave edilmiş ve zaman geçirilmeden analiz edilmiştir.

### 3.2.2. Sediment Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması

Ağır metal birikiminin belirlenmesi amacıyla, her mevsim belirtilen istasyonlara gidilmiş ve sondaj borusu yardımıyla bentik bölgeden yaklaşık 30 cm derinliğinden sediment örneği alınarak torbalara yerleştirilmiş ve etiketlenmiştir.

Sediment örnekleri saat camlarına aktarılmış, etüvde  $110\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 24 saat tutularak sabit kuru ağırlıkları elde edilmiştir. Etüvden çıkarılan örnekler, porselen havanda dövülerek ot ve taş parçalarından arındırılmıştır. Dövülmüş olan sediment örnekleri, 100 meşlik elekten geçirilerek polietilenli kaplara alınmış ve etüvde tekrar kurutularak dessikatörde bekletilmişlerdir.

İşlem esnasında kullanılan tüm malzemeler (beher, saat camı, baget, balon joje, pipet, erlen, havan, polietilen kaplar ve krozeler) kromik asitte bekletilmiş, daha sonra saf sudan geçirilerek  $100\text{-}105\text{ }^\circ\text{C}$ ' de kurutulmuşlardır.

Sediment örneklerinden 3 gr alınarak 50 ml'lik beherlere aktarılmıştır. Kum banyosuna gömülerek 1/3 oranındaki derişik  $\text{HNO}_3$  ve  $\text{HCL}$  ile çözünürleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çözünürleştirme işlemi, GÜMGÜM ve ÖZTÜRK (2001) tarafından önerilen yönteme göre yapılmıştır. Asitten tamamen arındırılmış ve çözünürleşmiş olan örnekler, % 1'lik  $\text{HNO}_3$  içeren distile su ile yıkanmış ve 45'lik Whatman süzgeci ile süzülerek 50 ml'lik balon jojelere aktarılmıştır.

### 3.2.3. Balık Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması

Aynı bölgeden ve aynı anda, balıkçıların kullanmış oldukları serpmelerden veya ağlardan yararlanılarak bazı balık örnekleri (*Silurus triostegus* *Mastacembelus simack*, *Mystus halepensis*) yakalanmıştır. *Orthrias euphraticus* örnekleri ise nehir kenarlarına yakın ve su akışının hızlı olduğu taşlık yerlerden tül kepçelerle yakalanmıştır.

Her balık örneğinin önce total boy ve total ağırlık değerleri alınmış, daha sonra dissekte edilmiştir. Yaş tayinleri, pulsuz olmaları nedeniyle omurlardan yararlanılarak yapılmıştır. Örneklerin yaş, total boy ve ağırlık değerleri Tablo 3.2.1. de verilmiştir.

Tablo 3.2.1. Analiz edilen balık türleri ve bunların yaş, total boy ve ağırlık değerleri

Balık türü	N	Yaş	Boy uzunluğu (mm)	Ağırlık (gr)
<i>Silurus triostegus</i>	14	4-6	170-420	48-650
<i>Mastacembelus simack</i>	14	3-6	240 - 650	52-750
<i>Mystus halepensis</i>	15	2-4	115-170	19-72
<i>Orthrias euphraticus</i>	56		30-47,5	0,48-1,38

Disseksiyonu yapılan her balığın karaciğeri, solungaçlarının tümü ve sırtın yan tarafından, dorsal yüzgecin ön kısmından yaklaşık 4-5 gr kadar kas örneği alınmıştır. Disseksiyonla alınan karaciğer, solungaç ve kas örnekleri, önceden darası alınmış ve etüvde bekletilmiş 100 °C sıcaklığa dayanıklı küçük polietilen kaplar içerisine aktarılmıştır. Bunların yaş ağırlıkları, hassas terazi ile tartılıp polietilen kaplar içerisinde etüvde yaklaşık 85 °C'de 48 saat bekletilerek kurumaları sağlanmıştır. Sabit tartıma kadar kurutulan örnekler, dessikatöre aktarılarak 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra her bir örneğin kuru ağırlığını belirlemek için hassas terazi kullanılmıştır. Sabit tartıma kadar kurutulan ve tartımları alınan her bir örneğin homojen hale gelebilmesi için porselen havanda dövülmüş ve tekrar dessikatöre aktarılmıştır.



Örneklerden, hassas terazi ile yaklaşık 0,8-1 gr alınarak her biri 50 ml'lik beherlere aktarılmıştır. Çözünürleştirme işlemi, ASHRAF ve JAFFAR (1988) ile GÜMGÜM ve ark. (1994) tarafından önerilen yöntemle göre yapılmıştır. Örneklerin ısınması için beherler, önceden ısıtılmış kum banyosuna gömülmüştür. Isınan örnekler üzerine 3 damla derişik sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) damlatılarak örneklerin kavrulması sağlanmıştır. Daha sonra, her birine yaklaşık 5 ml nitrik asit (%65'lik  $HNO_3$ ) damla damla ilave edilmiş ve çözünürleştirmenin sağlanması için sıcak kum banyosunda 12 saat bekletilerek asidi uçurulmuştur. Asidi uçurulmuş olan örneklerin üzerine, kahverengi karbonların uçup örneklerin sarı şeffaf bir renk alması sağlanıncaya kadar tekrar (yaklaşık 5ml) damla damla nitrik asit ilavesi yapılmıştır. Asidin buharlaştırılmasından sonra, örneklerin oda sıcaklığında soğumaları sağlanmış ve her bir beherdeki örnek, % 1  $HNO_3$  içeren distile su ile yıkanarak 45'lik Whatman süzgeci ile süzölmüş ve 25 ml'lik balon jodelere aktarılmıştır.

#### 3.2.4. Yengeç Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması

Yengeç örnekleri, nehrin su akıntısının az olduğu, diğer bölgelere göre daha temiz ve oksijenli olan nehir kenarlarından ve taş altlarından yakalanmıştır. Yakalanan yengeçler, nehir suyu ile dolu saklama bidonlarına aktarılmış ve laboratuara canlı olarak getirilmiştir.

Bu çalışmada, toplam 6 adet *Potamon fluviatilis* kullanılmıştır. Yengeçlerin ağırlıkları 65-87 gr arasında değişiklik göstermekteydi.

Her yengeç örneğinin ağırlık değerleri alındıktan sonra disseksiyonu yapılmıştır. Disseksiyonu yapılan her yengecin karaciğeri ile vücut ve bacağında bulunan kasların tümü çelik pens ve makas yardımıyla çıkarılmıştır. Disseksiyonu yapılan her bir örnek, önceden ağırlığı alınmış polietilen kaplar içersine alınarak hassas terazi ile yaş

ağırlıkları tartılmış ve etüvde yaklaşık 85 °C'de 48 saat bekletilerek sabit kuru ağırlığı elde edilmiştir. Daha sonra kuru ağırlıkları tartılarak porselen havanda dövülmüş, tekrar kuru ağırlığını elde etmek için etüvde 1-2 saat bekletilmiş ve çözünürleştirme işlemine alınmaya kadar dessikatörde saklanmıştır.

Karaciğer ve kas örneklerinin çözünürleştirme işlemlerinde, balıklar için kullanılan yöntemler uygulanmıştır.

### 3.2.5. Salyangoz Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması

Tatlısu salyangozları (*Physa acuta*) daha çok nehir kenarlarından, yosunların bol olduğu taşlar üzerinden veya sazlıklar arasından kepçe yardımıyla yaklaşık 50-100 adet toplanmış, kavanoz içersinde aynı ortamdan alınan havalandırılmış su ile laboratuara getirilmiş ve 24 saat içinde disseksiyonları yapılmıştır.

Her istasyondan yaklaşık 100-200 adet *Physa acuta* örnekleri alınmıştır. Bunların kavkı boyları 5,47-7,18 cm arasında değişiklik göstermekteydi.

Tatlısu salyangoz örneklerinin kabukları çelik pensle kırılarak bütün iç organları çıkarılmış, saat camında toplanmış, hassas terazi ile yaş ağırlıkları tartılmış ve polietien kaplar içersine aktarılmıştır. Etüvde yaklaşık 85 °C'de 48 saat bekletilerek kurumaları sağlanmıştır. Salyangozların kuru ağırlıkları tartılmış, porselen havanda dövülmüş, tekrar sabit kuru ağırlığını elde etmek için etüvde 1-2 saat bekletilmiş ve analizi yapılincaya kadar dessikatörde saklanmıştır.

Tatlısu salyangoz örneklerinin çözünürleştirme işlemlerinde de balıklar için kullanılan yöntemler uygulanmıştır.

### 3.2.6. Midye Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması

Dicle Nehri'nden toplanan midye (*Unio elongatulus*) örnekleri, daha çok sazlıkların dip kısımlarındaki kumlar arasından kürek veya el ile toplanmış, kabukları kumdan temizlemek için suyla yıkanmış, buz kalıplar içeren saklama kaplarına yerleştirilmiş ve etiketlenerek laboratuara getirilmiştir.

Bu çalışmada, toplam 10 adet *Unio elongatulus* kullanılmıştır. Laboratuara getirilen midye örneklerinin, bir kompas ile kavkı genişliği ve yüksekliği ölçülmüştür. Midyelerin kavkı genişliği 5,47-7,18 cm, kavkı yüksekliği ise 2,9-3,45 cm arasında değişmekteydi. Bir pens ile kabukları açılmış, dissekte edilerek içorganlar kitlesi, ağırlığı bilinen polietilen kaplar içersine aktarılmıştır. Hassas terazi ile içorganlar kitlesinin yaş ağırlıkları tartılmış ve bir baget ile ezilerek homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen örnekler, daha sonra etüvde yaklaşık 80-85 °C'de 48 saat bekletilerek kurumaları sağlanmıştır. Sabit kuru ağırlığa getirilen örneklerin kuru ağırlıkları tartılmış, porselen havanda dövülmüş, tekrar sabit kuruluğa gelmesi için etüvde 1-2 saat bekletilmiş ve analizi yapılmaya kadar dessikatörde saklanmıştır.

Midye örneklerinin çözünürleştirme işlemlerinde, balıklar için kullanılan yöntemler uygulanmıştır.

### 3.2.7. İpliksi Yeşil Alg Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazırlanması

İpliksi yeşil alg (*Spirogyra sp.*) örnekleri nehir suyu ile yıkanarak üzerlerine yapışmış olan kalıntı ve salyangozlardan uzaklaştırmıştır. Daha sonra saklama torbalarına bırakılmış ve etiketlenerek laboratuara getirilmiştir.

Her istasyondan yaş ağırlığı 30-35 gr *Spirogyra sp.* örnekleri alınmıştır. Toplanan ipliksi yeşil alg örneklerinin yaş ağırlıkları hassas terazi ile tartılıp saat camlarına aktarılmış ve 95 °C'de 48 saat boyunca sabit kuru ağırlığını elde etmek için

etüvde bekletilmiştir. Daha sonra dessikatörde 1 saat bekletilmiş ve hassas terazi ile her bir örneğin kuru ağırlığı belirlenmiştir. İpliksi yeşil alg örnekleri, porselen havanda homojen hale getirildikten sonra, her örnekten 1gr alınarak porselen krozelere bırakılmıştır. Her bir krozedeki ipliksi yeşil alg örneği 500°C'ye ayarlanmış fırında kavrulmuş ve dessikatöre aktarılmıştır.

Kavrulan ve dessikatöre aktarılan ipliksi yeşil alg örnekleri daha sonra 50 ml'lik beherlere aktarılmıştır. Örnekler sıcak kum banyosuna gömülmüş ve 1-3 oranında derişik HNO<sub>3</sub> ve HCL ile çözünürleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Tamamen asitten uzaklaştırılmış ve çözünürleştirilmiş olan örnekler, % 1 HNO<sub>3</sub> içeren distile su ile yıkanmış ve 45'lik Whatman süzgeci ile süzülerek 50 ml'lik balon jodelere aktarılmıştır.

### 3.3. Materyallerin A.A.S ile Analizi

Çözünürleştirme işlemi uygulanan bütün örneklerin ölçümleri, UNICAM-929 Model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde (AAS) yapılmıştır. Analizi yapılacak olan ağır metaller için 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 20, 30 ppm'lik Cu; 0.1, 0.5, 1, 5, 10 ppm'lik Zn ve Ni; 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 ppm'lik Mn; 5, 10, 20, 100, 1000 ppm'lik Fe; ile 0.1, 0.5, 1, 5 ppm'lik Co ve Pb konsantrasyonlarındaki standartlar hazırlanmıştır. Bu standartlar, 1.000 ppm'lik stok çözeltiden seyreltmeler yoluyla hazırlanmıştır. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde olabilecek hata payını en aza indirebilmek için, örneklerdeki asit miktarı ile orantılı olarak hazırlanan standartlara, %1'lik HNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Kör olarak aynı şekilde % 1'lik HNO<sub>3</sub> içeren solüsyon kullanılmıştır. Her bir element için kullanılan absorpsiyon değerleri, Kobalt 240.7 nm, Bakır 324.8 nm, Mangan 279.5 - 403.0 nm, Nikel 232.0 nm, Kurşun 217.0 nm, Çinko 213.9 nm, Demir 248.3 - 305.9 nm'dir.

### 3.4. İstatistiksel Hesaplanmalar

Metal konsantrasyonlarının hesaplanmasında, (sediment hariç) yaş ağırlık değerleri kullanılmış ve sonuçları  $\mu\text{g/l}$  t veya  $\mu\text{g/g}$  olarak verilmiştir. Bütün hesaplamalar SPSS 8.0 programı, grafikler ise IBM uyumlu bilgisayarda Microsoft EXCEL for WIN'98 Versiyon 7.0 programı ile yapılmıştır. Mevsim, istasyon ve dokular arasındaki farklılıklar, varyans analizi (ANOVA) ile; ortalama değerler arasındaki farkın önemini belirlemek için de Tukey'in "multiple range" testi kullanılmıştır. İki grup arasındaki farklılığı belirlemek için t-student testi uygulanmıştır. Tablolarda farklı harflerle gösterilen veriler  $p < 0.05$  düzeyinde olduğu zaman, farkın önemli olduğu kabul edilmiştir.



## 4. BULGULAR

### 4.1. Dicle Nehri Suyunun Ağır Metal Konsantrasyonu

Dicle Nehri'nin su ve sedimentindeki ağır metal analiz sonuçları Tablo 4.1.1.'de verilmiştir. Örneklerin alındığı sularda Cd, Pb ve Mn, ölçüm sınırlarının altında olduğundan dolayı belirlenememiştir. Diğer metaller ise, TS 266 "Türk Standartları" tarafından (1984) belirlenen değerlerin altında bulunmuştur. Bu durum, suyun pH değerlerinin 7,2-8,4 arasında olması nedeni ile, bu ortamdaki metallerin çözünür durumda olmadığı şeklinde açıklanabilir. Örneklerin alındığı suyun ağır metal konsantrasyonları, kirlenmemiş kabul edilen Atatürk Baraj gölü su örnekleri ve daha önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında, benzer değerlerde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.1.1. Dicle Nehri suyunda ölçülen ağır metal konsantrasyon değerleri ( µg/lt).

Su örneklerinin alındığı yerler	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
I. İstasyon	—	0,03	0,03	N.D.	—	0,45	0,20	0,09
II. İstasyon	N.D.	N.D.	0,025	N.D.	N.D.	0,01	N.D.	0,03
III. İstasyon	N.D.	N.D.	0,035	N.D.	N.D.	0,08	N.D.	0,05
VI. İstasyon	N.D.	0,08	0,092	0,15.	N.D.	0,3	N.D.	0,13
V. İstasyon	N.D.	0,02	0,058	0,10.	N.D.	0,2	N.D.	0,07
VI. İstasyon	N.D.	0,01	0,075	0,085	N.D.	0,4	N.D.	0,1
Referans İstasyon	N.D.	N.D.	0,011	N.D.	N.D.	0,01	N.D.	0,04
Atatürk Barajı (Bozyazı) (Karadede ve Ünlü, 2000)	N.D.	N.D.	0,025	0,062	0,0041	0,01	N.D.	0,064
Atatürk Barajı (Adıyaman) (Karadede ve Ünlü, 2000)	N.D.	N.D.	0,22	—	0,0039	0,011	N.D.	0,197
DİCLE NEHRİ -Diyarbakır (Gümgüm ve Ark., 1994)	—	0,10	0,04	N.D.	—	0,80	0,40	0,14

N.D. Ölçümler AAS duyarlılık sınırlarının altındadır.

## 4.2. Dicle Nehri Sedimentinin Ağır Metal Konsantrasyonu

Dicle Nehri'ndeki sediment örneklerinin, istasyon farkı gözetilmeden ölçülen ağır metal konsantrasyonları Tablo 4.2.1'de verilmiştir.

Tablo 4.2.1. Dicle Nehri sedimentinde ölçülen ortalama ağır metal konsantrasyon değerleri ( $\mu\text{g/g}$ , kuru ağırlık). (N. örnek sayısı).

	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
N	17	17	17	17	17	17	17	17
Ortalama	N.D.	35,14	169,74	21331,20	530,51	105,13	N.D.	34,65
Standart sapma.	N.D.	13,94	320,54	2739,49	204,50	31,71	N.D.	18,88
Minimum değer	N.D.	11,88	19,69	12270,91	155,33	36,68	N.D.	0,00
Maksimum değer	N.D.	67,05	1399,00	24367,09	927,00	170,83	N.D.	77,05

N.D. Ölçümler AAS duyarlılık sınırlarının altındadır.

Tablo 4.2.1'de görüldüğü gibi, sedimentteki ortalama ağır metal birikimi, sırasıyla %0,021 Fe, 530,51  $\mu\text{g/g}$  Mn, 169,74  $\mu\text{g/g}$  Cu, 105,13  $\mu\text{g/g}$  Ni, 35,14  $\mu\text{g/g}$  Co ve 34,65  $\mu\text{g/g}$  Zn olarak ölçülmüştür. Sedimentteki Cd ve Pb, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinin duyarlılık sınırlarının altında bulunmuştur.

İstasyonlar göz önüne alınarak ağır metal birikimleri incelendiği zaman (Tablo 4.2.2), her istasyondaki en yüksek metal konsantrasyonu sırasıyla;

I. İstasyonda Fe > Cu > Mn > Ni > Zn > Co;

II. İstasyonda Fe > Mn > Ni > Cu > Co > Zn;

III. İstasyonda Fe > Mn > Ni > Cu > Zn > Co;

IV İstasyonda Fe > Mn > Cu > Ni > Co > Zn;

V. İstasyonda Fe > Mn > Ni > Cu > Co > Zn;

VI. İstasyonda Fe > Mn > Ni > Cu > Zn > Co;

Referans İstasyonda ise Fe > Mn > Ni > Cu > Zn > Co olarak belirlenmiştir.

Maden ilçesi Bakır fabrikası sonrası olan I. istasyondan alınan sediment örneklerinde incelenen tüm metaller yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. II. ve III. İstasyonda, baraj gölünün faaliyete geçmesi ve buna bağlı olarak nehir yatağının kaybolması ile sedimentteki konsantrasyonların azaldığı ve referans istasyon ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Diyarbakır civarındaki IV. ve V. İstasyonlarda sedimentteki ağır metal konsantrasyon değerleri ile Bismil ilçesi civarındaki VI. İstasyondaki değerler, I. İstasyon değerlerinden düşük ancak referans istasyon değerlerinden yüksek bulunmuştur.

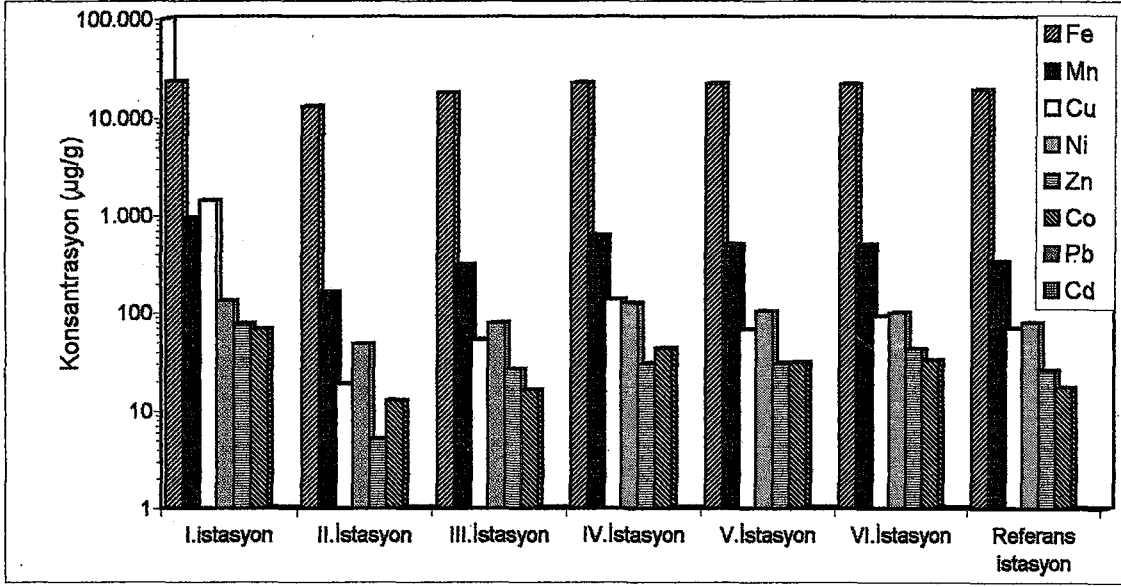
İstasyonlar arasında sedimentteki ağır metal konsantrasyon değerleri istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, I. İstasyondaki ağır metal birikiminin, diğer istasyonlardan olan farklılığı önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). IV., V. ve VI. İstasyonlar arasında ağır metal birikimi bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Ancak, I. II. ve III. istasyonlardaki ağır metal birikiminin hem birbirleri ile hem de diğer istasyonlarla önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Referans istasyon ile III. İstasyondan alınan sediment örnekleri arasında önemli istatistiksel farklılık görülmemiştir ( $p > 0.05$ ). En düşük metal birikimi ise II. istasyondan alınan örneklerde belirlenmiştir.



Tablo 4.2.2. Dicle Nehri sedimentinde istasyonlar arasında ölçülen ortalama ağır metal konsantrasyon değerleri (kuru ağırlık, µg/g; Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

İSTASYONLAR	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
I. İstasyon (Maden)	N.D.	67,53±0,69 c (67,05-68,03)	1400,29±1,83 c (1399,0-1401,5)	24299,8±1508 a (23233-25366,2)	890,1±52,15 c (853,25-927,0)	129,8±0,45 a (129,5-130,16)	N.D.	78,70±2,34 c (77,05-80,37)
II. İstasyon (Kralkızı Barajı)	N.D.	12,56±0,97 b (11,88-13,25)	18,67±1,44 b (17,65-19,69)	12962,6±978,2 b (12270-13654,3)	161,89±9,280 b (155,33-168,5)	47,54±1,16 b (46,71-48,37)	N.D.	5,13±7,24 b (0,00-10,25)
III. İstasyon (Dicle Barajı)	N.D.	16,15±1,25 b (15,26-17,03)	52,20±1,24 a (51,34-53,08)	17950,5±824,3 c (17367,6-18533)	310,00±16,5 a (298,33-321,7)	78,30±2,91 a (76,25-80,37)	N.D.	26,16±1,31 a (25,24-27,08)
IV. İstasyon (Üniversite Köprüsü)	N.D.	43,13±4,46 a (37,28-49,47)	137,0±34,25 a (110,8-194,5)	22319±327,6 a (21966-22692)	622,9±163,86 a (521,4-913,16)	124,5±26,25 a (108,26-170,8)	N.D.	30,0±4,44 a (22,97-34,1)
V. İstasyon (Ongözlü Köprü)	N.D.	30,9±4,29 a (26,07-36,29)	66,6±40,33 a (25,39-113,0)	21987,3±871,9 a (21236,3-23034)	502,9±88,23 a (408,36-587,1)	103,5±10,53 a (91,32-115,29)	N.D.	30,3±12,37 a (17,09-45,48)
VI. İstasyon Bismil	N.D.	32,4±12,86 a (19,64-47,60)	92,5±48,48 a (32,11-144,9)	21808±2005 a (18791-24367,0)	497,7±190,86 a (215,71-740,5)	99,51±38,97 a (36,68-132,80)	N.D.	42,7±20,01 a (18,77-66,3)
Referans İstasyonu (Reşan Çayı)	N.D.	17,3±0,96 b (16,66-18,02)	69,2±1,71 a (68,02-70,43)	19245,7±291,0 a (19040-19451)	337,6±10,06 a (330,5-344,68)	78,8±2,95 a (76,74-80,92)	N.D.	25,73±2,41 a (24,03-27,44)

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. a, b, c harfleri istasyonlar arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde p<0,05 düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



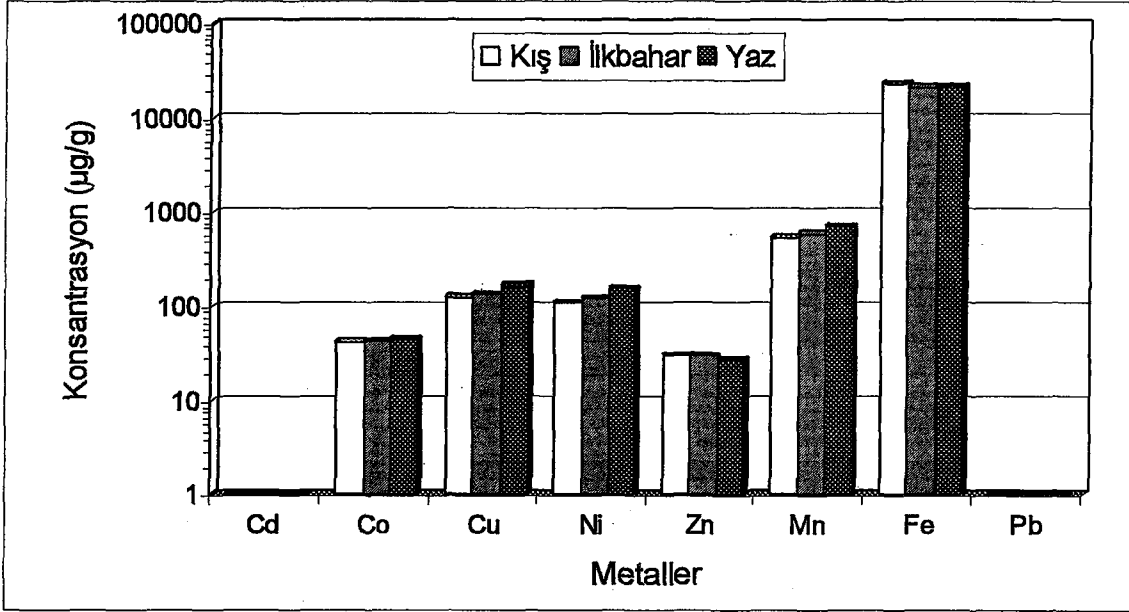
Şekil 4.2.1. Dicle Nehri sedimentinde istasyonlar arasındaki ağır metal konsantrasyon değişimi.

Örneklerin alındığı IV., V., VI. ve referans istasyonlarının sedimentindeki ağır metal konsantrasyonları mevsimsel olarak incelenmiştir. Bu istasyonlardaki ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi Tablo 4.2.3-6 verilmiştir.

Tablo 4.2.4. Dicle Nehri, IV. İstasyon sedimentinde ölçülen mevsimsel ağır metal değerleri (kuru ağırlık, µg/g). (Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Kış	N.D.	42,96±1,62 a (41,79-44,82)	124,51±16,04 a (110,82-142,16)	110,58±2,04 a (108,82-112,13)	31,23±2,51 a (29,64-34,14)	540,79±22,23 a (521,49-565,10)	22504,76±284,16 a (22177,8-22692,4)	N.D.
İlkbahar	N.D.	43,97±1,84 a (42,67-45,28)	135,08±21,21 a (120,08-150,06)	120,41±14,43 a (110,20-130,62)	31,44±3,63 a (28,88-34,02)	593,44±34,75 a (568,88-618,02)	21216,5±1421,8 a (20211,1-22221,9)	N.D.
Yaz	N.D.	45,40±7,03 a (37,28-49,47)	168,70±44,74 a (117,03-194,53)	153,91±29,29 b (120,09-170,83)	28,44±5,27 a (22,97-33,49)	703,37±182,72 a (578,95-913,17)	22017,3±87,71 a (21966,7-22118,6)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b mevsimler arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



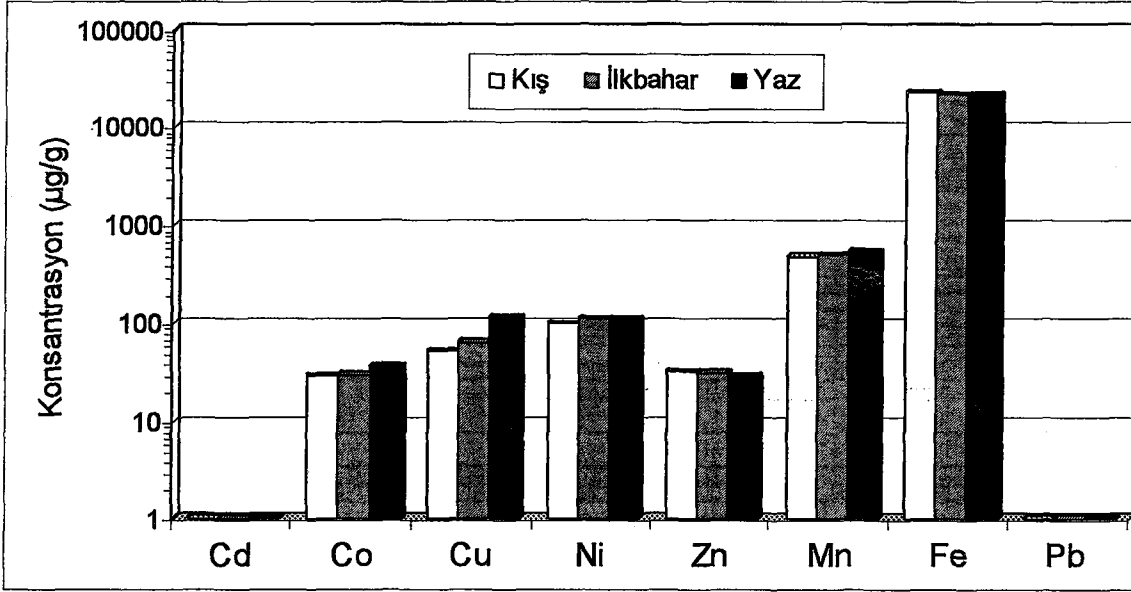
Şekil 4.2.2. Dicle Nehrinin IV. İstasyon sedimentinde mevsimsel ağır metal konsantrasyon değişimi

IV. İstasyon sedimentinde Co, Cu, Ni, Mn ve Fe'in ortalama konsantrasyon değerlerinin yaz aylarında en yüksek, kış aylarında en düşük olduğu ve diğer mevsimlerde düzenli bir şekilde arttığı görülmüştür (Şekil 4.2.2).

Tablo 4.2.4. Dicle Nehri, V. İstasyon sedimentinde ölçülen mevsimsel ağır metal değerleri (kuru ağırlık; µg/g). (Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Kış	N.D.	29,11±2,45 a (26,07-31,81)	51,10±27,00 a (25,39-86,47)	99,52±7,29 a (91,32-108,39)	32,35±12,2 a (17,09-45,48)	481,04±80,10 a (408,36-587,11)	22215,6±775,9 a (21236,3-23034,6)	N.D.
İlkbahar	N.D.	30,11±2,21 a (29,02-31,72)	69,23±1,705 a (68,02-70,43)	109,58±2,01 a (107,82-112,13)	31,24±3,61 a (28,70-34,01)	499,30±27,61 a (462,77-500,83)	21274,4±1421,7 a (20411,0-22211,8)	N.D.
Yaz	N.D.	35,98±0,43 b (35,68-36,29)	112,95±7,92 b (112,90-113,01)	110,37±6,95 a (105,46-115,29)	29,35±7,26 a (24,22-34,49)	535,81±45,92 a (503,35-568,29)	21269,5±46,6 a (21236,5-21302,5)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b mevsimler arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



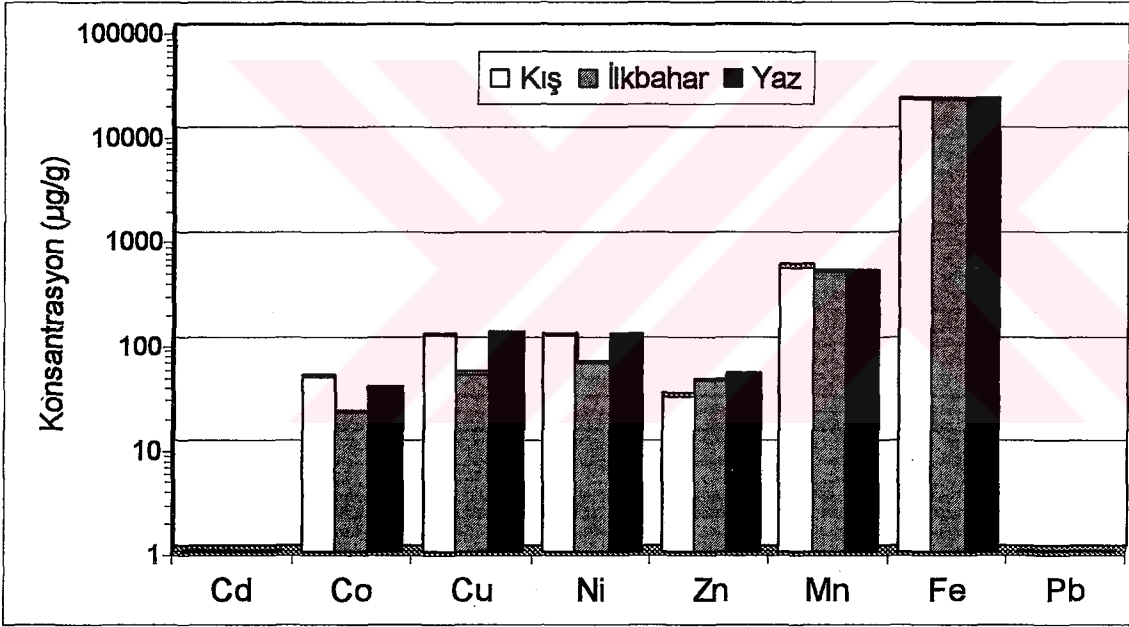
Şekil 4.2.3. Dicle Nehri'nin V.İstasyon sedimentinde mevsimsel ağır metal konsantrasyon değişimi

Yaz mevsiminde IV. İstasyon sedimentindeki Ni konsantrasyonu, diğer mevsimlerle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Co, Cu, Mn ve Fe konsantrasyonları arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemli değildir ( $p > 0.05$ ). V. İstasyon sedimentindeki Co, Cu, Ni ve Mn konsantrasyonları yaz aylarında en yüksek, kış aylarında ise en düşük değerlerde olduğu ve diğer mevsimlerde düzenli bir şekilde arttığı görülmüştür (Şekil 4.2.3). Fe ve Zn konsantrasyonları, kış aylarında daha yüksek değerlerde belirlenmiştir. Yaz aylarında V. İstasyon sedimentindeki Co ve Cu konsantrasyonları, diğer mevsimlerle karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Ni, Zn, Mn ve Fe konsantrasyonlarının mevsimler arasındaki farklılığı ise istatistiksel olarak önemli değildir ( $p > 0.05$ ). VI. İstasyon sedimentindeki Cu, Ni ve Zn konsantrasyonları yaz aylarında, Co ve Mn konsantrasyonları ise kış aylarında en yüksek değerde olduğu belirlenmiştir. Co, Cu, Ni ve Mn'nin ilkbaharda en düşük konsantrasyonlarda olduğu, diğer mevsimlerde ise konsantrasyonlarının düzenli bir şekilde arttığı görülmüştür (Şekil 4.2.4). Co konsantrasyonunun mevsimler arasındaki farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).

Tablo 4.2.5. Dicle Nehri, VI. İstasyon sedimentinde ölçülen mevsimsel ağır metal değerleri (kuru ağırlık,  $\mu\text{g/g}$ ). (Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Kış	N.D. (46,90-47,60)	47,25 $\pm$ 0,50 a (46,90-47,60)	117,6 $\pm$ 38,54 a (90,35-144,86)	116,68 $\pm$ 22,79 a (100,57-132,80)	31,03 $\pm$ 1,62 a (29,89-32,19)	539,37 $\pm$ 48,76 a (504,90-573,85)	21932,3 $\pm$ 598,2 a (21509,3-22355,3)	N.D.
İlkbahar	N.D. (19,64-23,02)	21,33 $\pm$ 2,39 b (19,64-23,02)	50,10 $\pm$ 25,44 b (32,11-68,09)	64,63 $\pm$ 39,53 b (36,68-92,59)	42,51 $\pm$ 33,58 a (18,77-66,26)	478,11 $\pm$ 371,08 a (215,71-740,51)	21579,4 $\pm$ 3942,5 a (18791,6-24367,1)	N.D.
Yaz	N.D. (27,14-44,71)	35,92 $\pm$ 12,4 c (27,14-44,71)	120,5 $\pm$ 28,18 a (100,57-140,43)	117,73 $\pm$ 17,5 a (105,39-130,09)	48,16 $\pm$ 17,45 a (35,82-60,51)	479,30 $\pm$ 27,62 a (459,77-498,83)	21764,9 $\pm$ 361,6 a (21509,3-22020,6)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b, c mevsimler arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.2.4. Dicle Nehri'nin VI. İstasyon sedimentinde mevsimsel ağır metal konsantrasyon değişimi

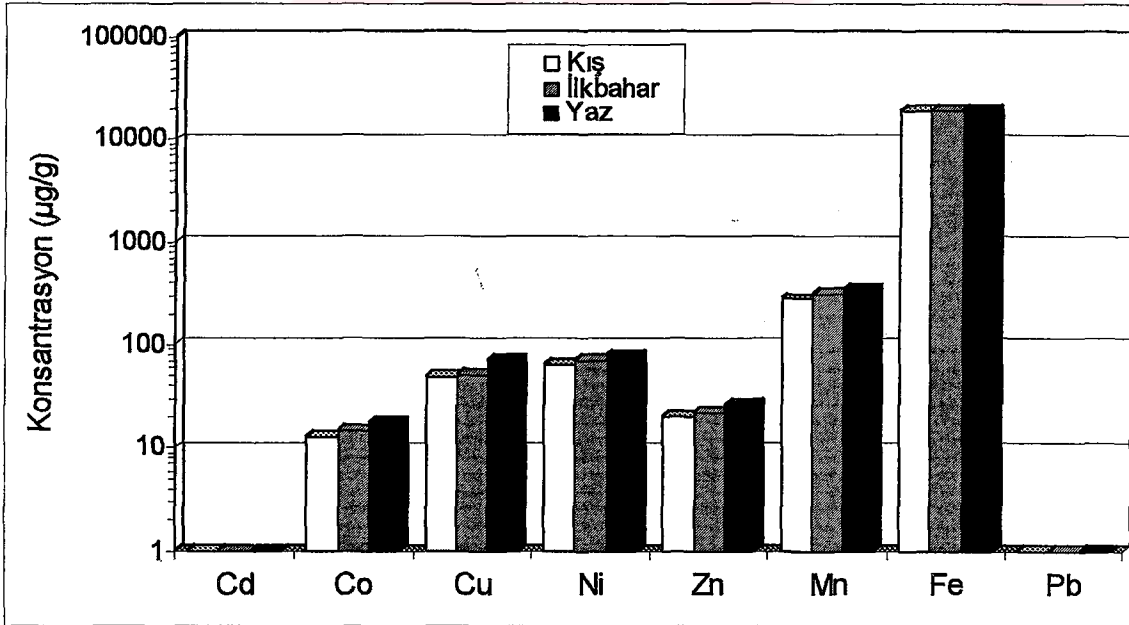
İlkbahar aylarında VI. İstasyon sedimentindeki Cu ve Ni konsantrasyonları, diğer mevsimlerdeki konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında, farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ( $P < 0,05$ ). Ancak, Zn, Mn ve Fe konsantrasyonlarının mevsimler arasındaki farkı ise istatistiksel olarak önemli değildir ( $p > 0,05$ ).

Tablo 4.2.6. Referans istasyon sedimentinde ölçülen mevsimsel ağır metal değerleri (kuru ağırlık,  $\mu\text{g/g}$ ).  
(Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Kış	N.D.	12,66 $\pm$ 1,57 a (12,65-12,68).	49,95 $\pm$ 0,55 a (49,57-50,35)	64,78 $\pm$ 4,40 a (61,67-67,90)	20,06 $\pm$ 0,86 a (19,45-20,68)	277,55 $\pm$ 30,98 a (255,65-299,47)	18900,9 $\pm$ 140,9 a (18801,3-19000,6)	N.D.
İlkbahar	N.D.	14,75 $\pm$ 4,20 a (10,61-19,02)	51,10 $\pm$ 31,66 a (25,39-86,47)	69,3 $\pm$ 1,72 a (68,18-71,42)	21,80 $\pm$ 1,46 a (20,03-22,56)	311,0 $\pm$ 16,5 a (297,33-322,7)	19105,8 $\pm$ 281,00 a (19002,0-19432,6)	
Yaz	N.D.	17,43 $\pm$ 1,09 a (16,66-18,21).	69,22 $\pm$ 1,70 a (68,02-70,43)	78,83 $\pm$ 2,95 a (76,74-80,92)	25,73 $\pm$ 2,40 a (24,03-27,44)	337,57 $\pm$ 10,05 a (330,46-344,68)	19245,8 $\pm$ 291,01 a (19040,0-19451,6)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b mevsimler arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.

Referans istasyon sedimentinde ölçülen bütün metallerin (Co, Cu, Ni, Zn, Mn ve Fe) yaz aylarında en yüksek, kış aylarında ise düşük konsantrasyonlarda oldukları görülmüştür (Şekil 4.2.5). Referans istasyonda ölçülen Co, Cu, Ni, Zn, Mn ve Fe konsantrasyonlarının mevsimler arasındaki farkı istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).



Şekil 4.2.5. Referans istasyon sedimentinde mevsimsel ağır metal konsantrasyon değişimi

### 4.3. *Silurus triostegus*'ta Ağır Metal Birikimi

Dicle Nehir sisteminde yaşayan *Silurus triostegus*'un karaciğer, solungaç ve kas dokularından ölçülen Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum, maksimum, ortalama ve S. D. değerleri Tablo 4.3.1. ve Şekil 4.3.1'de verilmiştir. *Silurus triostegus* örneklerinde Cd, Co ve Pb değerleri, ölçüm sınırlarının altında olduğu için belirlenememiştir.

*Silurus triostegus*'un kas dokusunda ölçülen ortalama metal birikimi 10,34 µg/g Fe; 8,83 µg/g Zn; 2,89 µg/g Cu; 0,82 µg/g Ni ve 0,31 µg/g Mn olarak belirlenmiştir.

Bu türün solungaçlarında ölçülen ortalama metal birikimi 86,28 µg/g Fe; 22,90 µg/g Zn; 10,00 µg/g Mn; 2,79 µg/g Cu ve 1,23 µg/g Ni olarak ölçülmüştür.

*Silurus triostegus*'un karaciğerindeki ortalama metal birikimi 109,461 µg/g Fe; 18,00 µg/g Zn; 6,64 µg/g Cu; 1,08 µg/g Mn ve 0,71 µg/g Ni olarak ölçülmüştür.

Tablo 4.3.1. Dicle Nehri'ndeki *Silurus triostegus*'un karaciğer, solungaç ve kas dokusunda ölçülen ağır metal konsantrasyonları (µg/g). (n. örnek sayısı, Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum ve maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Karaciğer (n=13)	N.D.	N.D.	6,64±2,10 a (3,75-10,02)	0,71±0,35 a (0,23-1,43)	18,00±4,48 a (10,61-25,81)	1,08±0,44 a (0,55-1,74)	109,46±24,90 a (78,98-146,48)	N.D.
Solungaç (n=13)	N.D.	N.D.	2,79±1,60 b (1,06-5,37)	1,23±0,92 a (0,00-3,66)	22,90±4,21 b (15,33-28,25)	10,00±4,46 b (3,97-17,15)	86,28±46,07 b (34,87-159,99)	N.D.
Kas (n=14)	N.D.	N.D.	2,89±1,79 b (0,63-5,92)	0,82±0,46 a (0,00-1,59)	8,83±4,32 c (4,49-21,57)	0,310±0,34 a (0,00-1,13)	10,34±8,39 c (0,00-25,58)	N.D.

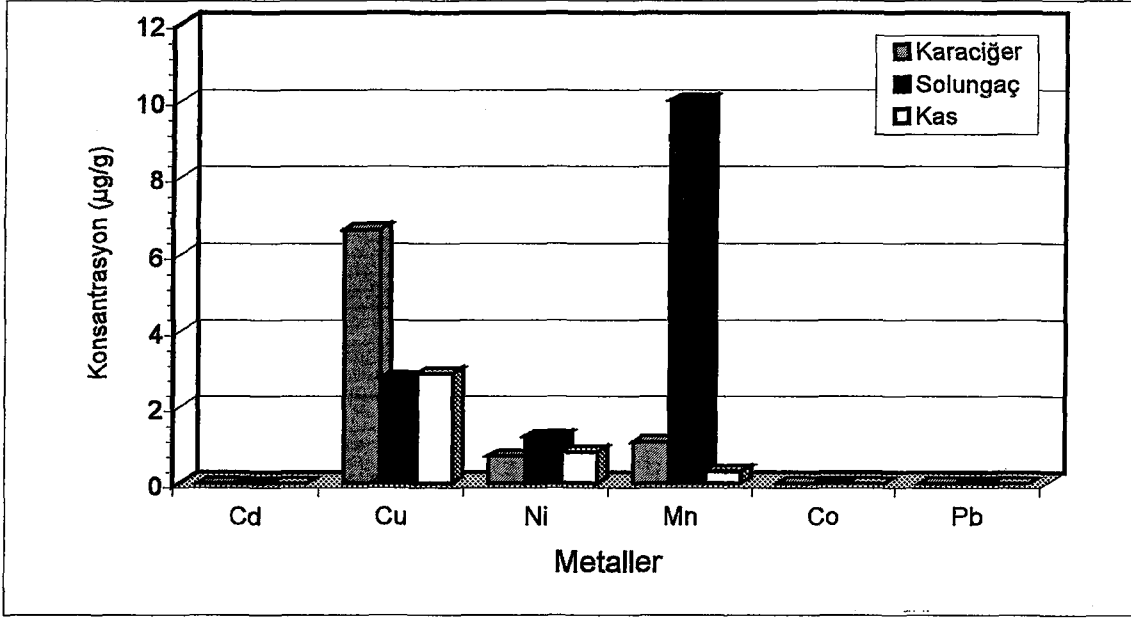
N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. a, b, c harfleri dokular arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde p<0.05 düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.

Yukarıdaki ortalama değerler göz önüne alındığında, Cu ve Fe birikiminin en fazla karaciğerde, bunu sırasıyla solungaç ve kasın izlediği görülmüştür. Çinko ve

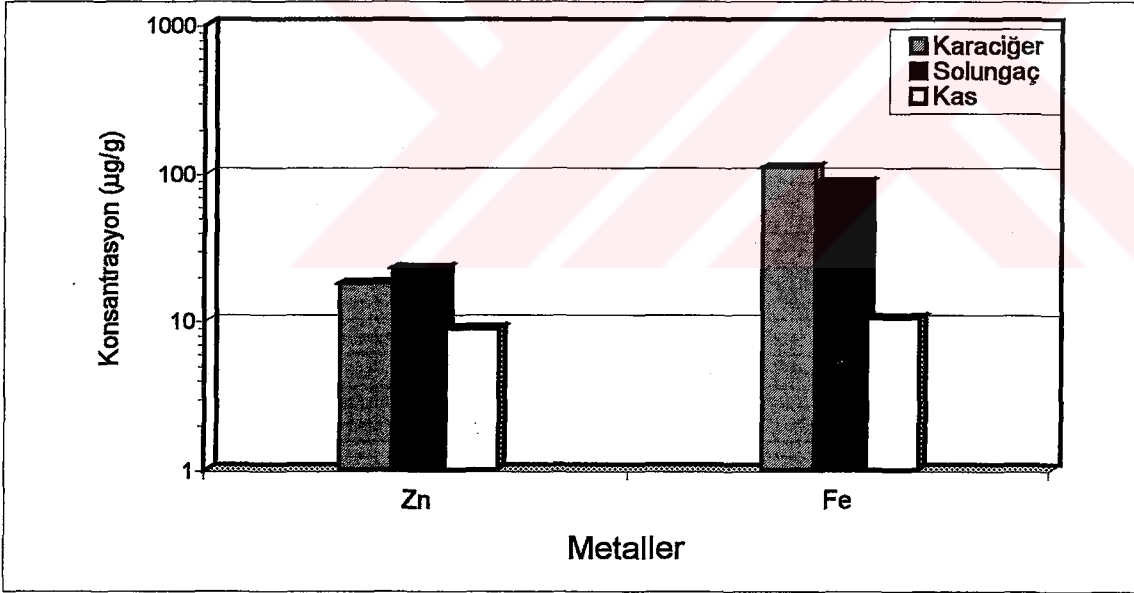
mangan ise en fazla solungaçlarda, daha sonra karaciğerde ve en az ise kas dokusunda tespit edilmiştir. Kastaki metal konsantrasyonları sırasıyla  $Fe > Zn > Cu > Ni > Mn$ ; solungaçta  $Fe > Zn > Mn > Cu > Ni$ ; karaciğerde ise  $Fe > Zn > Cu > Mn > Ni$  olarak belirlenmiştir. Karaciğerdeki Cu birikimi solungaç ve kasa göre, solungaçtaki Mn birikimi ise karaciğer ve kasa göre istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Ni birikimi bakımından dokular arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Fe ve Zn birikimi ise her üç dokuda da farklı görülmüştür ( $p < 0.05$ ).

Mevsimlere bağlı olarak karaciğerdeki ortalama ağır metal değişimleri Tablo 4.3.2.'de verilmiştir. Ölçülen Cu, Zn, Mn ve Fe metallerin birikiminin yaz aylarında en yüksek olduğu görülmektedir. Cu, Fe ve Mn'nın sonbaharda en düşük olduğu, diğer mevsimlerde ise karaciğerdeki metal birikiminin düzenli bir şekilde arttığı görülmüştür (Şekil 4.3.3 ve Şekil 4.3.4.). Yaz mevsimi örneklerinin karaciğerindeki Cu, Fe ve Mn birikiminin diğer mevsimlerdeki örnekler ile karşılaştırıldığı zaman, farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Ni ve Zn birikiminin mevsimler arasındaki farkı ise istatistiksel olarak önemli değildir ( $p > 0,05$ ).





Şekil 4.3.1. Dicle Nehri'ndeki *Silurus triostegus*'un karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Cd, Cu, Ni, Mn Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.

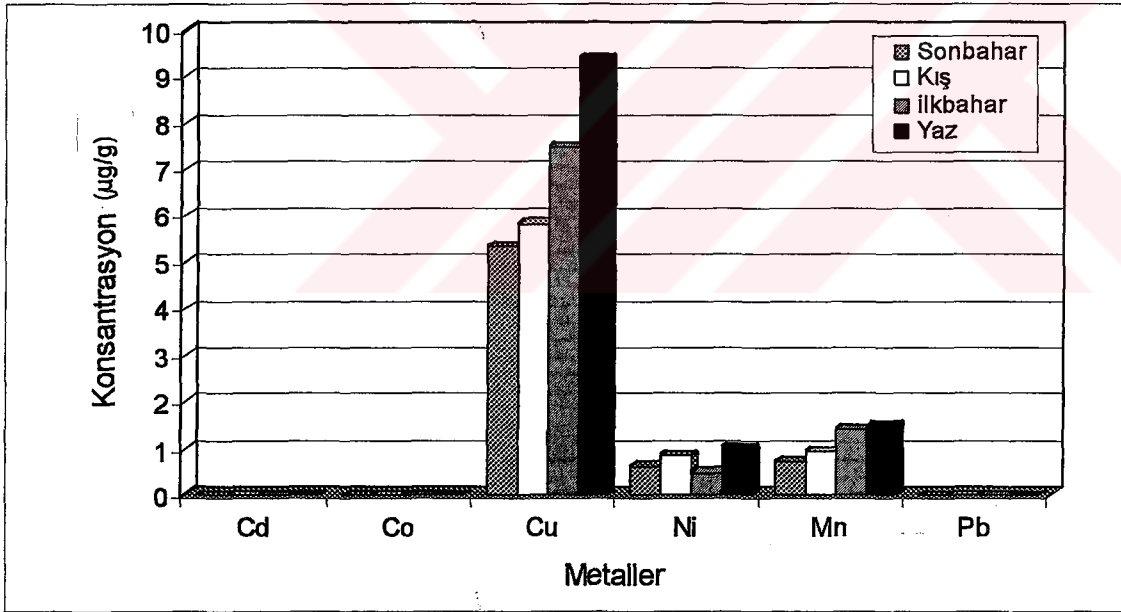


Şekil 4.3.2. Dicle Nehri'ndeki *Silurus triostegus*'un karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Tablo 4 .3.2. Dicle Nehri'ndeki *Silurus triostegus*'un karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyon değişimi (Yaş ağırlık,  $\mu\text{g/g}$ ). (n. örnek sayısı, Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, Minimum-Maksimum değer).

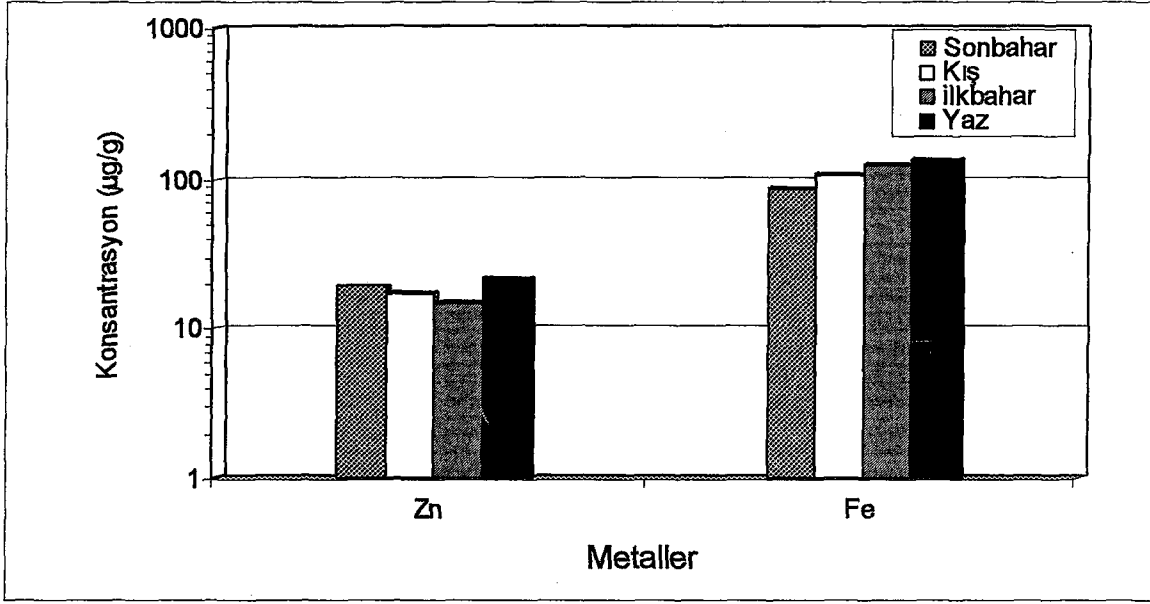
	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Sonbahar (n=4)	N.D.	N.D.	5,35 $\pm$ 1,24 a (3,75-6,77)	0,63 $\pm$ 0,29 a (0,23-0,89)	19,38 $\pm$ 2,95 a (15,09-21,71)	0,73 $\pm$ 0,22 a (0,55-1,03)	86,57 $\pm$ 7,87 a (78,98-93,67)	N.D.
Kış (n=4)	N.D.	N.D.	5,83 $\pm$ 1,78 a (4,10-7,92)	0,85 $\pm$ 0,44 a (0,42-1,43)	17,41 $\pm$ 6,14 a (11,20-25,81)	0,95 $\pm$ 0,32 a (0,62-1,36)	107,69 $\pm$ 20,95 a (84,47-132,34)	N.D.
İlkbahar (n=3)	N.D.	N.D.	7,49 $\pm$ 2,20 a (6,10-10,02)	0,49 $\pm$ 0,16 a (0,30-0,60)	14,74 $\pm$ 4,21 a (10,61-19,02)	1,41 $\pm$ 0,51 a (0,83-1,74)	126,01 $\pm$ 29,51 a (92,18-146,48)	N.D.
Yaz (n=3)	N.D.	N.D.	9,41 $\pm$ 0,53 b (9,11-10,02)	1,03 $\pm$ 0,38 a (0,60-1,25)	21,72 $\pm$ 1,47 a (20,02-22,56)	1,48 $\pm$ 0,22 b (1,36-1,74)	132,15 $\pm$ 6,25 b (128,55-139,38)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b mevsimler arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.3.3. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.

*Silurus triostegus*'un solungaçlarında mevsimlere bağlı olarak belirlenen ortalama ağır metal değişimleri Tablo 4.3.3.'de verilmiştir.

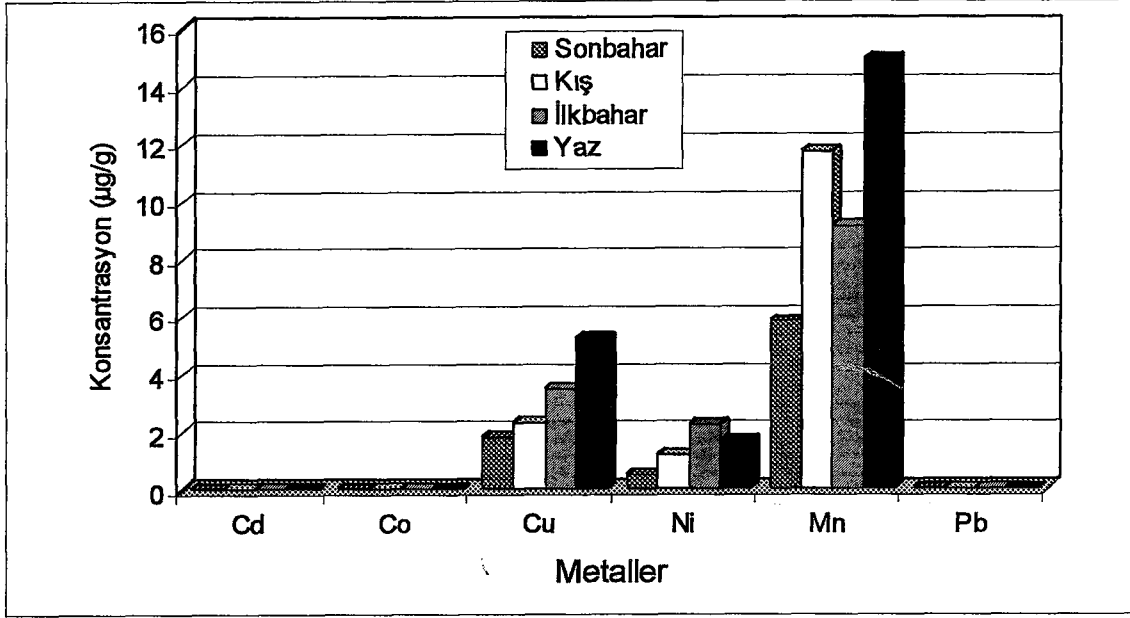


Şekil 4.3.4. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe'deki konsantrasyon değişimi.

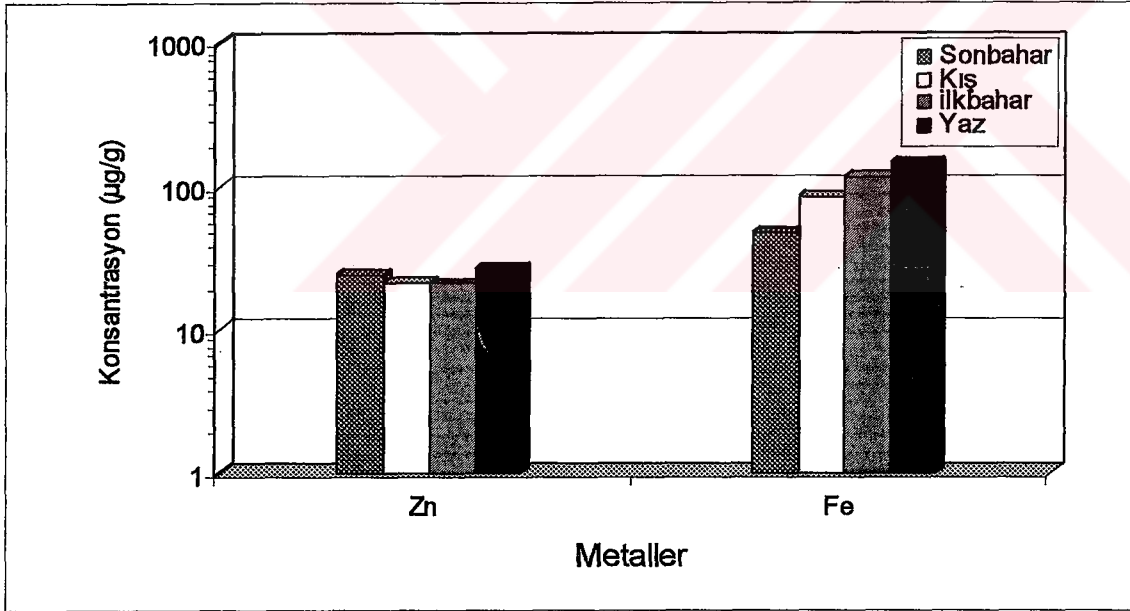
Tablo 4.3.3. Dicle Nehri'ndeki *Silurus triostegus*'un solungaçlarında mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ). (n: örnek sayısı, Ortalama  $\pm$  Standart sapma, Minimum ve maksimum değer parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Sonbahar (n=4)	N.D.	N.D.	1,81 $\pm$ 1,36 a (1,06-3,84)	0,50 $\pm$ 0,51 a (0,00-1,21)	24,38 $\pm$ 2,09 a (22,08-26,40)	5,84 $\pm$ 1,53 a (3,97-7,66)	47,12 $\pm$ 17,60 a (34,87-72,40)	N.D.
Kış (n=5)	N.D.	N.D.	2,29 $\pm$ 0,82 a (1,60-3,54)	1,20 $\pm$ 0,44 a (0,50-1,61)	21,04 $\pm$ 5,61 a (15,33-28,25)	11,70 $\pm$ 4,47 a (7,72-17,15)	83,76 $\pm$ 48,84 a (38,22-156,38)	N.D.
ilkbahar (n=2)	N.D.	N.D.	3,50 $\pm$ 2,09 a (2,02-4,98)	2,26 $\pm$ 1,98 a (0,87-3,66)	20,88 $\pm$ 3,42 a (18,47-23,30)	9,15 $\pm$ 3,31 a (6,81-11,50)	114,21 $\pm$ 16,57 a (102,50-125,93)	N.D.
Yaz (n=2)	N.D.	N.D.	5,25 $\pm$ 0,17 b (5,13-5,37)	1,70 $\pm$ 0,25 a (1,53-1,88)	26,55 $\pm$ 0,95 a (25,88-27,26)	14,96 $\pm$ 2,40 b (13,26-16,66)	142,92 $\pm$ 24,13 b (125,86-159,99)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b harfleri mevsimler arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.3.5. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'ün solungaclarında mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.



Şekil 4.3.6. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'ün solungaclarında mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Solungaçlarda Cu, Zn, Mn ve Fe birikiminin yaz aylarında; Ni'in ilkbahar aylarında en yüksek ortalama değere sahip olduğu belirlenmiştir. Solungaçlarda incelenen metallerin birikiminin sonbahar mevsiminde en düşük ortalama değerlerde

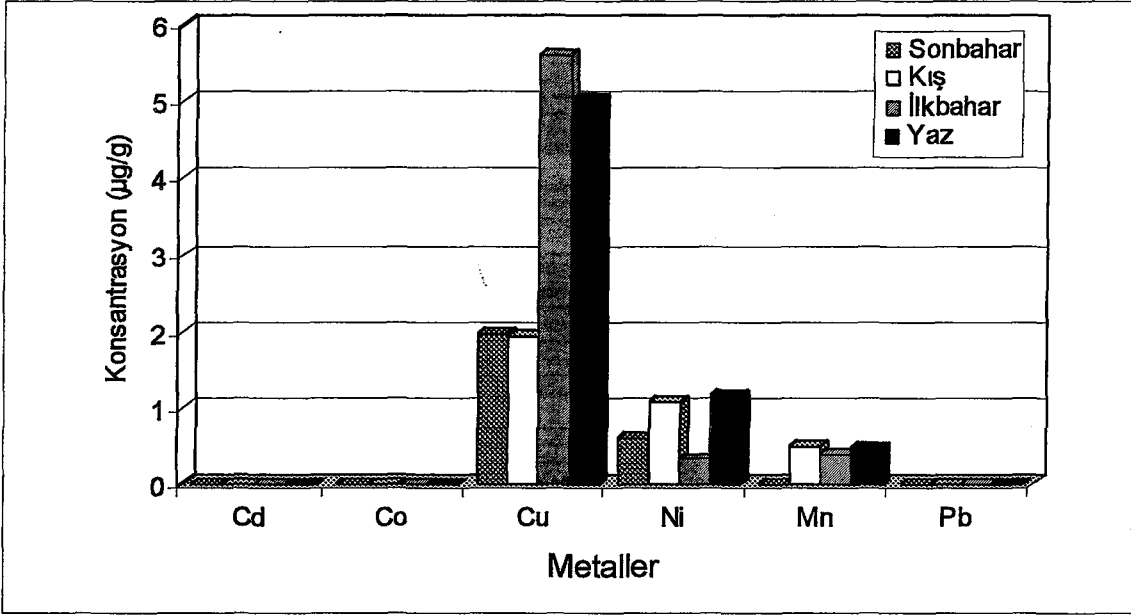
olduğu saptanmıştır. Solungaçlardaki metal birikiminin mevsimsel değişimleri incelendiğinde Cu, Mn ve Fe'in yaz aylarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermiş olduğu ( $p<0.05$ ); Ni ve Zn birikiminin mevsimsel değişiminin istatistiksel olarak farkın önemli olmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ).

*Silurus triostegus*'un kasında mevsimlere bağlı olarak meydana gelen metal birikimi değişim değerleri Tablo 4.3.4.'de verilmiştir. Kasta Ni, Mn ve Fe'in ortalama değerlerinin yazın; Cu'ın ilkbaharda, Zn'nun ise sonbaharda en yüksek bulunmuştur (Şekil 4.3.7. ve Şekil 4.3.8). En düşük metal birikimi ortalama değerleri, sonbahar ve kış mevsimlerinde belirlenmiştir. İstatistiksel olarak karşılaştırıldığında, kastaki Cu birikiminin sonbahar ve kış ayları arasında farklılık göstermediği ( $p>0.05$ ); ancak Cu'ın ilkbahar ve yaz mevsimlerinde, Zn'nun sonbaharda, Ni'in ise kış ve yaz aylarında önemli bir artış gösterdiği saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Fe birikiminin mevsimsel değişiminde ise istatistiksel olarak farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

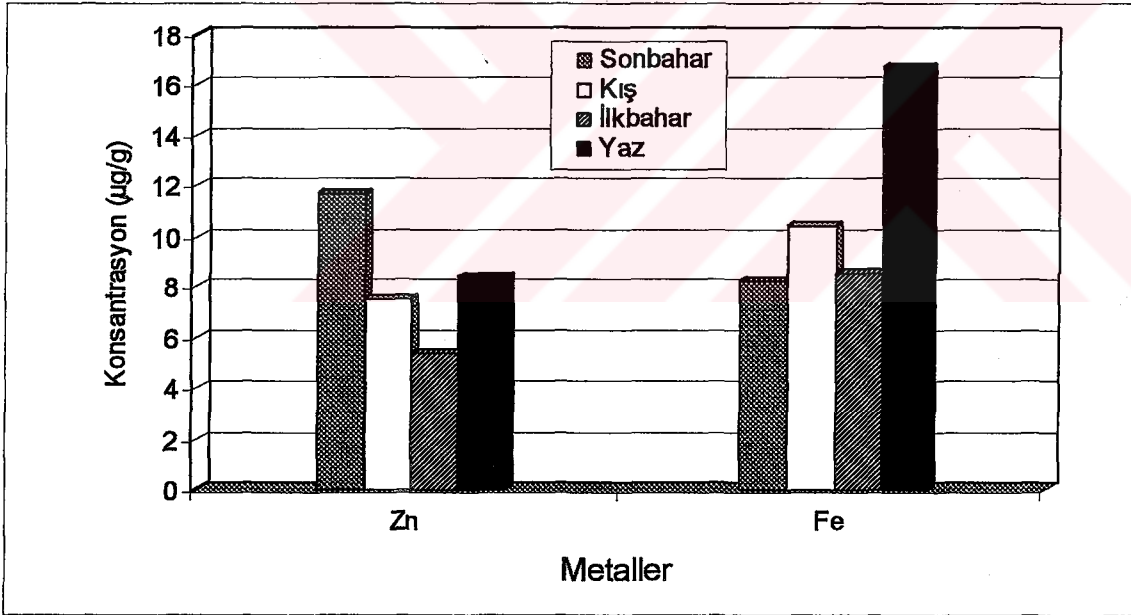
Tablo 4.3.4. Dicle Nehri'ndeki *Silurus triostegus*'un kas dokusunda mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ). (n: örnek sayısı, Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, Minimum ve maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Sonbahar (n=10)	N.D.	N.D.	1,96 $\pm$ 0,87 a (0,89-2,96)	0,60 $\pm$ 0,23 a (0,25-0,83)	11,64 $\pm$ 6,08 b (6,09-21,57)	N.D. a	8,20 $\pm$ 5,27 a (0,00-14,13)	N.D.
Kış (n=10)	N.D.	N.D.	1,94 $\pm$ 1,26 a (0,63-3,76)	1,07 $\pm$ 0,44 b (0,64-1,59)	7,48 $\pm$ 2,30 a (4,49-10,61)	0,50 $\pm$ 0,42 b (0,01-1,13)	10,41 $\pm$ 11,42 a (0,00-25,58)	N.D.
İlkbahar (n=6)	N.D.	N.D.	5,61 $\pm$ 0,45 b (5,29-5,92)	0,33 $\pm$ 0,46 a (0,00-0,66)	5,37 $\pm$ 0,24 a (5,20-5,54)	0,40 $\pm$ 0,20 b (0,26-0,54)	8,52 $\pm$ 12,05 a (0,00-17,04)	N.D.
Yaz (n=6)	N.D.	N.D.	5,03 $\pm$ 0,58 b (4,36-5,36)	1,15 $\pm$ 0,28 b (0,99-1,48)	8,37 $\pm$ 0,86 a (7,87-9,36)	0,48 $\pm$ 0,00 b (0,44-0,57)	16,70 $\pm$ 2,31 a (15,37-19,37)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b harfleri mevsimler arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p<0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.3.7. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un kasında mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.



Şekil 4.3.8. Dicle Nehri'nde *Silurus triostegus*'un kasında mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

#### 4.4. *Mastacembelus simacks*'ta Ağır Metal Birikimi

Dicle Nehir sisteminde yaşayan *Mastacembelus simack*'ın karaciğer, solungaç ve kas dokusunda ölçülen Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn birikiminin minimum ve maksimum, ortalama ve S. D. değerleri Tablo 4.4.1.ve Şekil 4.4.1-2 'de verilmiştir. *Mastacembelus simack* örneklerinde Cd, Co ve Pb konsantrasyonları, ölçüm sınırlarının altında olduğu için belirlenmemiştir.

Tablo 4.4.1. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın karaciğer, solungaç ve kas dokusunda ölçülen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ). (n: örnek sayısı, Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Karaciğer (n=11)	N.D.	N.D.	4,71 $\pm$ 2,66 a (1,58-8,99)	1,21 $\pm$ 0,83 a (0,06-2,52)	16,48 $\pm$ 7,49 a (7,61-26,54)	3,01 $\pm$ 0,90 a (0,98-3,98)	73,33 $\pm$ 25,60 a (16,22-111,84)	N.D.
Solungaç (n=10)	N.D.	N.D.	3,96 $\pm$ 1,29 a (1,53-5,15)	1,05 $\pm$ 1,01 a (0,00-2,64)	13,21 $\pm$ 5,39 a (4,67-20,18)	2,77 $\pm$ 1,26 a (0,80-4,45)	84,24 $\pm$ 39,87 a (30,84-171,30)	N.D.
Kas (n=14)	N.D.	N.D.	2,57 $\pm$ 0,96 b (0,91-3,91)	1,16 $\pm$ 0,50 a (0,27-1,84)	9,30 $\pm$ 5,95 b (4,52-24,65)	1,67 $\pm$ 1,027 b (0,62-3,23)	47,69 $\pm$ 38,76 b (7,95-116,07)	N.D.

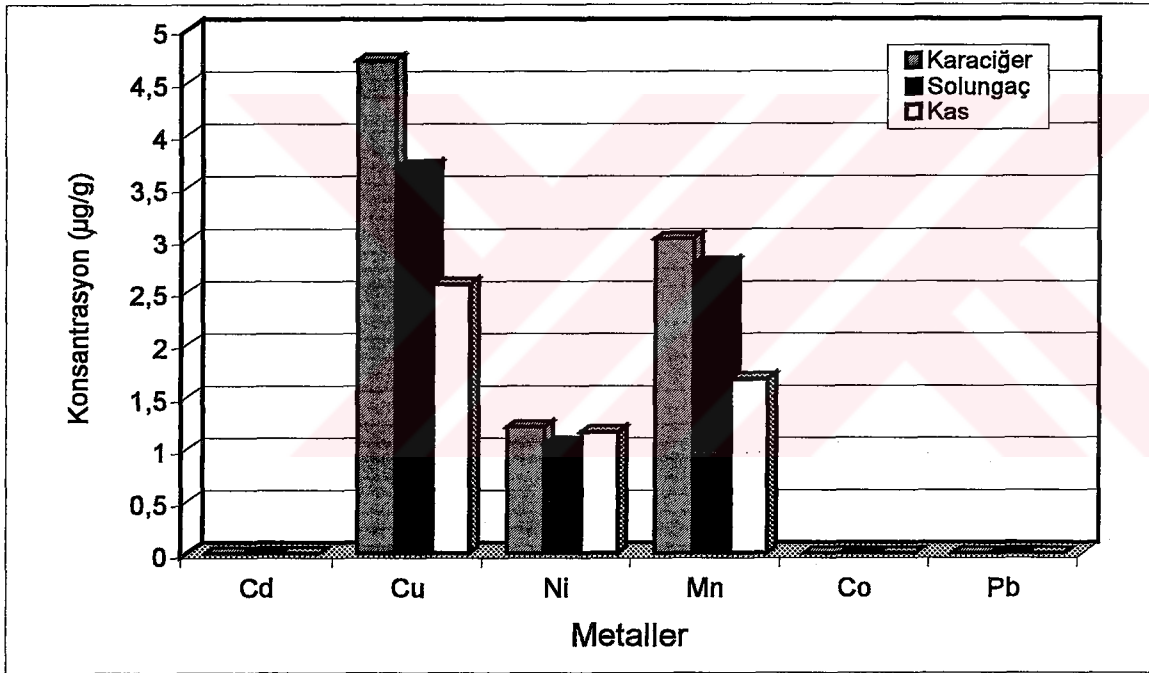
N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b harfleri dokular arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.

*Mastacembelus simack*'ın kas dokusunda ölçülen ortalama metal birikimi 47,69  $\mu\text{g/g}$  Fe; 9,30  $\mu\text{g/g}$  Zn; 2,57  $\mu\text{g/g}$  Cu; 1,67  $\mu\text{g/g}$  Mn ve 1,163  $\mu\text{g/g}$  Ni olarak belirlenmiştir.

*Mastacembelus simack*'ın solungaçlarındaki ortalama metal birikimi 84,24  $\mu\text{g/g}$  Fe; 13,21  $\mu\text{g/g}$  Zn; 3,69  $\mu\text{g/g}$  Cu; 2,77  $\mu\text{g/g}$  Mn ve 1,05  $\mu\text{g/g}$  Ni olarak ölçülmüştür.

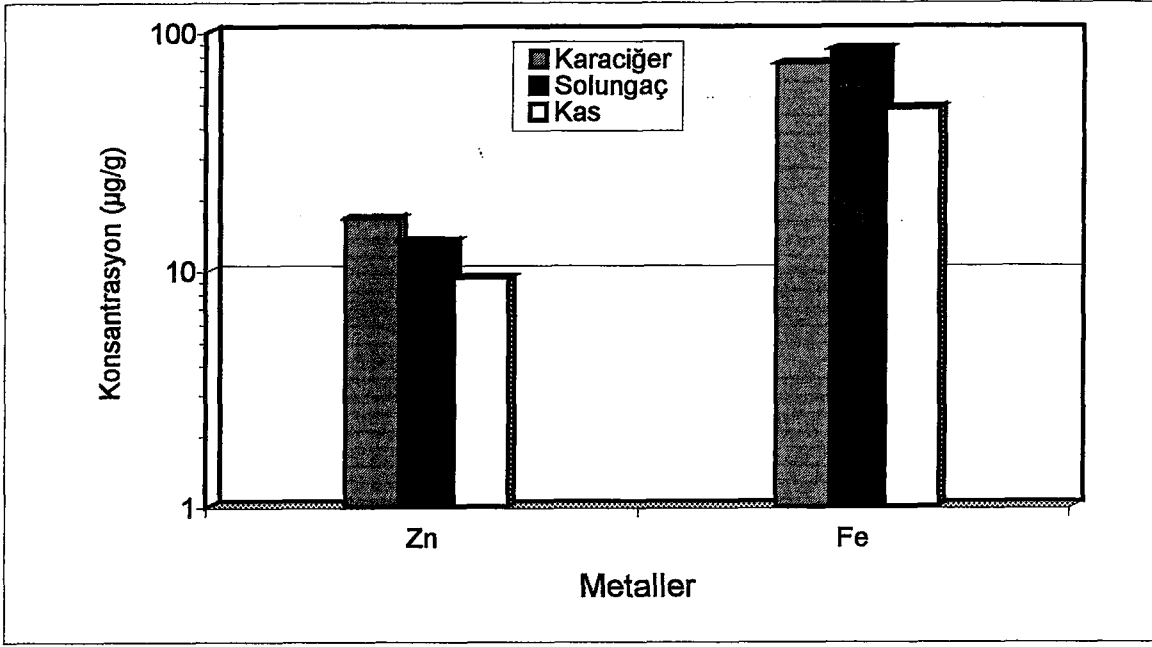
*Mastacembelus simack*'ın karaciğerindeki ortalama metal birikimi 73,33  $\mu\text{g/g}$  Fe; 16,48  $\mu\text{g/g}$  Zn; 4,71  $\mu\text{g/g}$  Cu; 3,01  $\mu\text{g/g}$  Mn ve 1,21  $\mu\text{g/g}$  Ni olarak ölçülmüştür.

Yukarıdaki ortalama değerler göz önüne alındığında Cu, Mn ve Zn birikiminin en fazla karaciğerde olduğu, bunu sırasıyla solungaç ve kasların izlediği görülmüştür. Demir birikiminin en fazla solungaçlarda, bunu sırasıyla karaciğer ve kas dokusunun izlediği görülmüştür. Kaslardaki metal konsantrasyonları  $Fe > Zn > Cu > Mn > Ni$ , solungaçlardaki  $Fe > Zn > Cu > Mn > Ni$  ve karaciğerdeki  $Fe > Zn > Cu > Mn > Ni$  olarak belirlenmiştir. Kaslardaki Cu, Mn, Zn ve Fe birikimi, karaciğer ve solungaçlardakine göre istatistiksel olarak farklılık göstermiştir ( $p < 0.05$ ). Ni birikimi bakımından dokular arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).



Şekil 4.4.1. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Cd, Cu, Ni, Mn Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.





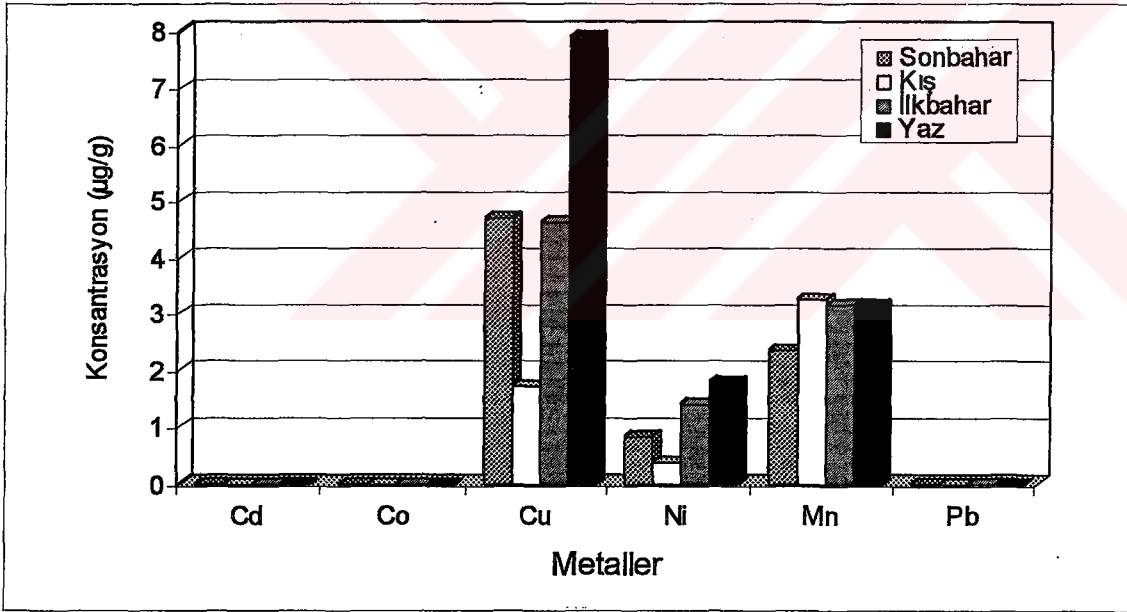
Şekil 4.4.2. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Mevsimelele bağlı olarak karaciğerdeki ortalama ağır metal değişimleri, Tablo 4.4.2.'de verilmiştir. Ölçümü yapılan Cu, Ni, Zn ve Fe'in yaz aylarında en yüksek, kış aylarında ise en düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Mangan birikiminin kış, ilkbahar ve yaz aylarında değişmediği; sonbaharda ise biraz daha düşük birikim değeri gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.4.3 ve Şekil 4.4.4). Mevsimsel değişimler istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, yaz örneklerinin karaciğerindeki Cu birikiminin diğer mevsimlerinkinden istatistiksel olarak farklı olduğu bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). İlkbahar ve yaz aylarında karaciğerdeki Zn birikiminin, sonbahar ve kış aylarındaki ile karşılaştırıldığında, farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Ni, Mn ve Fe birikiminin mevsimsel değişim farkı ise önemli değildir ( $p > 0.05$ )

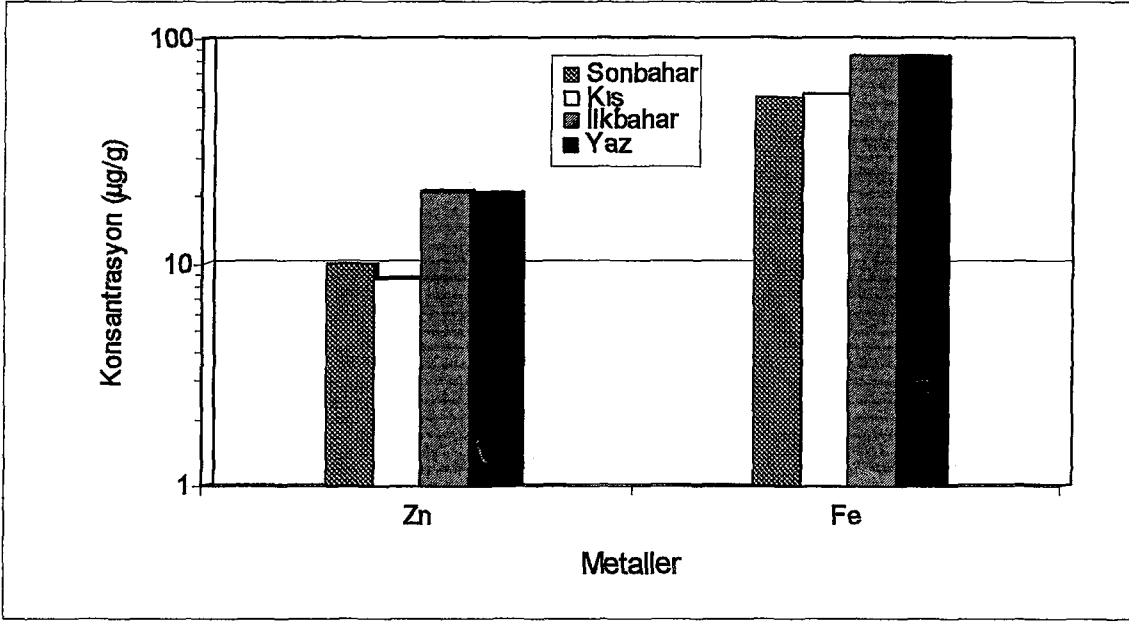
Tablo 4.4.2. Dicle Nehri'ndeki *Mastacembelus simack*'ın karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ). (n: örnek sayısı, Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, minimum-maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Sonbahar (n=4)	N.D.	N.D.	4,67 $\pm$ 2,07 a (2,88-6,47)	0,84 $\pm$ 0,73 a (0,21-1,47)	10,03 $\pm$ 1,90 a (8,38-11,68)	2,32 $\pm$ 1,55 a (0,98-3,67)	54,39 $\pm$ 44,08 a (16,22-92,57)	N.D.
Kış (n=4)	N.D.	N.D.	1,71 $\pm$ 0,15 a (1,58-1,84)	0,37 $\pm$ 0,35 a (0,07-0,68)	8,52 $\pm$ 1,05 a (7,61-9,42)	3,24 $\pm$ 0,85 a (2,51-3,98)	56,45 $\pm$ 1,40 a (55,23-57,67)	N.D.
İlkbahar (n=6)	N.D.	N.D.	4,61 $\pm$ 2,47 a (2,18-8,00)	1,40 $\pm$ 0,79 a (0,64-2,47)	20,75 $\pm$ 4,13 b (16,91-26,54)	3,15 $\pm$ 0,66 a (2,35-3,97)	83,75 $\pm$ 21,22 a (61,87-111,84)	N.D.
Yaz (n=3)	N.D.	N.D.	7,88 $\pm$ 1,034 b (6,95-8,99)	1,77 $\pm$ 0,79 a (0,95-2,52)	20,41 $\pm$ 9,30 b (9,67-26,02)	3,13 $\pm$ 0,68 a (2,35-3,59)	83,32 $\pm$ 11,49 a (70,07-90,57)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b mevsimler arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.4.3. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.



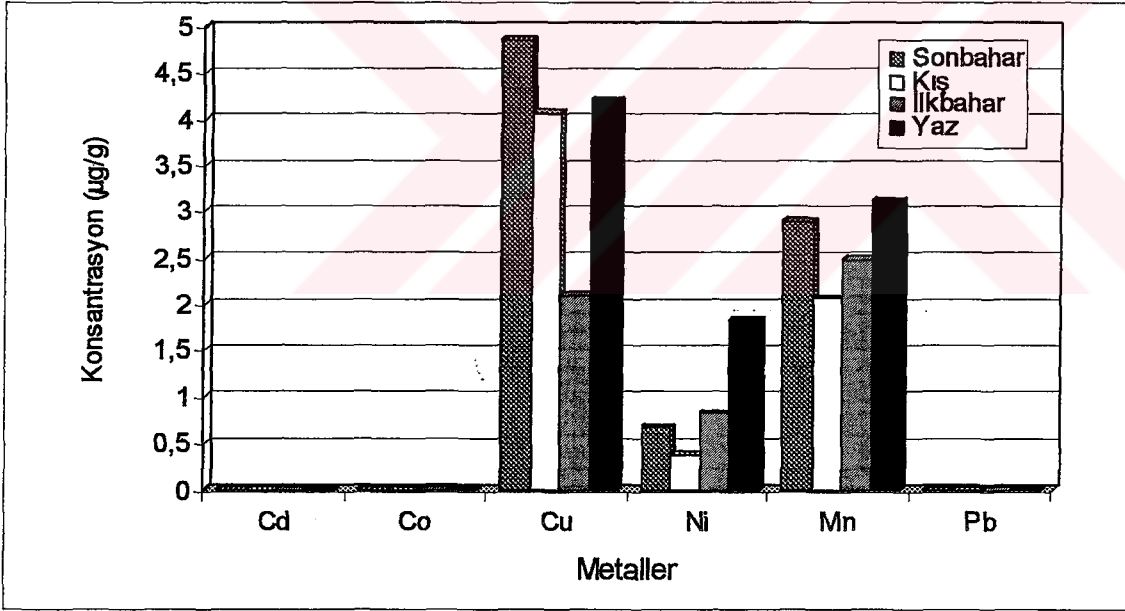
Şekil 4.4.4. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın karaciğerinde mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

*Mastacembelus simack*'ın solungaçlarında mevsimlere bağlı olarak meydana gelen ağır metal birikimi değişim değerleri Tablo 4.4.3.'de verilmiştir. Bu organda Ni ve Mn'nun yazın, Zn ve Fe'in ise ilkbahar aylarında en yüksek ortalama değere sahip olduğu belirlenmiştir. Solungaçlarda incelenen Ni, Zn, Mn ve Fe birikiminin kış mevsiminde en düşük düzeyde olduğu saptanmıştır (Şekil 4.4.5 ve Şekil 4.4.6). Solungaçlarda metal birikiminin mevsimsel değişimleri istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, Cu ve Fe'in ilkbahar aylarında bir farklılık gösterdiği ( $p < 0.05$ ) halde, diğer metallerin ise farklılık göstermediği belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ).

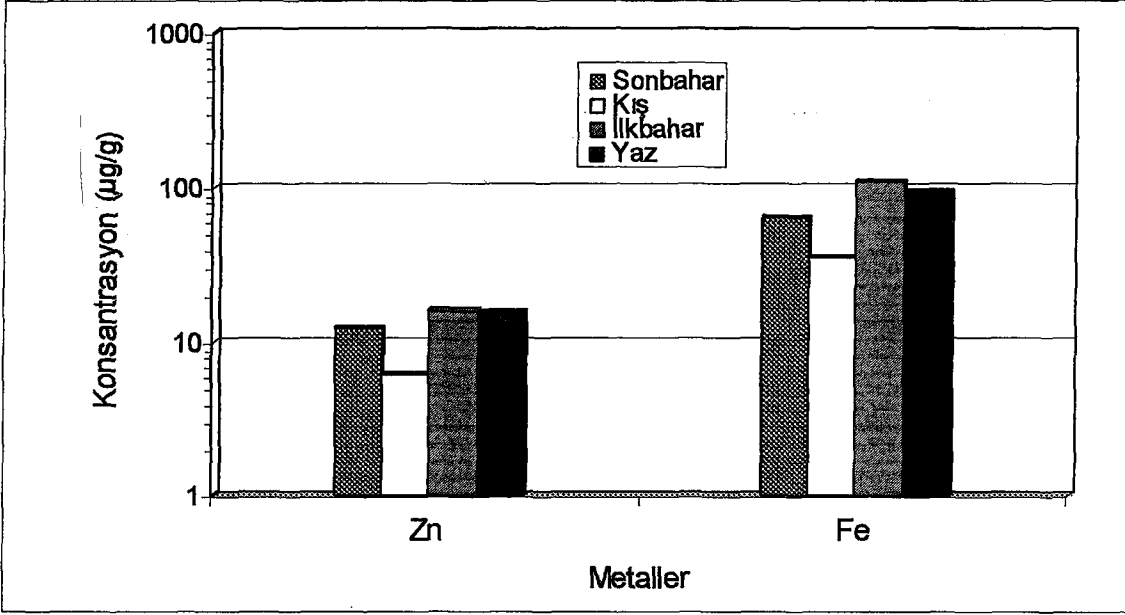
Tablo 4.4.3. Dicle Nehri'ndeki *Mastacembelus simack*'ın solungaçlarında mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ). (n: örnek sayısı, Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, minimum ve maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Sonbahar (n=4)	N.D.	N.D.	4,85 $\pm$ 0,34 a (4,56-5,15)	0,67 $\pm$ 0,77 a (0,00-1,34)	12,44 $\pm$ 0,09 a (12,37-12,50)	2,89 $\pm$ 0,11 a (2,79-2,99)	64,05 $\pm$ 1,68 a (62,59-65,51)	N.D.
Kış (n=4)	N.D.	N.D.	4,06 $\pm$ 0,80 a (3,36-4,75)	0,39 $\pm$ 0,36 a (0,08-0,70)	6,18 $\pm$ 1,75 a (4,67-7,69)	2,06 $\pm$ 1,46 a (0,80-3,33)	35,06 $\pm$ 4,87 a (30,84-39,29)	N.D.
İlkbahar (n=6)	N.D.	N.D.	2,09 $\pm$ 0,72 b (1,53-3,14)	0,82 $\pm$ 1,22 a (0,00-2,64)	15,93 $\pm$ 2,94 a (13,39-20,18)	2,48 $\pm$ 1,39 a (1,49-4,45)	110,1 $\pm$ 42,1 b (82,35-171,30)	N.D.
Yaz (n=3)	N.D.	N.D.	4,20 $\pm$ 0,88 a (3,25-4,99)	1,81 $\pm$ 0,74 a (1,21-2,64)	15,41 $\pm$ 6,73 a (7,72-20,17)	3,10 $\pm$ 1,59 a (1,27-4,06)	95,32 $\pm$ 11,22 a (82,42-102,70)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b harfleri mevsimler arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.4.5. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın solungaçlarında mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.



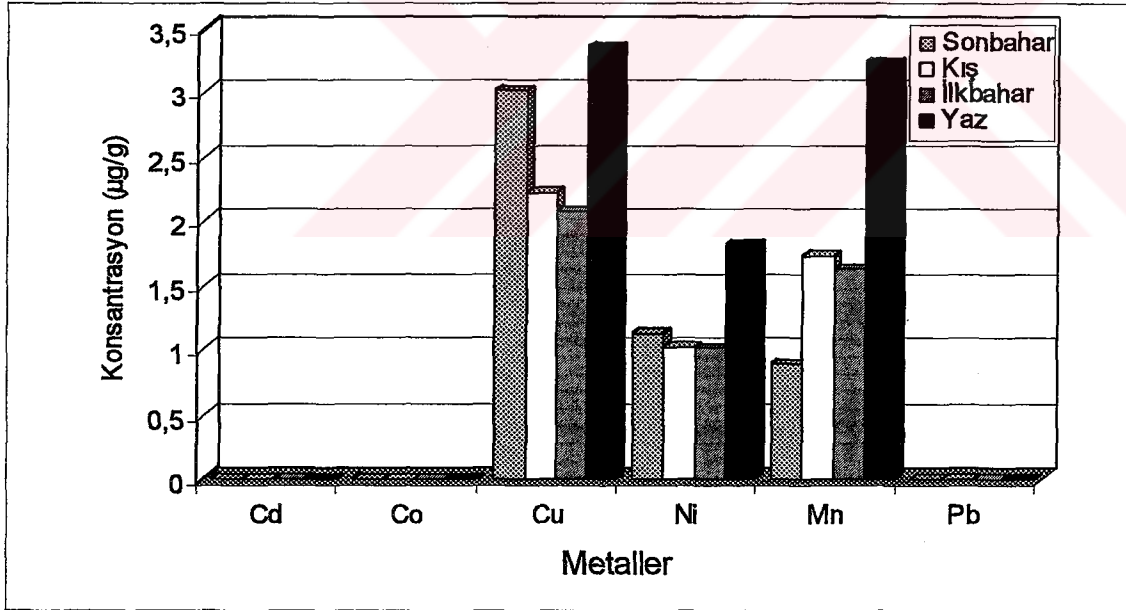
Şekil 4.4.6. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın solungaçlarında mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

*Mastacembelus simack*'ın kas dokusunda mevsimlere bağlı olarak meydana gelen metal birikimi değişim değerleri Tablo 4.4.4.'de verilmiştir. Kas dokusundaki ortalama Fe, Zn, Cu, Mn ve Ni konsantrasyonları yaz aylarında en yüksek değerlerde bulunmuştur (Şekil 4.4.7. ve Şekil 4.4.8). En düşük metal birikiminin ilkbahar (Cu, Ni) ve sonbahar (Zn, Fe) aylarında olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel olarak karşılaştırıldığında, kas dokusundaki Zn, Mn ve Fe birikiminin yaz aylarında diğer aylara göre önemli bir farklılık gösterdiği saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). Cu ve Ni birikiminde ise önemli bir farklılık görülmemiştir ( $p > 0.05$ ).

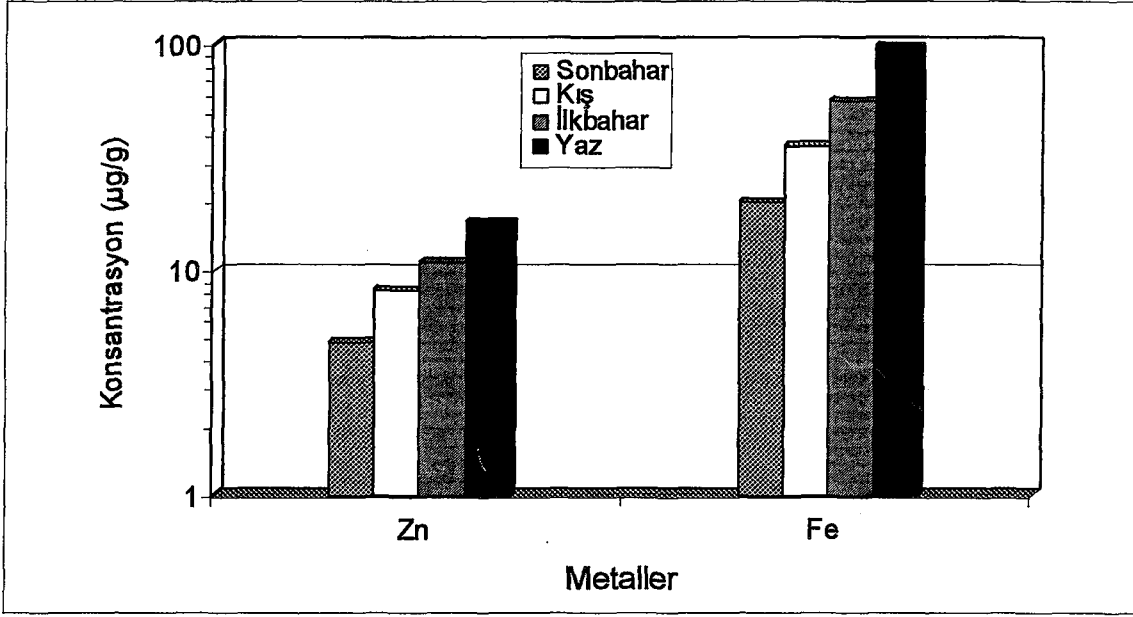
Tablo 4.4.4. Dicle Nehri'ndeki *Mastacembelus simack*'ın kas dokusunda mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ). (n: örnek sayısı, Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Sonbahar (n=4)	N.D.	N.D.	3,01 $\pm$ 0,75 a (2,10-3,91)	1,13 $\pm$ 0,28 a (0,94-1,56)	4,78 $\pm$ 0,28 a (4,54-5,16)	0,89 $\pm$ 0,37 a (0,62-1,43)	19,96 $\pm$ 10,11 a (9,90-33,90)	N.D.
Kış (n=3)	N.D.	N.D.	2,22 $\pm$ 1,18 a (0,91-3,21)	1,02 $\pm$ 0,51 a (0,49-1,50)	8,18 $\pm$ 3,20 a (4,52-10,50)	1,73 $\pm$ 1,1,32 a (0,72-3,22)	35,48 $\pm$ 34,90 a (7,95-81,24)	N.D.
İlkbahar (n=5)	N.D.	N.D.	2,07 $\pm$ 0,86 a (1,23-3,07)	1,01 $\pm$ 0,61 a (0,27-1,84)	10,78 $\pm$ 7,81 a (5,79-24,65)	1,63 $\pm$ 0,79 a (0,72-2,73)	55,54 $\pm$ 38,60 a (21,98-116,08)	N.D.
Yaz (n=3)	N.D.	N.D.	3,35 $\pm$ 0,49 a (3,07-3,91)	1,81 $\pm$ 0,00 a (1,80-1,84)	16,33 $\pm$ 0,00 b (16,33-16,33)	3,23 $\pm$ 0,00 b (3,23-3,23)	97,32 $\pm$ 15,80 b (88,20-115,55)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b harfleri mevsimler arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.4.7. Dicle Nehri'nde *Mastacembelus simack*'ın kas dokusunda mevsimsel olarak ölçülen Cd, Co, Cu, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.



Şekil 4.4.8. Dicle Nehri'nde *Mastecembelus simack*'ın kas dokusunda mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

#### 4.5. *Mystus halepensis*'teki Ağır Metal Birikimi

Dicle Nehir sisteminde yaşayan *Mystus halepensis*'in karaciğer, solungaç ve kas dokusunda ölçülen Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum, maksimum, ortalama ve S. D. değerleri Tablo 4.5.1.'de verilmiştir. *Mystus halepensis* örneklerinde Cd, Co ve Pb, ölçüm sınırlarının altında olduğu için belirlenememiştir.

*Mystus halepensis*'in kas dokusunda ölçülen ortalama metal birikimi 27,54 µg/g Fe; 6,032 µg/g Zn; 1,28 µg/g Mn; 1,15 µg/g Cu ve 0,73 µg/g Ni olarak belirlenmiştir.

Bu türün solungaçlarındaki ortalama metal birikimi 152,79 µg/g Fe; 16,66 µg/g Zn; 7,081 µg/g Mn; 2,92 µg/g Cu ve 1,01 µg/g Ni olarak ölçülmüştür.

*Mystus halepensis*'in karaciğerindeki ortalama metal birikimi 129,52 µg/g Fe; 8,72 µg/g Zn; 3,41 µg/g Cu; 1,83 µg/g Mn ve 0,82 µg/g Ni olarak ölçülmüştür.

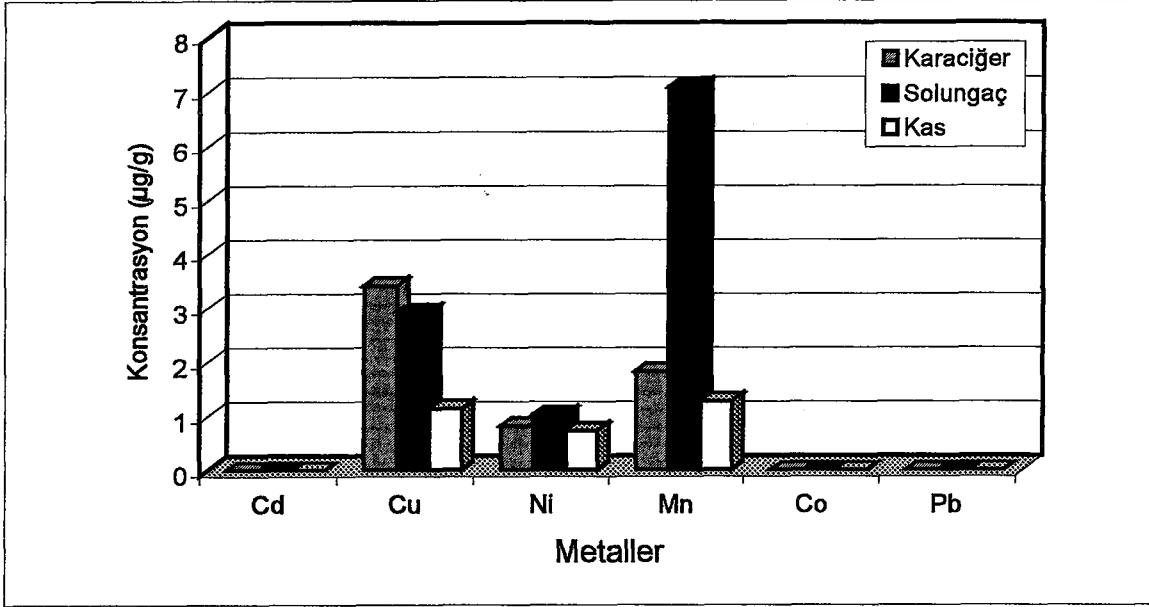
Tablo 4.5.1. Dicle Nehri'ndeki *Mystus halepensis*'in karaciğer, solungaç ve kas dokusunda ölçülen ağır metal konsantrasyonları (yaş ağırlık,  $\mu\text{g/g}$ ), (n. örnek sayısı, Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, Minimum-Maksimum değer).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Karaciğer (n=5)	N.D.	N.D.	3,41 $\pm$ 1,43 a (1,38-5,31)	0,82 $\pm$ 0,35 a (0,41-1,13)	8,72 $\pm$ 2,98 a (6,21-12,77)	1,83 $\pm$ 0,68 a (0,94-2,57)	129,52 $\pm$ 37,87 a (88,24-188,02)	N.D.
Solungaç (n=5)	N.D.	N.D.	2,93 $\pm$ 1,22 a (0,93-3,96)	1,02 $\pm$ 0,52 a (0,25-1,52)	16,67 $\pm$ 5,17 b (10,48-24,67)	7,08 $\pm$ 2,50 b (3,82-10,55)	152,79 $\pm$ 26,14 a (124,75-186,6)	N.D.
Kas (n=10)	N.D.	N.D.	1,15 $\pm$ 0,78 b (0,00-2,11)	0,73 $\pm$ 0,47 a (0,00-1,30)	6,03 $\pm$ 3,75 a (1,37-12,79)	1,28 $\pm$ 0,42 a (0,57-1,75)	27,54 $\pm$ 5,75 b (17,88-38,62)	N.D.

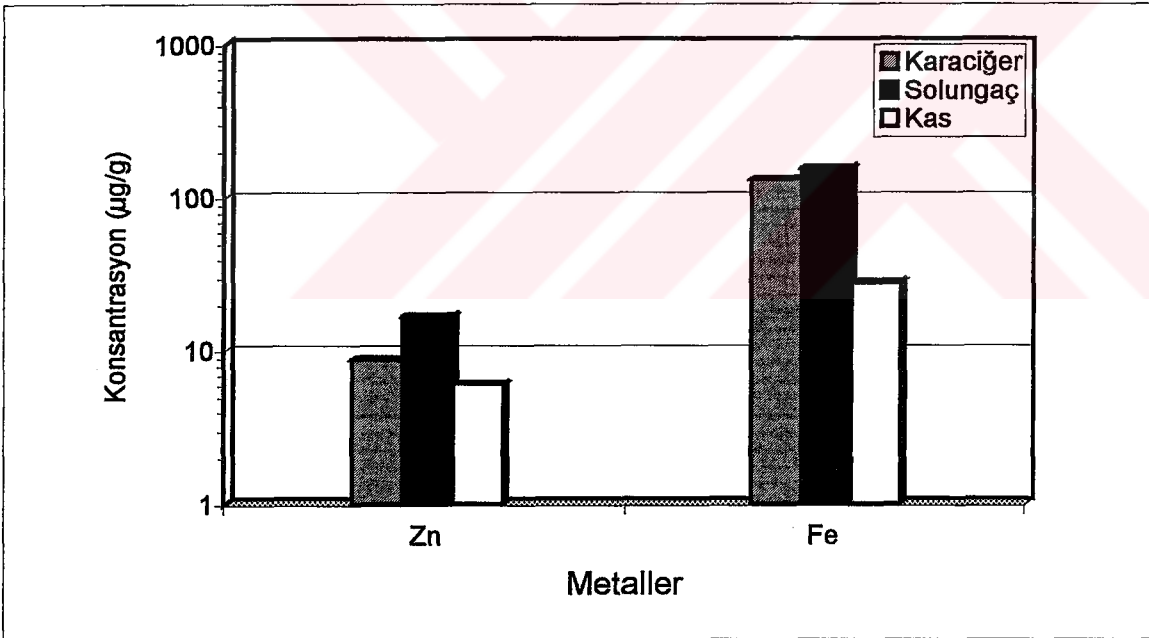
N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tablodaki a, b harfleri dokular arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.

Yukarıdaki ortalama değerler göz önüne alındığında, Cu'nun en fazla karaciğerde birikmiş olduğu, bunu sırasıyla solungaç ve kas dokusunun izlediği belirlenmiştir. Fe, Zn, Mn ve Ni birikiminin en fazla solungaçlarda, bunu sırası ile karaciğer ve kas dokusunun izlediği görülmüştür (Şekil 4.5.1 ve Şekil 4.5.2). Metallerin kas dokusundaki konsantrasyonları sırasıyla  $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Ni}$ ; solungaçta  $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Ni}$  ve karaciğerde ise  $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Ni}$  olarak belirlenmiştir. Kas dokusundaki Cu ve Fe birikimi, karaciğer ve solungaca göre; solungaçlardaki Zn ve Mn birikimi ise, karaciğer ve kasa göre istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir ( $p < 0.05$ ). Ni birikimi bakımından dokular arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).





Şekil 4.5.1. Dicle Nehri'ndeki *Mystus halepensis*'in karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Cd, Cu, Ni, Mn, Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.



Şekil 4.5.2. Dicle Nehri'ndeki *Mystus halepensis*'in karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

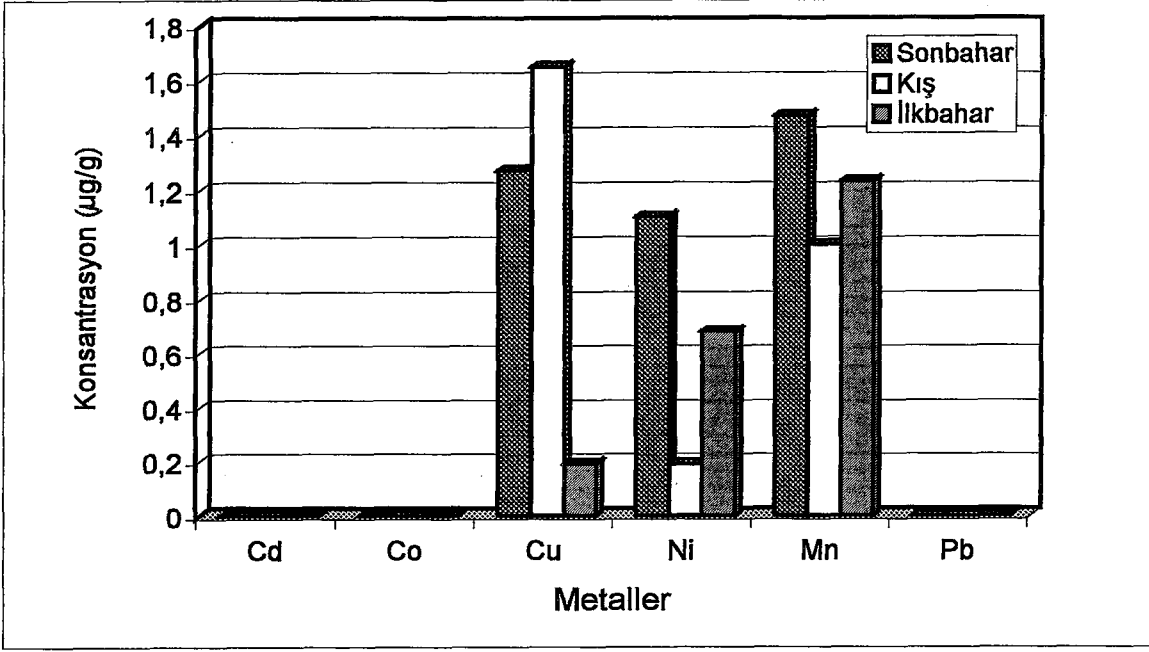
Mevsimele bağı olarak kas dokusunda meydana gelen ağır metal birikiminin ortalama değerleri Tablo 4.5.2., Şekil 4.5.3. ve 4.5.4.'de verilmiştir. Ni ve Mn' ın en yüksek birikim değerleri sonbaharda, Zn ve Fe'in ilkbahar aylarında olduğu

saptanmıştır. Fe, Zn, Mn, Ni'in kışın en düşük değerlerde birikmiş olduğu belirlenmiştir. Cu' daki mevsimsel değişimler incelendiğinde, kışın en yüksek, ilkbaharda ise en düşük düzeyde olduğu görülmüştür. İlkbahar örneklerinin kas dokusundaki Cu ve Zn birikiminin, sonbahar ve kış ayları ile olan farklılığı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Kış mevsimindeki Mn birikiminin, diğer mevsimlerdekilerle istatistiksel olarak bir farklılık gösterdiği ( $p<0.05$ ), Ni ve Fe'in ise farklılık göstermediği görülmüştür ( $p>0.05$ ).

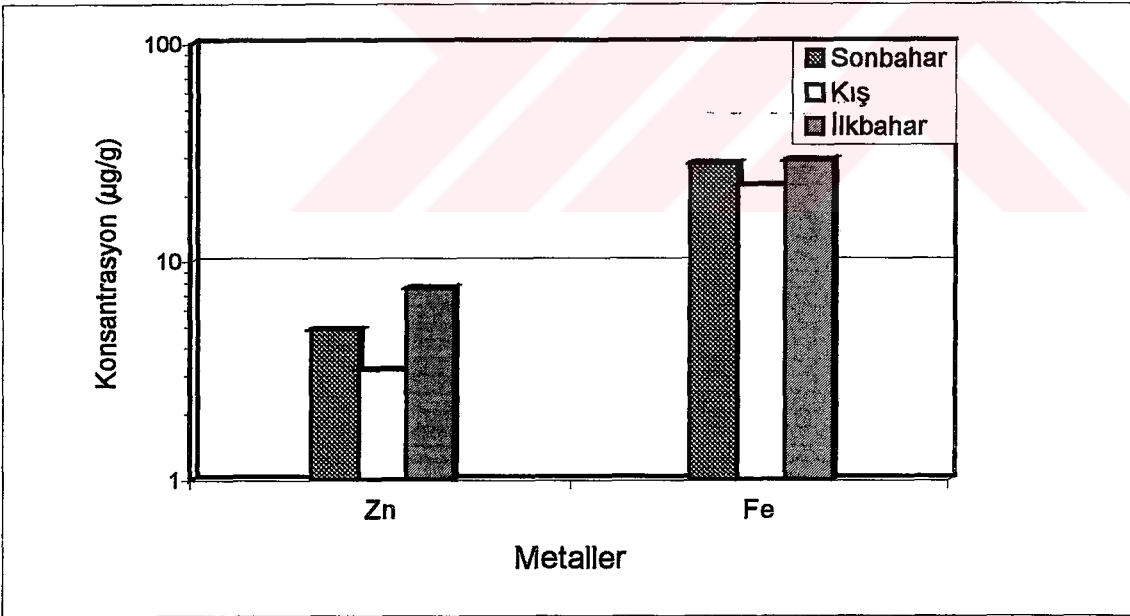
Tablo 4.5.2. Dicle Nehri'ndeki *Mystus halepensis* 'in kas dokusunda mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ), (n: örnek sayısı, Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Sonbahar (n=3)	N.D.	N.D.	1,27 $\pm$ 0,45 a (0,93-1,78)	1,10 $\pm$ 0,32 a (0,73-1,30)	4,82 $\pm$ 3,57 a (1,37-8,49)	1,47 $\pm$ 0,30 a (1,15-1,75)	28,03 $\pm$ 10,37 a (17,89-38,62)	N.D.
Kış (n=2)	N.D.	N.D.	1,65 $\pm$ 0,65 a (1,19-2,11)	0,19 $\pm$ 0,16 a (0,08-0,30)	3,16 $\pm$ 0,89 a (2,53-3,79)	0,80 $\pm$ 0,15 b (0,69-0,91)	22,24 $\pm$ 1,76 a (20,99-23,48)	N.D.
İlkbahar (n=3)	N.D.	N.D.	0,19 $\pm$ 0,33 b (0,00-0,58)	0,68 $\pm$ 0,62 a (0,00-1,22)	7,52 $\pm$ 5,49 b (1,84-12,79)	1,23 $\pm$ 0,57 a (0,57-1,56)	29,00 $\pm$ 1,52 a (27,24-29,93)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tabloda a, b harfleri mevsimler arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p<0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.5.3. Dicle Nehri'nde *Mystus halepensis*'in kasında mevsimsel olarak ölçülen Cd, Cu, Ni, Mn, Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.



Şekil 4.5.4. Dicle Nehri'nde *Mystus halepensis*'in kas dokusunda mevsimsel olarak ölçülen Zn ve Fe'deki konsantrasyon değişimi.

#### 4.6. *Orthrias euphraticus*'daki Ağır Metal Birikimi

Dicle Nehir sisteminde yaşayan *Orthrias euphraticus*'un karaciğer, solungaç ve kas dokusunda ölçülen Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum, maksimum, ortalama ve S. D. değerleri Tablo 4.6.'da verilmiştir. *Orthrias euphraticus* örneklerinde Cd, Co, Ni ve Pb, ölçüm sınırlarının altında olduğu için belirlenememiştir.

Tablo 4.6. Dicle Nehri'ndeki *Orthrias euphraticus*'un içorganlarında ve kas dokusunda ölçülen ağır metal konsantrasyonları (yaş ağırlık, µg/g ), (n: örnek sayısı, Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

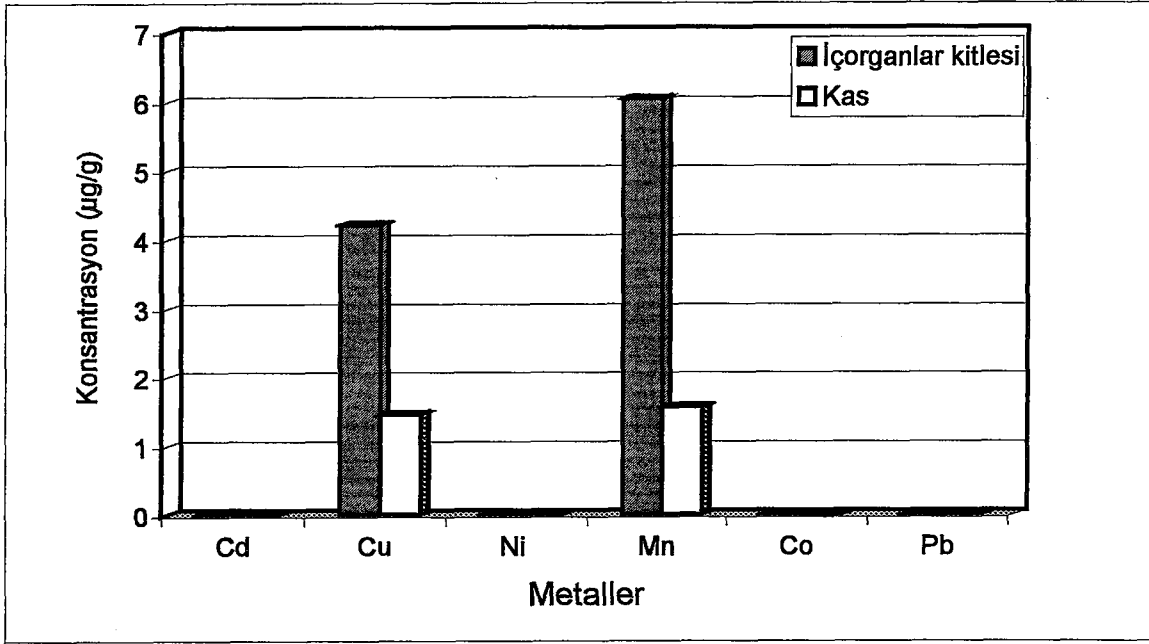
	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
<b>İçorganlar kütlesi (n=4)</b>	N.D.	N.D.	4,22±1,85 a (2,61-5,82)	N.D.	44,63±3,44 a (41,65-47,62)	6,05±0,61 a (5,52-6,58)	184,48±65,04 a (128,15-240,8)	N.D.
<b>Kas (n=4)</b>	N.D.	N.D.	1,46±0,82 b (0,29-2,15)	N.D.	13,78±2,50 b (10,73-16,85)	1,57±0,23 b (1,37-1,87)	3,35±2,48 b (0,00-5,65)	N.D.

N.D. ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tabloda a, b harfleri dokular arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde p<0.05 düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.

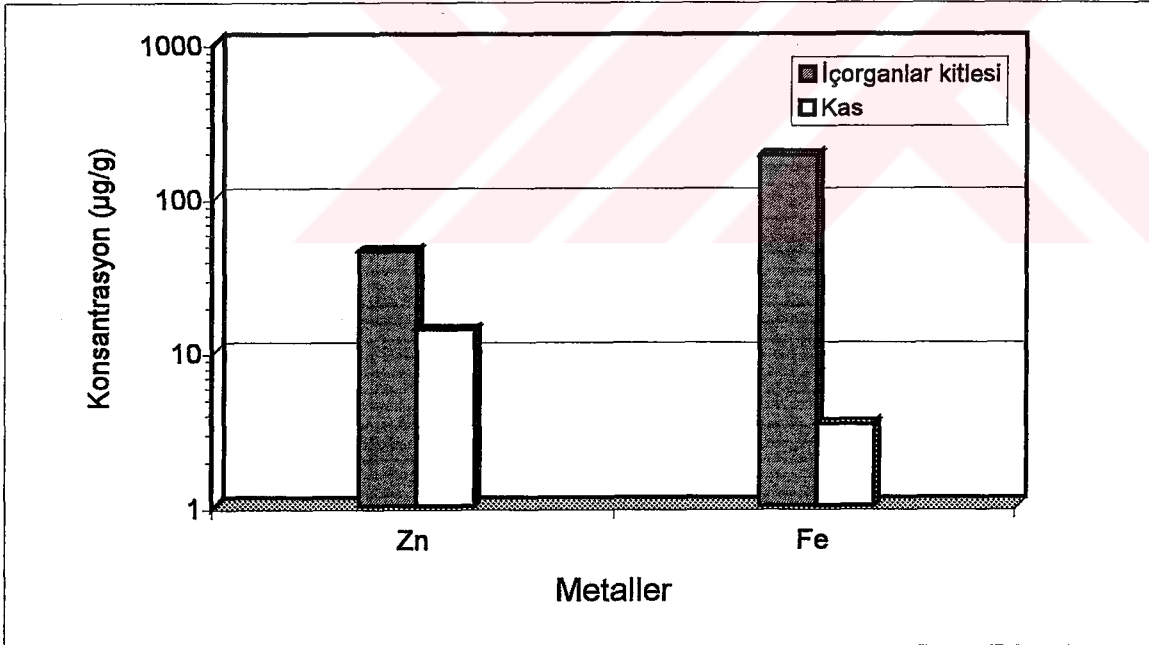
*Orthrias euphraticus*'un kas dokusunda ölçülen ortalama metal birikimi 13,78 µg/g Zn; 3,35 µg/g Fe; 1,57 µg/g Mn ve 1,46 µg/g Cu olarak belirlenmiştir.

*Orthrias euphraticus*'un iç organlarında ölçülen ortalama metal birikimi 184,48 µg/g Fe; 44,63 µg/g Zn; 6,05 µg/g Mn ve 4,22 µg/g Cu olarak saptanmıştır.

Yukarıdaki ortalama değerler dikkate alındığında Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları en fazla iç organlarda ve en az kas dokusunda belirlenmiştir. Kas dokusundaki metal konsantrasyonları sırasıyla Zn > Fe > Mn > Cu; iç organlarda ise Fe > Zn > Mn > Cu olarak belirlenmiştir. İçorganlarda ölçülen bütün metallerin (Cu, Ni, Zn, Mn ve Fe) birikim oranları, kas dokusuna göre önemli istatistiksel farklılık göstermiştir (p<0.05).



Şekil 4.6.1. Dicle Nehri'ndeki *Orthrias euphraticus*'un içorganları ve kas dokusunda Cd, Cu, Ni, Mn, Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.



Şekil 4.6.2. Dicle Nehri'ndeki *Orthrias euphraticus*'un içorganları ve kas dokusunda Zn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

#### 4.7. *Potamon fluviatilis*'deki Ağır Metal Birikimi

Dicle Nehri sisteminde yaşayan *Potamon fluviatilis*'in karaciğer ve kas dokusunda ölçülen Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum ve maksimum, ortalama ve S. D. değerleri Tablo 4.7.1.'de verilmiştir. *Potamon fluviatilis* örneklerinde Cd, Co, ve Pb, ölçüm sınırlarının altında olduğu için belirlenememiştir.

Tablo 4.7.1. Dicle Nehri'ndeki *Potamon fluviatilis*'in karaciğer ve kas dokusunda ölçülen ağır metal konsantrasyonu ( $\mu\text{g/g}$ ), (n: örnek sayısı, Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Karaciğer (n=4)	N.D.	N.D.	86,37 $\pm$ 11,70 a (74,51-97,40)	1,50 $\pm$ 0,71 a (0,97-2,47).	28,20 $\pm$ 7,28 a (17,31-32,39)	20,21 $\pm$ 2,57 a (18,01-23,70)	113,37 $\pm$ 32,55 a (64,58-130,85)	N.D.
Kas (n=4)	N.D.	N.D.	11,04 $\pm$ 1,66 b (9,48-12,89)	N.D. b	31,25 $\pm$ 3,95 a (28,14-36,77)	4,51 $\pm$ 0,54 b (4,01-5,23)	29,36 $\pm$ 17,14 b (9,72-51,53)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tabloda a, b harfleri dokular arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.

*Potamon fluviatilis*'in kas dokusunda ölçülen ortalama metal birikimi 31,25  $\mu\text{g/g}$

Zn; 29,36  $\mu\text{g/g}$  Fe; 11,04  $\mu\text{g/g}$  Cu ve 4,51  $\mu\text{g/g}$  Mn olarak belirlenmiştir.

*Potamon fluviatilis*'in karaciğerindeki ortalama metal birikimi 113,37  $\mu\text{g/g}$  Fe; 86,37  $\mu\text{g/g}$  Cu; 28,2  $\mu\text{g/g}$  Zn ve 20,21  $\mu\text{g/g}$  Mn belirlenmiştir. Ni ise ortalama 1,50  $\mu\text{g/g}$  olarak ölçülmüştür.

Yukarıdaki ortalama değerler göz önüne alındığında Cu, Fe, Mn ve Ni en fazla karaciğerde, buna karşılık Zn en fazla kas dokusunda belirlenmiştir (Şekil 4.7.1 ve Şekil 4.7.2). Kas dokusundaki en yüksek metal konsantrasyonları, sırasıyla  $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Mn}$ ; karaciğerde ise,  $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Ni}$  olarak belirlenmiştir. Karaciğerdeki Cu, Ni, Mn ve Fe birikimi, kas dokusundaki ile karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak

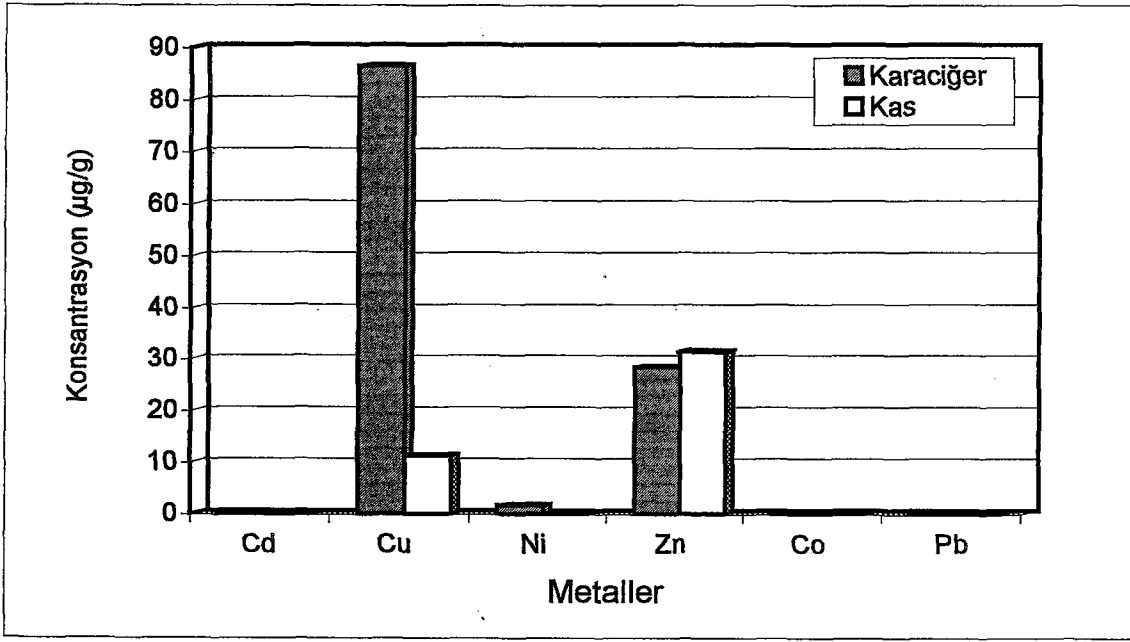
farklılık olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Zn birikimi bakımından karaciğer ile kas dokusu arasında farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Ancak Tablo 4.7.2'de görüldüğü gibi, referans istasyon örneklerinin karaciğerindeki Ni, Mn ve Fe birikimi; kas dokusundaki ile karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak farklılık belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Cu ve Zn birikimi bakımından her iki doku arasında bir farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

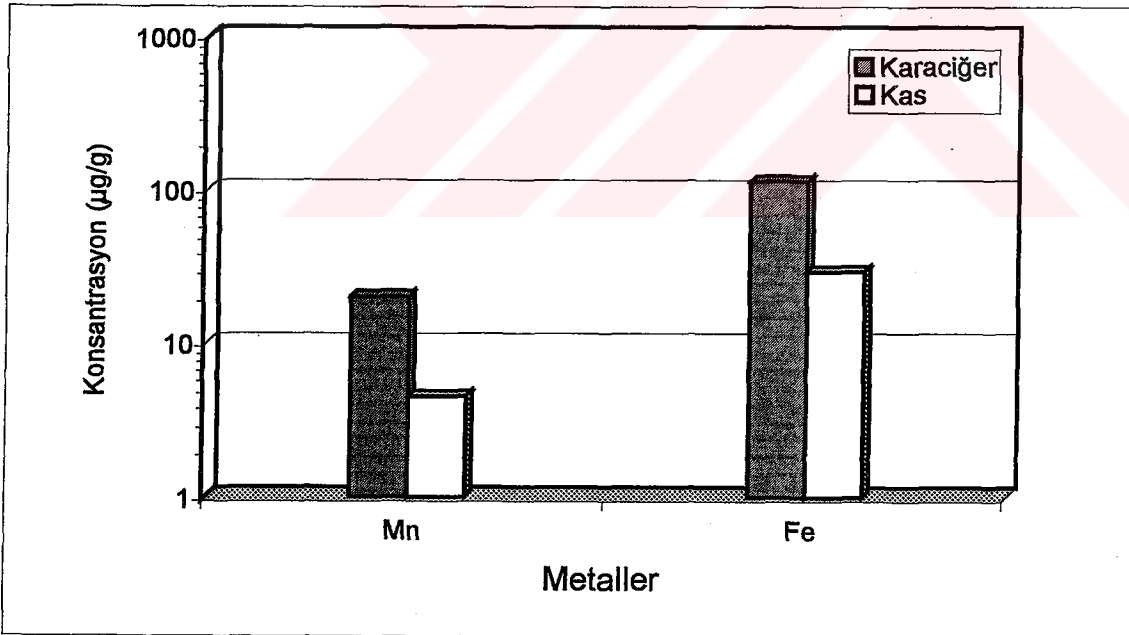
Tablo 4.7.2. Referans İstasyondaki *Potamon fluviatilis*'in karaciğer ve kas dokusunda ölçülen ağır metal konsantrasyonunu ( $\mu\text{g/g}$ ), (n: örnek sayısı, Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Karaciğer (n=2)	N.D.	N.D.	8,07 $\pm$ 0,35 a (7,83-8,31)	4,80 $\pm$ 0,57 a (4,39-5,20)	38,30 $\pm$ 14,18 a (28,27-48,33)	13,76 $\pm$ 0,34 a (13,53-14,01)	29,67 $\pm$ 3,94 a (26,88-32,46)	N.D.
Kas (n=2)	N.D.	N.D.	7,16 $\pm$ 0,25 a (6,98-7,34)	0,64 $\pm$ 0,81 b (0,07-1,21)	36,18 $\pm$ 9,21 a (29,67-42,70)	N.D. b	8,27 $\pm$ 1,68 b (7,08-9,46)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tabloda a, b harfleri dokular arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p<0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.7.1. Dicle Nehri'ndeki *Potamon fluviatilis*'in karaciğer ve kas dokusundaki Cd, Cu, Ni, Zn, Co ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.



Şekil 4.7.2. Dicle Nehri'ndeki *Potamon fluviatilis*'in karaciğer ve kas dokusundaki Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.



#### 4.8. *Unio elongatulus*'daki Ağır Metal Birikimi

Dicle Nehir sisteminde yaşayan *Unio elongatulus*'un içorganlar kitlesinde ölçülen Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum ve maksimum, ortalama ve S. D. değerleri Tablo 4.8.1.'de verilmiştir. *Unio elongatulus* örneklerinde Cd, Co, ve Pb, ölçüm sınırlarının altında olduğu için belirlenememiştir.

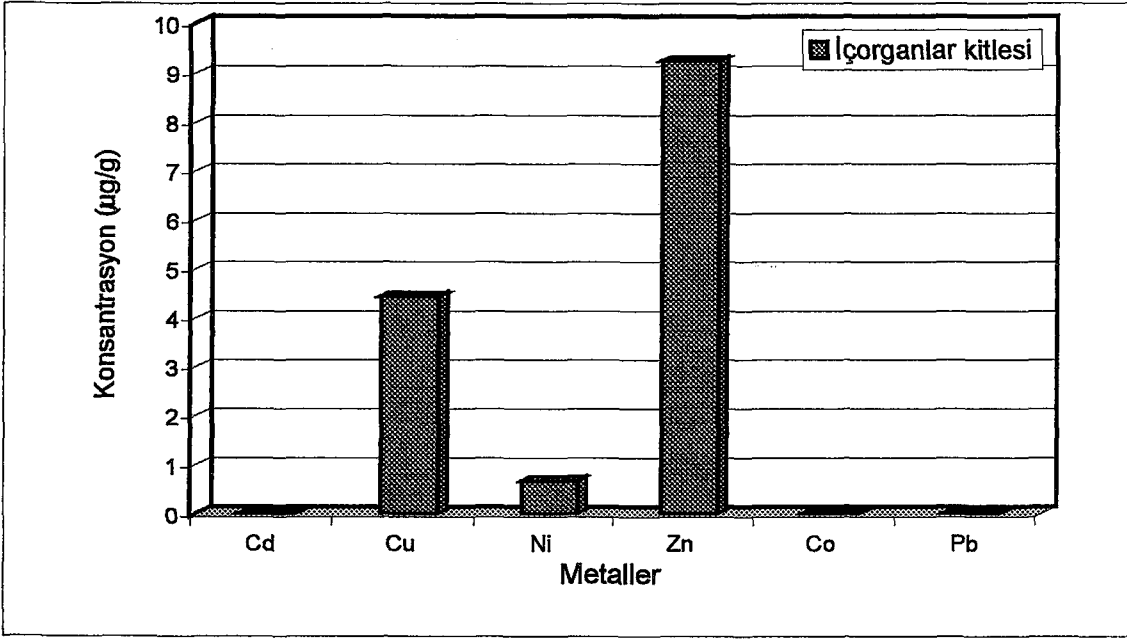
Tablo 4.8.1.Dicle Nehri'ndeki *Unio elongatulus*'un içorganlar kitlesinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ). (n, örnek sayısı).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Ortalama (n=10)	N.D.	N.D.	4,435	0,672	9,248	168,469	193,531	N.D.
Standart sapma	N.D.	N.D.	1,656	0,439	2,747	66,084	42,617	N.D.
Minimum	N.D.	N.D.	2,904	0,134	5,647	78,197	117,655	N.D.
Maksimum	N.D.	N.D.	8,421	1,802	13,393	251,112	234,533	N.D.

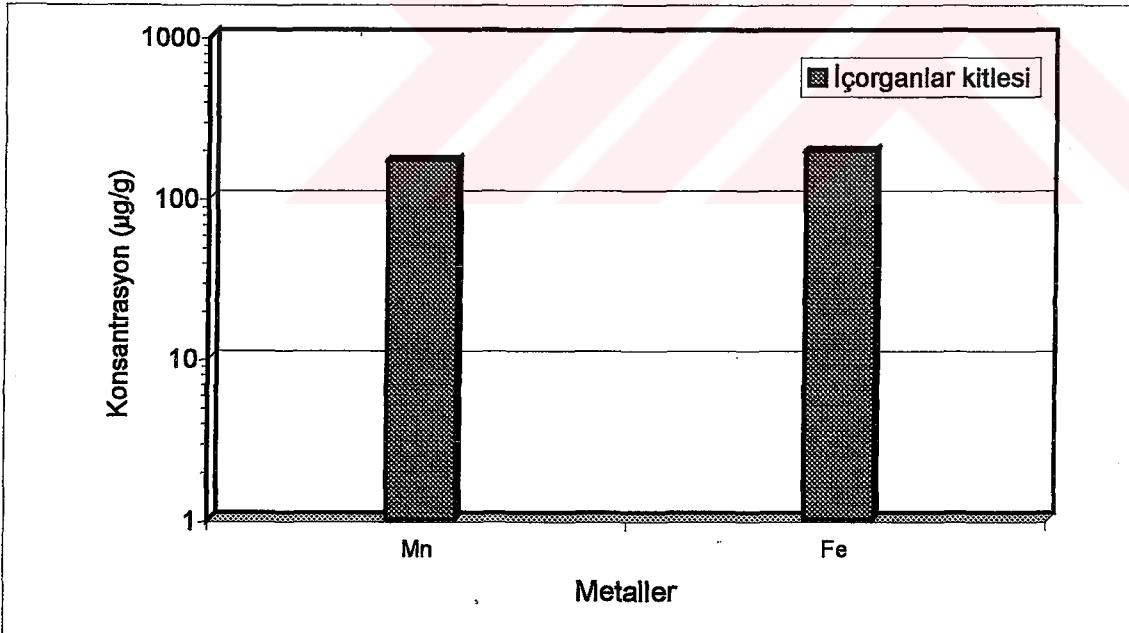
N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır.

*Unio elongatulus*'un içorganlar kitlesinde ölçülen ortalama metal birikimi 193,53  $\mu\text{g/g}$  Fe; 168,46  $\mu\text{g/g}$  Mn; 9,24  $\mu\text{g/g}$  Zn; 4,43  $\mu\text{g/g}$  Cu ve Ni ise 0,67  $\mu\text{g/g}$  olarak ölçülmüştür.

Yukarıdaki ortalama değerler göz önüne alındığında, içorganlar kitlesindeki metal konsantrasyonları sırasıyla, Fe > Mn > Zn > Cu > Ni olarak belirlenmiştir. Ağır metal konsantrasyonlarının değişimi Şekil 4.8.1. ve Şekil 4.8.2'de verilmiştir.



Şekil 4.8.1. Dicle Nehri'ndeki *Unio elongatulus*'un içorganlar kitlesindeki Cd, Cu, Ni, Zn Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.



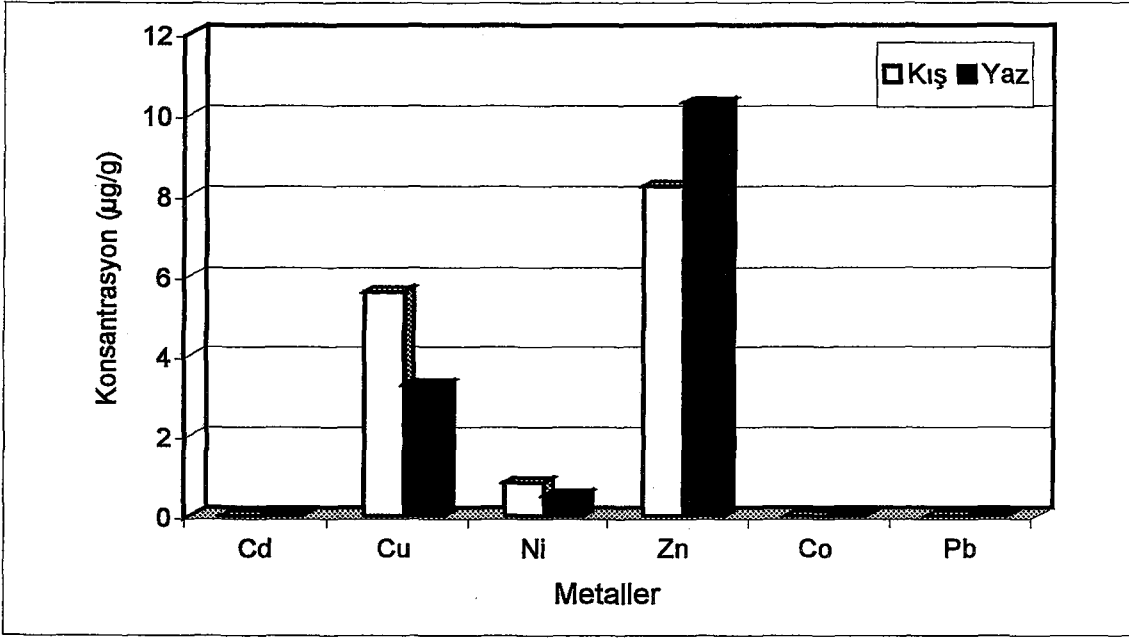
Şekil 4.8.2. Dicle Nehri'ndeki *Unio elongatulus*'un iç organlar kitlesindeki Mn ve Fe'in konsantrasyonlarının değişimi.

Tablo 4.8.2. Dicle Nehri'ndeki *Unio elongatulus*'un kış ve yaz mevsiminde iç organlar kitlesinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ), (n: örnek sayısı, Ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, minimum ve maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

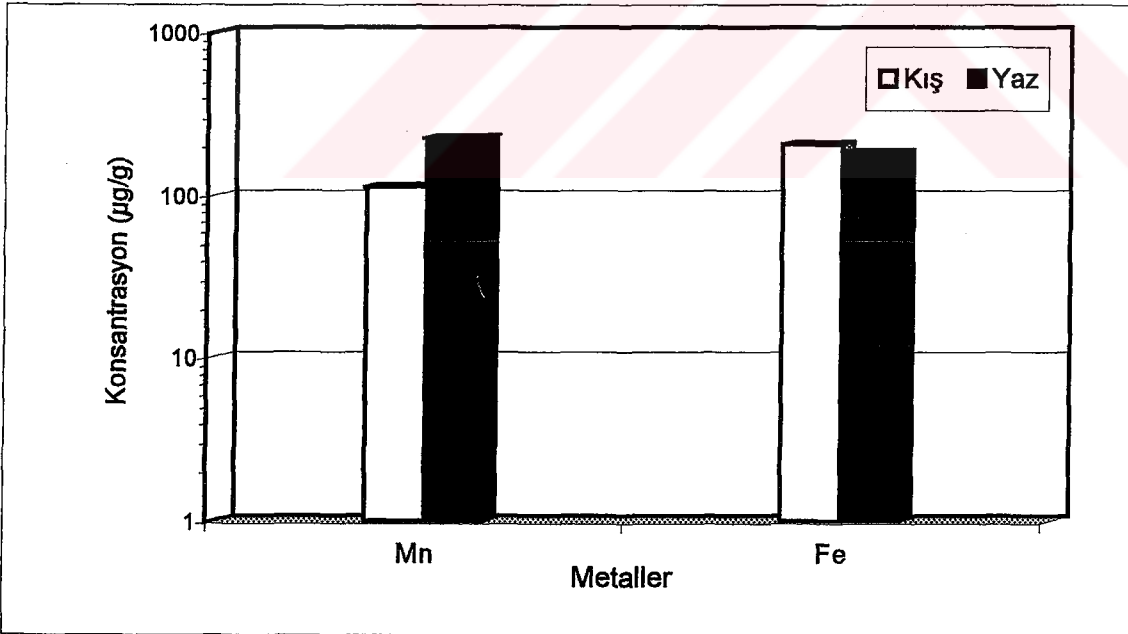
	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Kış (n=5)	N.D.	N.D.	5,61 $\pm$ 1,62 a (4,54-8,42)	0,83 $\pm$ 0,55 a (0,49-1,80).	8,21 $\pm$ 2,96 a (5,65-12,92)	112,58 $\pm$ 36,2 a (78,20-158,08)	204,86 $\pm$ 43,64a (129,22-234,5)	N.D.
Yaz (n=5)	N.D.	N.D.	3,26 $\pm$ 0,35 b (2,90-3,77)	0,51 $\pm$ 0,26 a (0,13-0,85)	10,29 $\pm$ 2,35 b (7,92-13,40)	224,36 $\pm$ 26,6 b (194,89-251,1)	182,22 $\pm$ 43,14a (117,65-222,0)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tabloda a, b harfleri yaz ve kış arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.

Mevsimsel olarak içorganlar kitlesindeki ortalama ağır metal değişimleri Tablo 4.8.2., Şekil 4.8.3 ve Şekil 4.8.4.' de verilmiştir. *Unio elongatulus*'un iç organlar kitlesinde Cu, Ni ve Fe'in kış aylarında; Zn ve Mn'nın ise yaz aylarında en yüksek değerde olduğu belirlenmiştir. Yaz mevsimi örneklerindeki Cu, Zn ve Mn birikiminin, kış ayları örnekleri ile karşılaştırıldıklarında, aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.8.3. Dicle Nehri'nde *Unio elongatulus*'un içorganlarında, yaz ve kış mevsimlerinde ölçülen Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.



Şekil 4.8.4. Dicle Nehri'nde *Unio elongatulus*'un içorganlarında, yaz ve kış mevsimlerinde ölçülen Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

#### 4.9. *Physa acuta*'daki Ağır Metal Birikimi

Dicle Nehir sisteminde yaşayan *Physa acuta*'nın içorganlar kitlesinde ölçülen Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum ve maksimum, ortalama ve S. D. değerleri Tablo 4.9.1.'de verilmiştir. *Physa acuta* örneklerinde Cd, Co, ve Pb, ölçüm sınırlarının altında olduğu için belirlenememiştir.

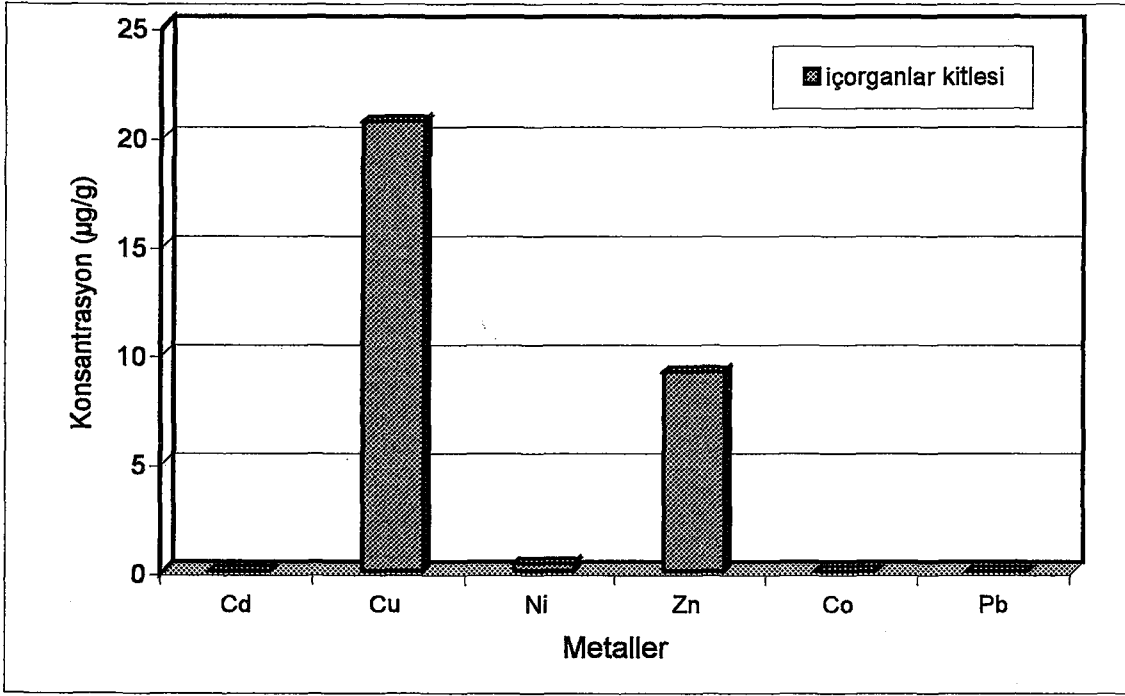
Tablo 4.9.1. Dicle Nehri'ndeki *Physa acuta*'nın iç organlar kitlesinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ), (n, örnek sayısı)

	Cd	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Co	Pb
Ortalama (n=7)	N.D.	22,335	0,312	9,519	26,400	318,933	N.D.	N.D.
Standart sapma	N.D.	10,271	0,717	2,094	9,621	173,430	N.D.	N.D.
Minimum	N.D.	8,943	0,000	5,879	12,488	110,908	N.D.	N.D.
Maksimum	N.D.	33,235	1,928	11,664	33,846	484,465	N.D.	N.D.

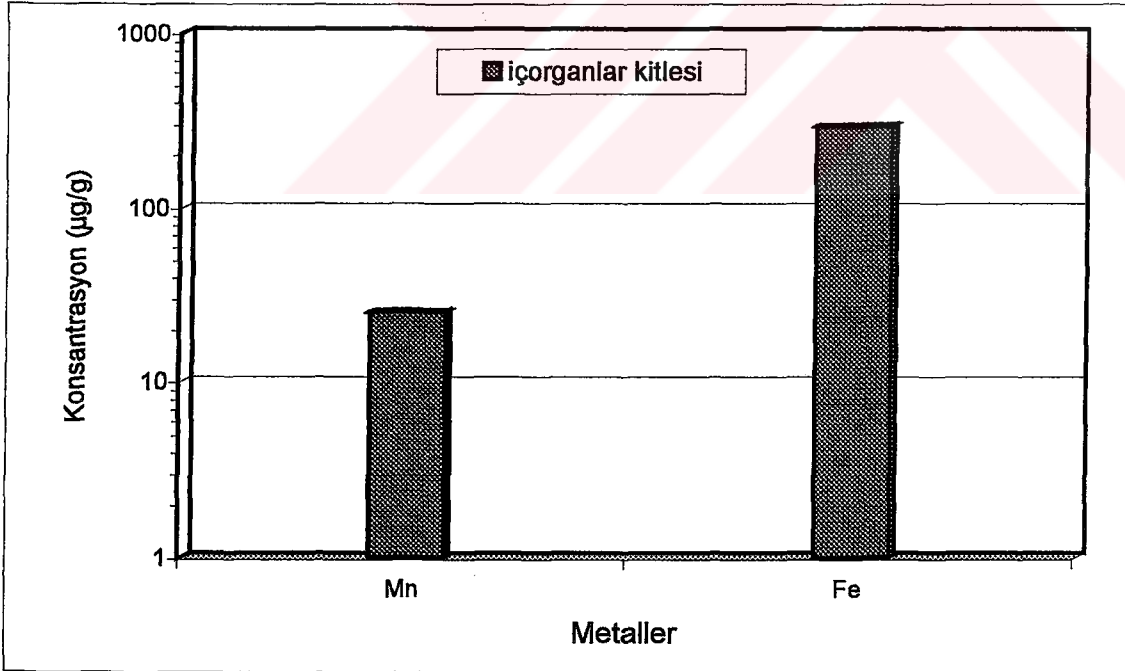
N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır.

*Physa acuta*'nın içorganlar kitlesinde ölçülen ortalama metal birikimi 318,93  $\mu\text{g/g}$  Fe; 26,40  $\mu\text{g/g}$  Mn; 22,33  $\mu\text{g/g}$  Cu; 9,51  $\mu\text{g/g}$  Zn; 0,31  $\mu\text{g/g}$  Ni olarak ölçülmüştür.

Yukarıdaki ortalama değerler göz önüne alındığında, *Physa acuta*'nın içorganlar kitlesindeki metal konsantrasyonları sırasıyla, Fe > Mn > Cu > Zn > Ni olarak belirlenmiştir. İçorganlar kitlesindeki ağır metal konsantrasyon değişimi Şekil 4.9.1 ve Şekil 4.9.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.9.1. Dicle Nehri'ndeki *Physa acuta*'nın iç organlar kitlesindeki Cd, Cu, Ni, Zn Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.



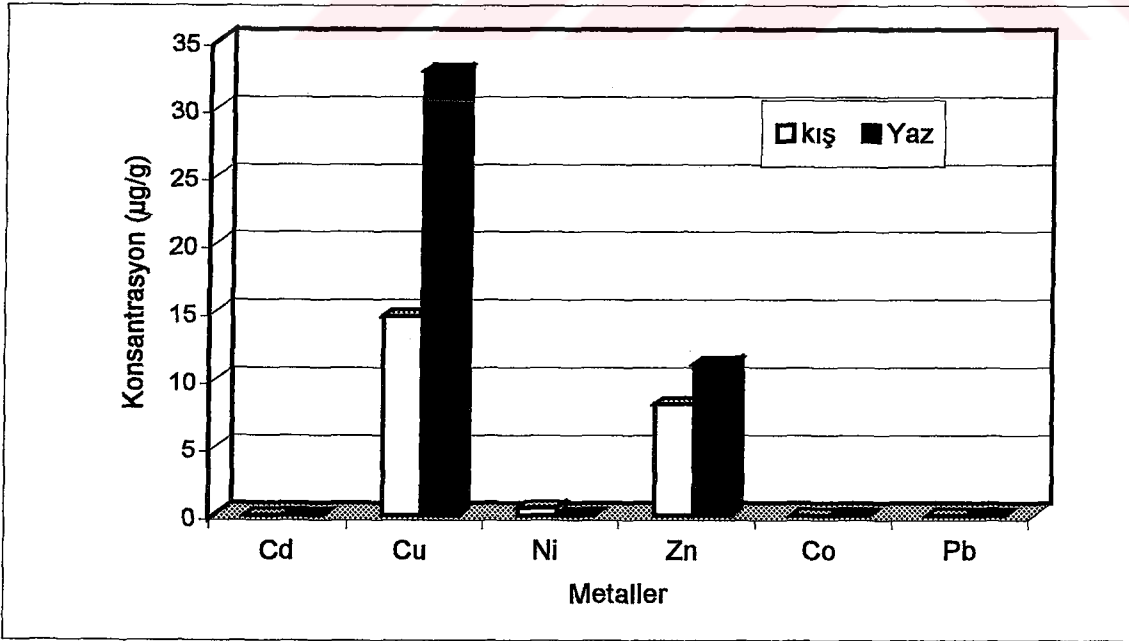
Şekil 4.9.2. Dicle Nehri'ndeki *Physa acuta*'nın iç organlar kitlesindeki Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Mevsimplere bağılı olarak kış ve yaz aylarında içorganlar kitlesindeki ağır metal değişimleri Tablo 4.9.2.'de verilmiştir. Cu, Zn, Mn, Fe'in yaz aylarında en yüksek değerde biriktiği Şekil 4.9.3. ve Şekil 4.9.4.'da görülmektedir. Yaz ayları örneklerinin içorganlar kitlesindeki Cu, Zn ve Fe birikiminin, kış aylarındakinden olan farklılığı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

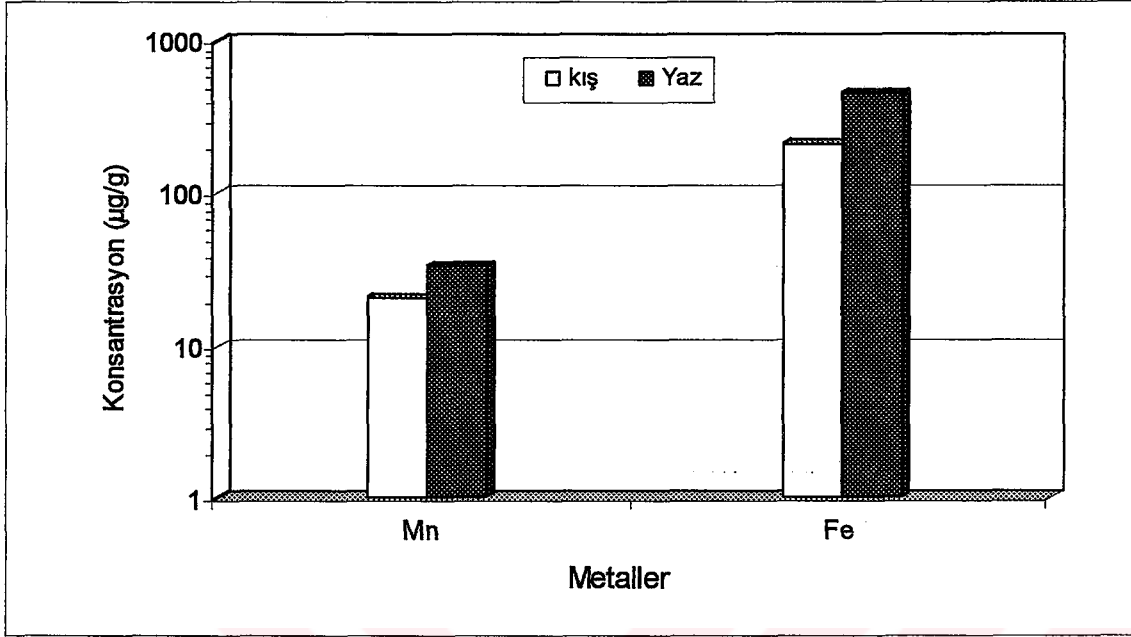
Tablo.4.9.2. Dicle Nehri'ndeki *Physa acuta*'nın kış ve yaz mevsiminde içorganlar kitlesinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ), (n: örnek sayısı, ortalama değer  $\pm$  Standart sapma, minimum-maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Kış (n=4)	N.D.	N.D.	14,65 $\pm$ 5,18 a (8,94-20,88)	0,55 $\pm$ 0,93 a (0,00-1,93)	8,18 $\pm$ 1,72 a (5,88-10,03)	20,82 $\pm$ 9,39 a (12,49-33,11)	210,06 $\pm$ 149,8 a (110,91-429,3)	N.D.
Yaz (n=4)	N.D.	N.D.	32,75 $\pm$ 0,69 b (32,27-33,24)	N.D. a	11,12 $\pm$ 0,77 b (10,57-11,66)	33,84 $\pm$ 0,01 a (33,83-33,85)	453,92 $\pm$ 43,20 b (423,36-484,5)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tabloda a, b harfleri dokular arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p<0.05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.9.3. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın içorganlarında, yaz ve kış mevsimlerinde ölçülen Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.



Şekil 4.9.4. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın içorganlarında, yaz ve kış mevsimlerinde ölçülen Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

*Physa acuta*'da farklı istasyonlar arasında ölçülen ağır metal birikimi Tablo 4.9.3.'de verilmiştir. Fe, Mn, Cu, Zn ve Ni'in en yüksek VI. istasyondan alınan örneklerde birikmiş olduğu Şekil 4.9.5. ve Şekil 4.9.6.'da görülmektedir. VI. İstasyon örneklerinin içorganlar kitesindeki Cu, Mn ve Fe birikiminin, V. ve Referans istasyonlarla olan farklılığı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Referans istasyon örneklerindeki Zn birikimi, Dicle Nehri'nin V. ve VI. istasyonların örnekleri ile olan farklılığı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Referans istasyon ile V. İstasyon arasında metal birikimi bakımından, tatlısu salyangozu *Physa acuta*' da önemli bir farklılık saptanmamıştır ( $p > 0,05$ ). Ancak, referans istasyon ile VI. İstasyon arasında Cu, Mn, Zn ve Fe birikimi açısından istatistiksel olarak önemli farklılıkların

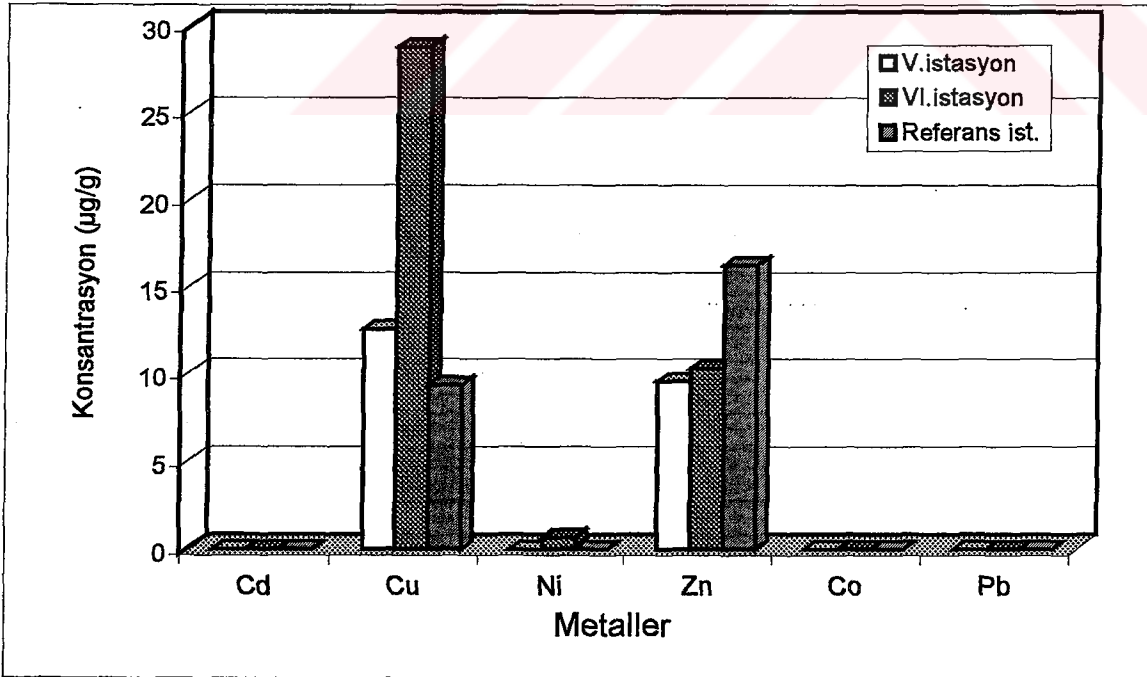


olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). Ni birikiminin istasyonlar arasındaki farkının istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0,05$ ).

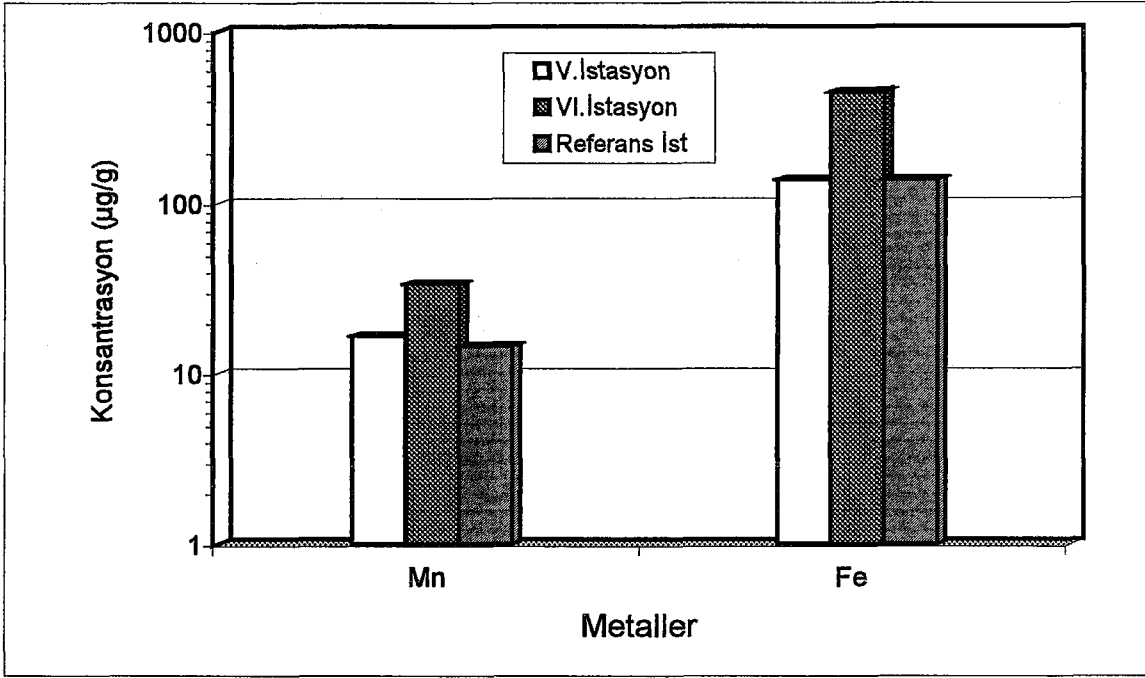
Tablo 4.9.3. *Physa acuta*'da istasyonlar arasında ölçülen ağır metal konsantrasyon değerleri ( $\mu\text{g/g}$ ). (n: örnek sayısı, ortalama değer  $\pm$  standart sapma, minimum–maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
V. İstasyon (n=3)	N.D.	N.D.	12,57 $\pm$ 3,78 a (8,94-16,48)	0,00 $\pm$ 0,13 a (0,00-0,23)	9,52 $\pm$ 2,10 a (5,88-11,66)	16,72 $\pm$ 5,61 a (12,49-23,08)	136,97 $\pm$ 40,26a (110,91-183,3)	N.D.
VI. İstasyon (n=3)	N.D.	N.D.	28,80 $\pm$ 6,87 b (20,88-33,24)	0,64 $\pm$ 1,11 a (0,00-1,93)	10,27 $\pm$ 1,56 a (8,58-11,66)	33,60 $\pm$ 0,42 b (33,11-33,85)	445,72 $\pm$ 33,68 b (423,37-423,4)	N.D.
Referans ist. (n=3)	N.D.	N.D.	9,32 $\pm$ 0,03 a (9,30-9,34)	N.D. a	16,21 $\pm$ 0,02 b (16,19-16,22)	14,41 $\pm$ 0,58 a (14,00-14,82)	136,84 $\pm$ 2,43 a (135,12-138,6)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tabloda a, b harfleri istasyonlar arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.9.5. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın içorganlarında istasyonlar arasında ölçülen Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Pb konsantrasyonları değişimi.



Şekil 4.9.6. Dicle Nehri'nde *Physa acuta*'nın içorganlarında, istasyonlar arasında ölçülen Mn ve Fe konsantrasyonları değişimi.

#### 4.10. *Spirogyra sp.*'deki Ağır Metal Birikimi

Dicle Nehir sisteminde yaşayan *Spirogyra sp.*'de ölçülen Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'nun minimum ve maksimum, ortalama ve S. D. değerleri Tablo 4.10.1.'de verilmiştir. *Spirogyra sp.* örneklerinde Cd ve Pb, ölçüm sınırlarının altında olduğu için belirlenememiştir.

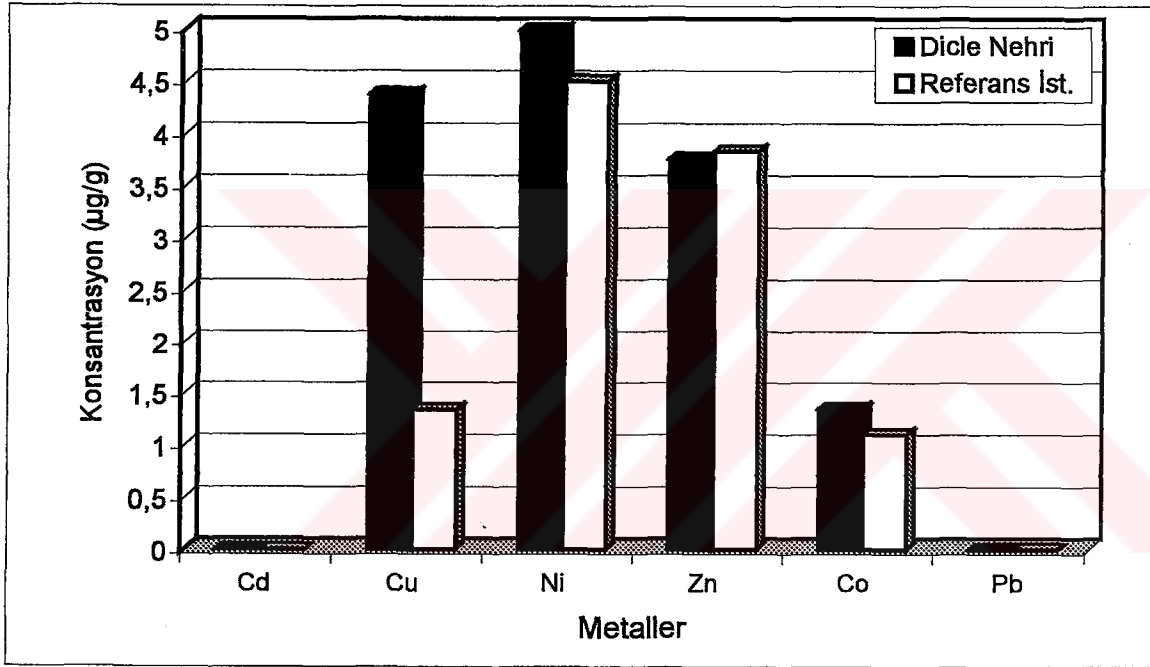
Tablo 4.10.1. Dicle Nehri'ndeki *Spirogyra sp.*'de ölçülen ağır metal konsantrasyonları (µg/g). ( n, örnek sayısı).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Ortalama (n=12)	N.D.	1,351	4,376	4,992	3,762	111,859	1577,019	N.D.
Standart sapma	N.D.	1,439	4,145	4,873	4,311	129,977	1558,985	N.D.
Minimum	N.D.	0,000	0,560	1,095	0,000	16,431	160,876	N.D.
Maksimum.	N.D.	5,345	16,042	19,018	12,887	452,577	5479,106	N.D.
(Referans istasyon) Ortalama (n=4)	N.D.	1,104	1,340	4,500	3,831	42,576	1616,62	N.D.

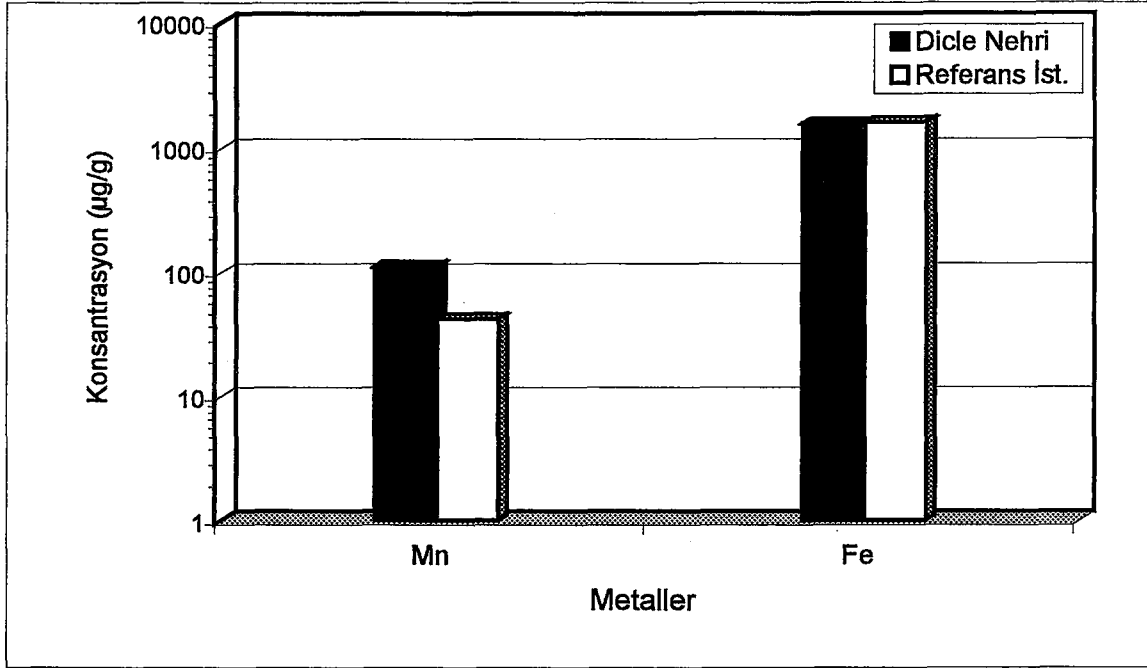
N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır.

*Spirogyra sp.* 'de ölçülen ortalama metal birikimi 1577,0  $\mu\text{g/g}$  Fe; 111,85  $\mu\text{g/g}$  Mn; 4,99  $\mu\text{g/g}$  Ni; 4,37  $\mu\text{g/g}$  Cu; 3,76  $\mu\text{g/g}$  Zn; 1,35  $\mu\text{g/g}$  Co olarak belirlenmiştir.

Yukarıdaki ortalama değerler göz önüne alındığında, *Spirogyra sp.* 'deki metal konsantrasyonu sırasıyla, Fe > Mn > Ni > Cu > Zn > Co olarak saptanmıştır. *Spirogyra sp.* 'deki ağır metal konsantrasyonu değişimi Şekil 4.10.1 ve 4.10.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.10.1. Dicle Nehri'ndeki *Spirogyra sp.* 'de ki Cd, Cu, Ni, Zn Co, Pb konsantrasyonlarının değişimi.



Şekil 4.10.2. Dicle Nehri'ndeki *Spirogyra sp.*'de ki Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

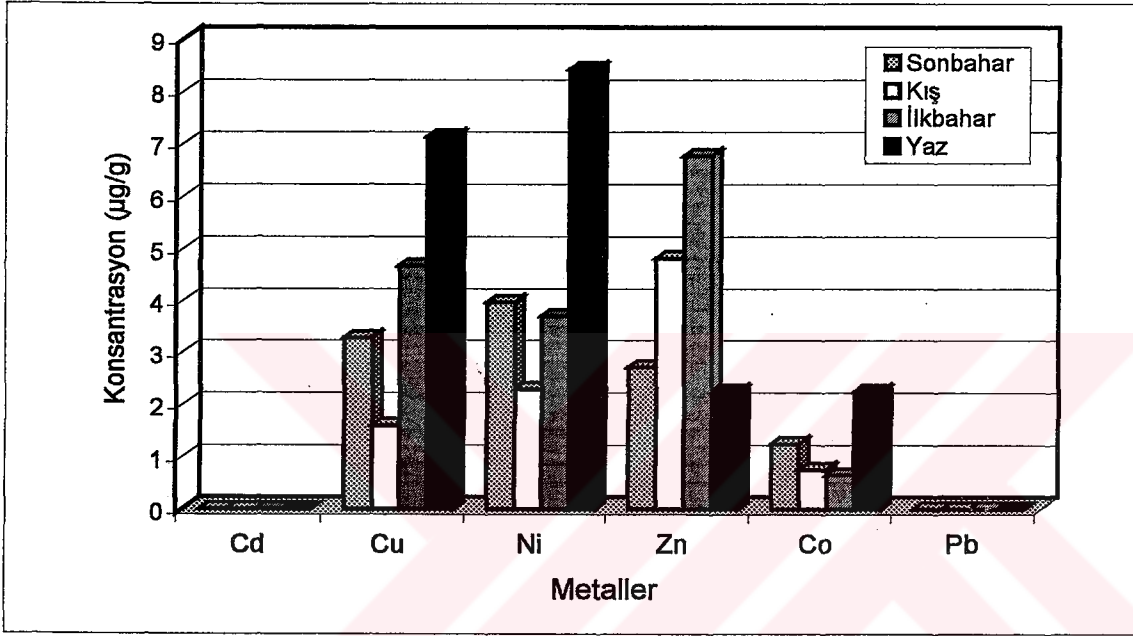
Tablo 4.10.2. Dicle Nehri'ndeki *Spirogyra sp.*'de mevsimlere bağlı olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonu (µg/g). (n, örnek sayısı, ortalama değer ± standart sapma, minimum-maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
Sonbahar (n=3)	N.D.	1,24±1,06 a (0,49-2,45)	3,28±2,87 a (1,23-6,56)	3,97±3,45 a (1,42-7,89)	2,71±3,80 a (0,21-7,09)	187,8±230,4 a (32,85-452,57)	1201,7±1215,3 a (160,88-2537,28)	N.D.
Kış (n=3)	N.D.	0,75±0,28 a (0,44-0,97)	1,59±1,46 a (0,56-3,26)	2,29±1,05 a (1,09-3,09)	4,83±5,26 a (0,41-10,64)	60,85±55,87 a (16,43-123,6)	759,14±443,92 a (265,46-1125,4)	N.D.
İlkbahar (n=2)	N.D.	0,65±0,31 a (0,43-0,87)	4,67±0,64 a (4,22-5,12)	3,70±0,19 a (3,56-3,84)	6,77±8,64 a (0,66-12,88)	43,00±34,69 a (18,47-67,53)	771,28±471,11 a (438,16-1104,4)	N.D.
Yaz (n=4)	N.D.	2,23±2,24 a (0,00-5,35)	7,13±6,06 a (2,42-16,04)	8,43±7,29 a (2,77-19,01)	2,24±1,95 a (0,00-4,48)	127,6±110,5 a (46,77-290,3)	2874,8±2057,5 a (786,76-5479,1)	N.D.

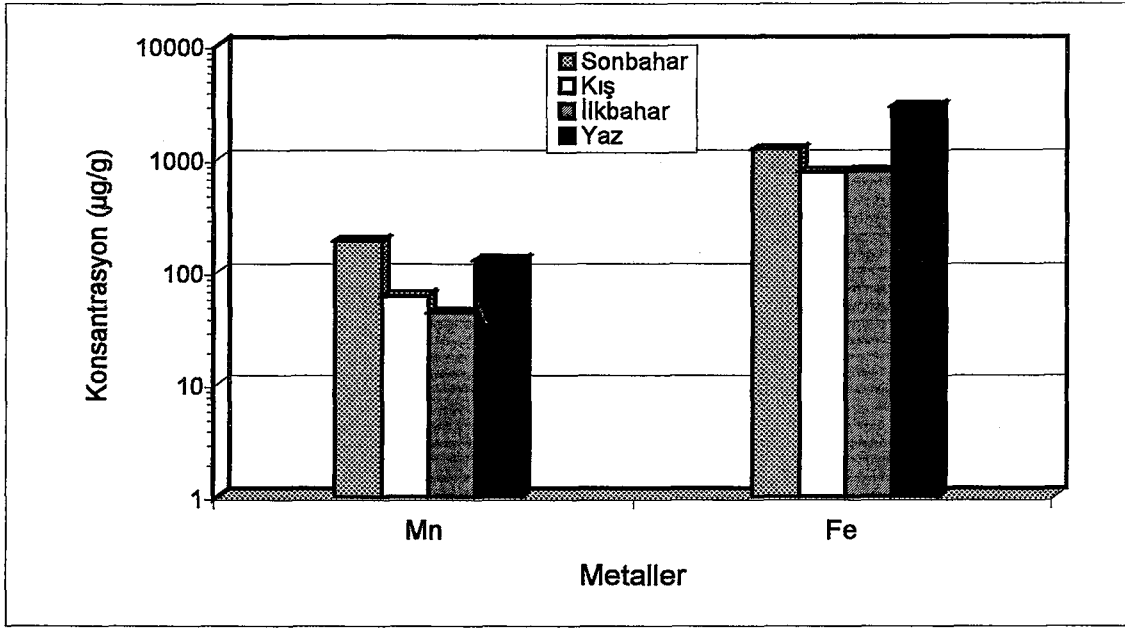
N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tabloda a, b harfleri istasyonlarr arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde p<0.05 düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.

Mevsimlere bağlı olarak *Spirogyra sp.*'deki ortalama ağır metal değişimleri Tablo 4.10.2.'de verilmiştir. Ölçülen Cu, Ni, Fe ve Co'nun, yaz aylarında en yüksek seviyede olduğu; sonbahar, ilkbahar ve kış aylarına doğru düştüğü Şekil 4.10.3 ve Şekil

4.10.4.'de görülmektedir. Ayrıca, Zn'nun ilkbaharda en yüksek, sonbahar ve yaz mevsimlerinde ise en düşük değerde olduğu, Mn'nın sonbaharda en yüksek, ilkbaharda ise en düşük değerde olduğu görülmüştür. *Spirogyra sp.* örneklerindeki metal birikiminin mevsimler arasındaki farklılığı, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).



Şekil 4.10.3. Dicle Nehri'ndeki *Spirogyra sp.*'de mevsimlere bağlı olarak ölçülen Cd, Cu, Ni, Zn, Co ve Pb konsantrasyonlarının değişimi.



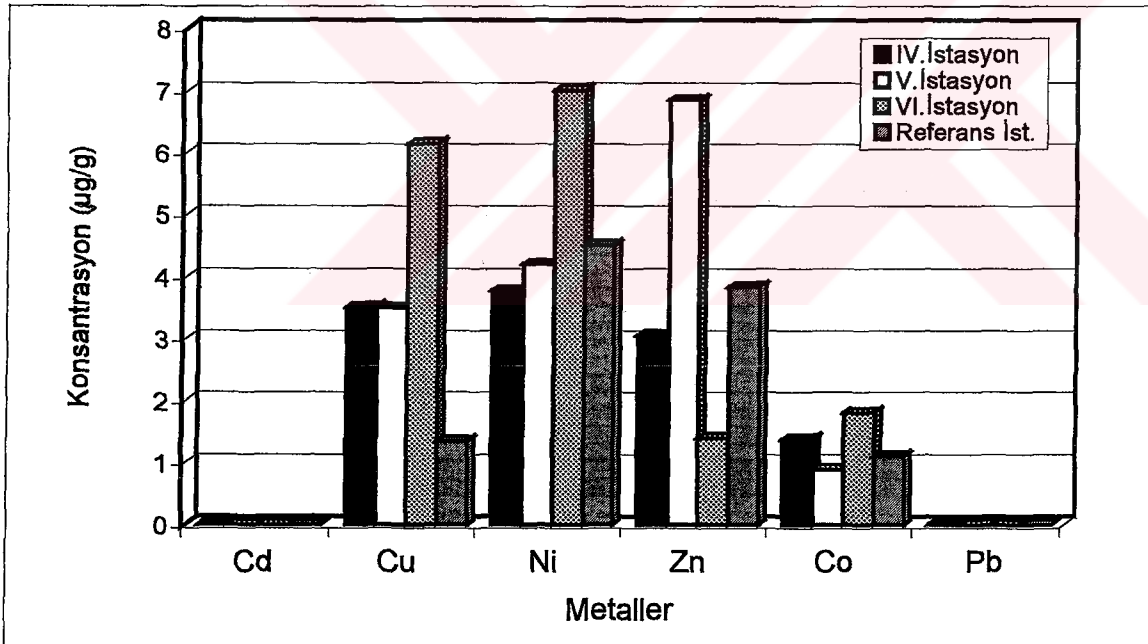
Şekil 4.10.4. Dicle Nehri'ndeki *Spirogyra sp.*'de mevsimlere bağlı olarak ölçülen Mn ve Fe konsantrasyonlarının değişimi.

Dicle Nehri'ndeki *Spirogyra sp.*'de ölçülen istasyonlar arasındaki ağır metal konsantrasyonları değişimi Tablo 4.10.3.'de verilmiştir. *Spirogyra sp.*'de Cu, Ni, Fe ve Co'nun en fazla VI. İstasyondan; Zn ve Mn ise V. İstasyondan toplanan örneklerde en yüksek değerde birikmiş olduğu bulunmuştur. VI. İstasyondan alınan örneklerdeki Cu, Ni, Mn ve Fe birikiminin, referans istasyona göre daha yüksek değerde birikmiş olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.10.5 ve Şekil 4.10.6'da istasyonlar arasındaki ağır metal konsantrasyonları değişimi verilmiştir. Co ve Fe birikimi bakımından istasyonlar arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). VI. İstasyondaki Cu birikimi, IV. ve V. istasyona göre; Ni birikimi, IV. İstasyona göre; Zn birikimi, V. İstasyona göre; Mn birikimi ise IV. ve referans istasyonlarına göre istatistiksel olarak bir farklılık göstermiştir ( $p<0.05$ ).

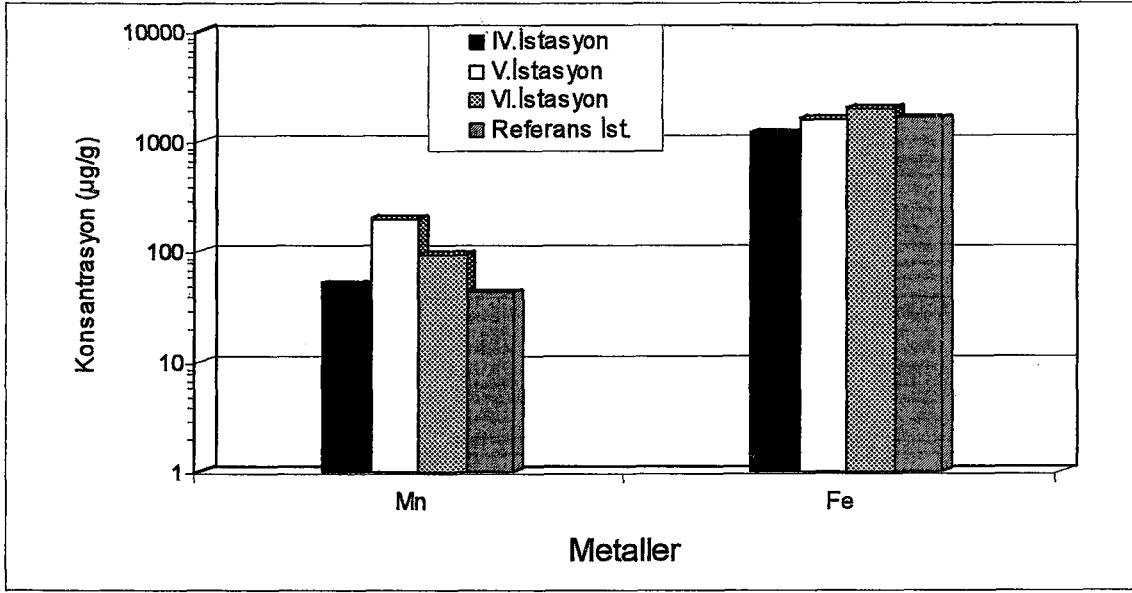
Tablo 4.10.3. Dicle Nehri'ndeki *Spirogyra sp.*'de ölçülen istasyonlar arasında ortalama ağır metal konsantrasyonları değişimi ( $\mu\text{g/g}$ ). (n, örnek sayısı, ortalama değer  $\pm$  standart sapma, minimum–maksimum değerler parantez içinde verilmiştir).

	Cd	Co	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Pb
IV. İstasyon (n=4)	N.D.	1,37 $\pm$ 0,88 (0,49-2,45)	3,50 $\pm$ 2,71 a (0,56-6,57)	3,77 $\pm$ 3,19 b (1,09-7,89)	3,04 $\pm$ 3,00 (0,22-7,09)	50,03 $\pm$ 19,50 a (32,86-77,95)	1184,1 $\pm$ 1164,5 (160,8-2537,3)	N.D.
V. İstasyon (n=4)	N.D.	0,89 $\pm$ 0,69 (0,43-1,90)	3,49 $\pm$ 1,69 a (1,24-5,22)	4,20 $\pm$ 2,10 (2,60-7,25)	6,85 $\pm$ 5,82 b (0,83-12,89)	194,4 $\pm$ 214,8 b (16,43-452,6)	1589,6 $\pm$ 1251,2 (886,5-3460,6)	N.D.
VI. İstasyon (n=4)	N.D.	1,79 $\pm$ 2,40 (0,00-5,35)	6,4 $\pm$ 6,82 b (0,96-16,04)	7,01 $\pm$ 8,01 a (2,67-19,02)	1,40 $\pm$ 2,08 a (0,00-4,49)	91,11 $\pm$ 25,43 b (67,53-123,6)	1957,4 $\pm$ 2364,5 (438,1-5479,1)	N.D.
Ref. İstas.) (n=2)	N.D.	1,06 $\pm$ 0,00 (1,02-1,10)	1,15 $\pm$ 0,28 (0,95-1,34)	4,26 $\pm$ 0,35 (4,01-4,50)	3,51 $\pm$ 0,45 (3,19-3,83)	44,08 $\pm$ 2,12 a (42,58-45,58)	1671,6 $\pm$ 77,78 (1616,6-1726,)	N.D.

N.D. Ölçümler AAS'nin duyarlılık sınırlarının altındadır. Tabloda a, b, c harfleri istasyonlar arasındaki farklılığı gösterir. Farklı harflerle gösterilen verilerde  $p < 0,05$  düzeyinde önemli farklılık göstermektedir.



Şekil 4.10.5. Dicle Nehri'nde *Spirogyra sp.*'de, istasyonlar arasında ölçülen Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Pb konsantrasyonları değişimi.



Şekil 4.10.6. Dicle Nehri'nde *Spirogyra sp.*'de, istasyonlar arasında ölçülen Mn ve Fe konsantrasyonları değişimi.



## 5.TARTIŞMA

Dicle Nehri suyundaki ağır metal değerleri TS 266 Türk Standartları tarafından 1984'de belirlenen değerlerin (Fe 5-15mg/l, Zn 0,3-1,0 mg/l, Pb 0,0-0,05 mg/l) altında bulunmuştur. Ağır metal konsantrasyonları, kirlenmemiş olarak kabul edilen Atatürk Baraj göl suyu örnekleri ile uyum göstermektedir (KARADEDE ve ÜNLÜ, 2000). Sapanca Göl suyunda yapılan çalışma ile karşılaştırıldığında, bulgularımız ile benzer olduğu görülmektedir (YALÇIN ve SEVİNÇ, 2001).

Dicle Nehrinin sedimentinde, ağır metal konsantrasyonları sırasıyla Fe> Mn> Ni> Cu> Co> Zn olarak belirlenmiştir. Bulgularımız, GÜMGÜM ve ark. (1994)'nın Dicle Nehri sedimentinde yapmış oldukları ağır metal sonuçları ile karşılaştırıldığında, Dicle Nehri'nin 1994 yılına göre 2000-2001 yılında çok daha düşük oranda Cu ve Zn içerdiği belirlenmiştir. GÜMGÜM ve ark. (1994), Dicle Nehri'nin kirlenmiş olarak kabul edildiğini ve bunun da Ergani Bakır fabrikası atıklarının Dicle Nehri'ne boşaltılmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir (Tablo 5)

Tablo 5. Dicle ve Fırat nehirleri sedimentlerinde önceden çalışılmış ortalama ağır metal konsantrasyon değerleri ( $\mu\text{g/g}$ ).

İSTASYONLAR	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
DİCLE NEHRİ -Maden (Gümgüm ve Ark., 1994)	—	503	3433	—	—	403	102	489
DİCLE NEHRİ -Diyarbakır (Gümgüm ve Ark., 1994)	—	21	904	—	—	50	31	405
SHATT AL-ARAB (Abaychi ve Al-Saad,1988)	0,03	17,4	39,6	6205	914	57.2	19,0	25,8
Atatürk Baraj Gölü, Hilvan (Karadede ve Ünlü2000)	N.D.	10,81	47,78	18104	424,96	76.80	13.58	70,2

Son 10 yılda fabrikanın üretimini azaltması ve arıtma tesisi kurması sayesinde, Dicle Nehri'nde çok yüksek düzeyde bulunan ağır metal konsantrasyonları çalışmamızda da görüldüğü gibi, belirgin bir şekilde azalma göstermiştir. GÜMGÜM ve ÖZTÜRK (2001)'ün Dicle Nehrinde yapmış oldukları çalışmada Cu 728,96; Ni 66,35; Co 32,01; Zn 369,14 olarak belirlenmiştir. Çalışmamızdaki sonuçlarla karşılaştırıldığında Cu ve Zn'da önemli bir düşüş olduğu görülmektedir. Cu, Mn, Zn, Ni ve Fe değerleri Sunderban suyu (GUHATHAKURTA ve KAVIRAJ, 2000), İndus Nehri (TARIQ ve ark., 1996), Shatt Al- Arab (ABAYCHI ve AL-SAAD, 1988) ve Atatürk Baraj Gölü (KARADEDE ve ÜNLÜ, 2000) sedimentleri ile karşılaştırıldığında, Dicle Nehri'nin bu metaller bakımından daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu görülmüştür. Çalışılan istasyonlar arasında, lokal varyasyonların olduğu belirlenmiştir. Cu, Ni ve Co birikiminin IV. İstasyondan; Zn ise VI. İstasyondan alınan örneklerde daha yüksek konsantrasyonda olduğu belirlenmiştir. Bu istasyonlar şehirleşmenin, ziraatın ve evsel atıkların suya karıştığı kirlenmiş yerlerde olması ile dikkat çekmektedir. Çalışılan istasyonlar arasında en düşük metal konsantrasyonu, II. İstasyondan alınan sediment örneklerinde görülmüştür. ABO-RADY (1983), yaptığı çalışmada, kirli atıkların döküldüğü yerlerdeki sedimentlerin kirlenmemiş bölgelerden alınanlara oranla daha fazla miktarda metal birikimi olduğunu belirlemiştir.

Sedimentte meydana gelen mevsimsel değişimler incelendiğinde, ilkbahar ve yaz aylarında yüksek, kış mevsiminde ise düşük değerler bulunmuştur. KASSIM ve ark. (1997), Fırat Nehri'nin sediment örneklerinde mevsimsel olarak yapmış oldukları çalışmada, Mn ve Ni konsantrasyonunun bütün mevsimlerde yüksek değerde olduğunu belirlemiş ve inceledikleri metaller arasında Cu, Mn, Ni ve Zn'nun ilkbahar ve yaz mevsiminde daha yüksek konsantrasyonlarda olduklarını bildirmişlerdir. Bir başka

çalışmada, Nil Nehri sedimentinde Cu ve Zn konsantrasyonunun ilkbaharda, Fe'in ise kış aylarında en yüksek değerlerde olduğu bulunmuştur (ZAYED ve ark., 1994).

Cd, Cu, Cr, Ni, Zn ve Mn gibi ağır metaller, gerek sudan direkt olarak gerek besin zinciri ile girdikleri canlı bünyelerinden, doğal fizyolojik yollar ile atılmadıkları için birikime uğrar ve organizmada belirli konsantrasyonların aşılması halinde toksik etki yaparlar (GILL ve ark., 1992; ABO-RADY, 1983; ASHRAF ve JAFFAR, 1988; SING ve PETER, 1978). AMIARD ve ark. (1987), çeşitli nehir ve deniz kıyısındaki solucan, mollusk, kabuklu ve balık gibi organizmaların, Zn seviyelerini dokularında kontrol edebildiklerini; Cu ve Zn için en iyi düzenleyicilerin crustacea ve balıklar olduğunu tespit etmişlerdir. LOURDES ve CUVIN-ARALAR (1994), sudaki metal konsantrasyonunun artması ile birlikte, balık dokularındaki Cd ve Hg konsantrasyonunun da artış gösterdiğini; fakat, Zn için bunun söz konusu olmadığını ve vücutta Zn birikiminin düzenlenebileceğini göstermişlerdir. Balıklarda doku ve organlarda biriken metal, bu metallere maruz bırakılma süresi ve ortamdaki konsantrasyonlarına bağlı olarak artmaktadır.

Ağır metal konsantrasyonlarını incelediğimiz *Silurus triostegus*, *Mastacembelus simack*, *Mystus halepensis* ve *Orthrias euphraticus* türleri, bentik karakterli tatlısu balıkları olarak bilinmektedir. Bunlardan *Silurus triostegus* ve *Mastacembelus simack* karnivor, *Mystus halepensis* ve *Orthrias euphraticus* ise herbivor tarzda beslenmektedirler. İncelenen her dört türde de ağır metal birikiminin en az kas dokusunda olduğu belirlenmiştir. Kas dokusundaki ortalama Cu birikimi, en çok *Silurus triostegus*; Ni birikimi, *Mastacembelus simack*; Zn birikimi, *Orthrias euphraticus*; Mn ve Fe birikimi ise *Mystus halepensis* örneklerinde bulunmuştur. *Silurus triostegus* örneklerinin kas dokusundaki ortalama Cu ve Zn birikimi, Gölcük ve Marmara

göllerindeki karnivor bir tür olan *Silurus glanis* ile uyum içinde olduğu görülmüştür (UYSAL ve ark., 1986).

Dicle Nehri'ndeki *Mastacembelus simack*'taki Cu, Mn ve Ni değerleri, Atatürk Baraj Gölündeki değerler ile benzer olduğu; ancak Dicle Nehri'ndeki Zn birikiminin, Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Mastacembelus simack* örneklerine oranla daha düşük, Fe'in ise daha yüksek konsantrasyonda olduğu bulunmuştur (KARADEDE ve ark., 1997). Dicle Nehri'nin sedimentlerinin, Atatürk Baraj Gölü sedimentine göre 2 kat daha fazla Fe içermesi, Zn'nun ise yarı yarıya daha düşük olması, bu metallerin canlı organizmalardaki birikimi de etkilediği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

*Mystus halepensis*'in kas dokusunda, diğer balık örneklerine göre daha düşük konsantrasyonlarda Cu ve Zn görülmektedir. *Mystus halepensis*, incelediğimiz diğer balık örneklerine göre oldukça fazla miktarda mukus maddesi içermekte idi. Solungaçlardaki bu yüksek metal konsantrasyonu, balıkların mukusları ile ortamdaki elementlerin etkileşmelerinden ve dolayısı ile çözünürleştirmeden önce solungaçlardaki lameller arasından bu mukusun oldukça zor çıkarılmasından kaynaklanmaktadır (HEATH, 1987). İncelediğimiz *Mystus halepensis*'in kas dokusundaki ağır metal (Cu, Mn, Zn, Fe, Ni) birikimi, Pakistan'ın Indus Nehri üzerinde kurulu olan Chasma ve Taunsa barajlarında yaşayan *Mystus seenghala* ve *Mystus vitatus*'ın kas dokularında belirlenen değerlerden oldukça yüksek düzeyde bulunmuştur (TARIQ ve ark., 1996).

Dicle Nehri'nde 1990-1996 yılları arasında yapılan çalışmalar, Maden bakır fabrikası atıklarının, nehirde meydana getirdikleri ağır metal kirliliği nedeni ile bir çok balık türünün (*Capoeta capoeta umbla*, *Cyprinion macrostomus*, *Garra rufa obtusa*, *Achantobrama marmid*, *Liza abu* ve *Carasobarbus luteus*) etkilendiğini, kas dokusu ve karaciğerlerinde yüksek oranda Cu, Zn ve Mn biriktiğini göstermiştir (ÜNLÜ ve

GÜMGÜM, 1993; GÜMGÜM ve ark., 1994; ÜNLÜ ve ark.; 1994; GÜMGÜM ve ark., 2001). Yaklaşık 8-10 yıl sonra yapılan bu çalışmada, balık dokularındaki ağır metal birikimindeki azalma, bu süre içerisinde Dicle Nehri üzerindeki değişimlerden kaynaklanmaktadır. Geçmiş dönemlerde yapılan çalışmalarda yüksek bulunan Cu, Ni, Mn ve Zn gibi bir çok ağır metal, Ergani Bakır fabrikasının atıklarının direkt olarak Dicle Nehri'ne bırakılmasından kaynaklandığını ve bundan dolayı da metal kirliliği olduğu belirtilmektedir. Ancak, Ergani Bakır fabrikasının özelleştirilmesi, üretim kapasitesinin düşürülmesi, mevcut üretim atıklarının arıtma işlemine tabi tutulması ve yeni kurulan Kralkızı ile Dicle barajlarının bu nehir üzerinde su tutmaya başlaması ile, bu su rezervuarlarında kısmen çöktüğü ve azalan kirliliğe bağlı olarak balıklarda daha az birikim gösterdiği tahmin edilmektedir.

Cu, Zn, Mn konsantrasyonları, Atatürk Baraj Gölü (KARADEDE ve ÜNLÜ, 2000) ve diğer kirlenmemiş bölgelerde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, bazı değişiklikler görülmekle beraber, bunlar belirli sınırlar dahilinde görülmektedir (UYSAL ve ark., 1986; GEY, 1988; ABAYCHI ve AL\_SAAD,1988; SARIEYYÜPOĞLU ve SAY, 1991; KARGIN ve ERDEM, 1992; ŞEKER ve ark., 1998; KARADEDE ve ÜNLÜ 1998). GEY (1988), farklı biyotoplardaki metal birikim farklılığı, bu biyotoplarda yaşayan balık türlerini de etkilediğini belirtmektedir.

İncelenen *Silurus triostegus*, *Mastacembelus simack* ve *Mystus halepensis* türlerinin hepsinde Cu en fazla karaciğerde birikim göstermiştir. *Silurus triostegus*'un solungaçlarında Ni, Zn ve Mn; *Mastacembelus simack*'ın solungaçlarında sadece Fe; *Mystus halepensis* solungaçlarında ise Ni, Zn, Mn ve Fe en fazla birikim göstermiştir. *Orthrias euphraticus* örneklerinde ise iç organlar total olarak incelendiğinde, iç organlardaki tüm metallerin birikimi kas dokusuna göre daha yüksek ölçülmüştür. Ağır

metaller genellikle balıkların karaciğer, böbrek ve solungaç gibi metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmektedir (ERDEM ve KARGIN, 1988; CARPENE ve VASAK, 1989; KOCK ve ark. 1989; CARPENE ve ark., 1990; KARGIN ve ERDEM., 1992; SINDAYIGAYA ve ark., 1994; ŞEKER ve ark., 1998; ROMÉO ve ark., 1999).

Yapılan çalışmalarda, çinko ve bakırın yüksek konsantrasyonda balığın karaciğerinde metallothiyonein proteinine bağlı olarak bulunduğu belirtilmektedir (HOGSTRAND ve HAUX, 1991; CARPENE ve VASAK, 1989). Solungaçlardaki yüksek birikim, bu organın balığın osmotik ve iyonik regülasyonundaki işlevinden kaynaklanmaktadır (HEATH, 1987). Vücutlarındaki demirin diğer elementlere oranla daha fazla birikebilmesi, sedimentte ve suda anaerobik koşullarda bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucu  $Fe^{+3}$  ün  $Fe^{+2}$ 'ye indirgenerek  $CO_2$ 'li sulara kolayca çözünmeleri ile ortama bol miktarda geçebildiklerinden dolayı olduğu belirtilmektedir (GEY, 1988). Çinko ve bakır birikiminin, dokulardaki biyolojik rolünün belirlenmesi amacı ile yapılan araştırma sonucunda, incelenen balık türlerinde (*Carassius auratus*, gökkuşuğu alabalığı ve sardalya balıkları) karaciğerde metal konsantrasyonunun fazla olduğu, karaciğerin bu metallerin zehir etkisini detoksifike ettiği ve bu metalleri depoladığı gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda, çinko ve bakırın karaciğerde yüksek konsantrasyonlarda bulunması, metallothiyoneine bağlı olmasından kaynaklandığı belirtilmektedir (CARPENE ve ark., 1990). Ayrıca, türlerin bünyelerinde biriktirdikleri metal içeriği beslenme şekillerine bağlı olarak da değişiklik göstermektedir (HAPKE, 1991)

Bu çalışmada, balık türlerindeki ağır metal birikiminin mevsimsel olarak da farklılık gösterdiği saptanmıştır. *Silurus triostegus*'un dokularındaki Zn, Mn, Ni, Fe konsantrasyonlarında mevsimsel olarak önemli bir farklılık görülmemekle beraber; Cu birikiminin ilkbahar ve yaz aylarında, kış ve sonbahar aylarına göre yüksek olduğu

belirlenmiştir. *Mastacembelus simack*'ın karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki mevsimsel farklılıklar incelendiğinde; karaciğerde Cu'ın, solungaçta Cu ve Fe'in, kas dokusunda ise Cu, Fe ve Mn'nin yaz aylarında, *Mystus halepensis*'te Cu, Ni, Mn ve Fe yaz, Zn ise ilkbahar mevsiminde diğer mevsimlere göre daha yüksek seviyede bulunmuştur. Çok sayıdaki çalışmalar göstermektedir ki, dokulardaki metal birikiminde, suyun fiziksel ve kimyasal özelliği (JOHNSON,1988), balığın uzunluğu ve ağırlığı (UYSAL ve TUNCER,1982) ile beraber, mevsimsel değişimler (KARGIN, 1996) gibi çeşitli faktörler önemli bir rol oynamaktadır. Sıcaklığın, sucul organizmalarda metabolizmayı artırması sayesinde metal alınımında da önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (KARGIN, 1996). Kış mevsiminde balıktaki metal içeriğinin düşük olması, bu mevsimde balığın metabolik aktivitesinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (ZAYED ve ark., 1994). İskenderun Körfezi'nde bentik bölgede yaşayan *Mullus barbatus*'un dokularında en fazla metal birikimi sırası ile karaciğer, solungaç ve kas dokusunda bulunmuş olup, aynı şekilde yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre daha yüksek konsantrasyonlarda Cu, Cd, Zn ve Pb'nun birikmiş olduğu belirtilmiştir (KARGIN, 1996). *Megalops cyprinoides*'in kas, karaciğer ve solungaçlarındaki Cu, Fe ve Zn konsantrasyonu, ilkbahar ve yaz aylarında en yüksek düzeyde birikmiş olduğu belirlenmiştir (RAO ve PADMAJA, 2000). Aynı şekilde, Seyhan Nehri'nde yaşayan *Capoeta barroisi*'nin dokularındaki mevsimsel değişimlerdeki ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde, yaz aylarında en yüksek seviyede olduğu belirtilmektedir (KARGIN, 1998). ZAYED ve ark. (1994)'nın, Nil Nehri'nde yapmış oldukları çalışmada, yazın toplanan balıklardaki metal içeriğinin sonbaharda toplananlara göre oldukça yüksek miktarda olduğu bulunmuştur. Yazın sudaki çözülmüş oksijen miktarının düşük olması, balığın daha fazla oranda solunum

olayını gerçekleştirmesine sebep olmaktadır. Solunum olayının artması, balıkta suyu kullanma ihtiyacını arttıracığından yaz mevsiminde balığın bünyesinde daha fazla metal birikeceği belirtilmektedir (ZAYED ve ark., 1994).

Tüm balık türlerinin kas dokusundan elde edilen Cu, Ni, Mn ve Zn değerleri, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığının 1991 tarih ve 20884 sayılı Resmi Gazetede yayınladığı ve balık ile yumuşakçalar için önerilen “kabul edilebilir” ağır metal değerlerinin altında bulunmaktadır.

Bentik bölgede yaşayan diğer canlı organizmalardan olan yengeçlerdeki ağır metal birikimini incelediğimizde, *Potamon fulvialtilis*'in kas dokusunda ortalama Cu 11,04 µg/g; Zn 31,25 µg/g; Mn 4,51 µg/g; Fe ise 29,35 µg/g olarak da göstermektedir. Bu yengecin kas dokusunda belirlenen Cu, Zn ve Mn değerleri, incelediğimiz balık örneklerinin kas dokularında belirlenen ortalama değerlerden oldukça yüksek olduğu görülmüştür. *Potamon fulvialtilis*'in ortalama Cu, Ni, Mn ve Fe birikimi, en yüksek karaciğerde bulunmuştur. Karaciğer ile kas dokusu arasındaki metal konsantrasyon farklılığını belirlemek için T-testi ile ( $p < 0,05$ ) istatistiksel olarak değerlendirildiğinde Cu, Ni, Mn ve Fe konsantrasyonları bakımından önemli farklılıkların olduğu görülmüştür. Dicle Nehri'nde bentik bölgede incelediğimiz örneklerdeki ortalama metal birikimleri ile karşılaştırıldığında, *Potamon fulvialtilis*'in kas dokusu ve karaciğerinde Cu ve Zn oldukça yüksek oranda bulunmuştur.

Kirlenmemiş olarak kabul edilen Reşan Çayı'ndan alınan *Potamon fulvialtilis* örneklerinin kas dokusunda ortalama Cu 7,16 µg/g; Ni 0,64 µg/g; Zn 36,18 µg/g; ve 8,27 µg/g Fe olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Dicle Nehri'nde yaşayan *Potamon fulvialtilis* ile karşılaştırıldığında, kas dokusu ve karaciğerin oldukça düşük oranda Cu, Mn ve Fe içerdiği görülmektedir. Bentik bölgede yaşayan birçok omurgasızlar gibi



*Potamon fulvialtilis*, besinini suda asılı duran veya sedimentteki canlı organizmalar tarafından karşılamaktadır. Böylece, Dicle Nehri sedimentinde Cu, Mn ve Fe'in yüksek oranda birikmiş olması, yengeçlerin beslenme yolu ile vücutlarına aldıkları metal oranlarında da bir artışa sebep olduğu sonucunu doğurmaktadır. Afrika'daki Germiston Gölü'nün su ve sedimentinde Mn, Potchefstroom Barajı'nda ise Fe konsantrasyonu oldukça yüksek bulunmuştur (SANDERS ve ark., 1998). İki bölgeden alınan yengeç (*Potamonautes warreni*) örnekleri ile karşılaştırıldığında, Potchefstroom Barajından yakalanan yengeçlerde, Fe düzeyinin diğerine oranla oldukça yüksek, Germiston Gölü'nden yakalanan örneklerde ise Mn konsantrasyonunun daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Bundan da, crustaceaların özellikle yüksek düzeyde metale maruz kalınan çevrelerde, iyi bir biyomonitor olarak kullanılabilceği sonucu çıkarılabilir (SANDERS ve ark., 1998).

Dicle Nehri'nde yaşayan *Unio elongatulus*'un içorganlarında ortalama Cu 4,43 µg/g; Ni 0,67 µg/g; Zn 9,24 µg/g; Mn 168,4 µg/g; 193,5 µg/g Fe olarak belirlenmiştir. Aynı bölgede incelediğimiz örneklerin ortalama Cu, Mn ve Fe birikiminin yengeç ve salyangoz örneklerinde yüksek konsantrasyonda olduğu, balık ve ipliksi yeşil alglerde ise daha düşük konsantrasyonda olduğu görülmüştür. Ni, Zn birikimlerinin ise incelediğimiz bütün örnekler ile uyum içinde olduğu belirlenmiştir.

YARSAN ve ark. (2000), Van Gölü'nden topladıkları midye (*Unio stevenianus*) örneklerindeki ortalama Cu birikiminin 5,83 (4,01-8,40) ppm; Zn'nun ise 15,93 (9,34-26,97) ppm arasında dağılım gösterdiğini, bu veriler, ülkemiz ve diğer ülkeler için normal değerler içinde olduğu sonucuna varmışlardır. Dicle Nehri'nde incelenen *Unio elongatulus*'daki Cu ve Zn değerleriyle karşılaştırıldığında, benzer olduğu görülmektedir. BAT ve ark. (1999), Karadeniz'den topladıkları midyelerdeki (*Mytilus*

*galloprovincialis*) ağır metal konsantrasyonlarını inceleyerek Cu'nun en fazla kış mevsiminin sonlarına doğru 2 ppm'e, Zn'nun ise yaz aylarında 8 ppm'e ulaştığını belirtmişlerdir. İngiltere'nin Ontario ve Erie gölleri midyelerinin içorganlar kitlesindeki Cu, Ni ve Zn konsantrasyonlarının, Dicle Nehri midye örneklerindeki ile uyum içinde olduğu görülmektedir (RUTZKE ve ark., 2000). PUENTE ve ark. (1996), Galiza'da toplanan *Mytilus galloprovincialis*'in içorganlar kitlesindeki Cu ve Ni birikimini düşük, Zn kirliliği nedeniyle Zn değerlerini de oldukça yüksek bulmuşlardır.

Çalışmanın yapıldığı Dicle Nehri'nin VI. İstasyonundaki *Unio elongatulus*'un içorganlar kitlesinde Cu, Mn ve Fe birikimi, diğer istasyonlardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Mollusklardaki metal konsantrasyonu ile çevresel etkiler karşılaştırıldığında, özellikle Fe ve Mn'nin içorganlar kitlesinde yüksek konsantrasyonlarda bulunması, ortamdaki bu metallerin konsantrasyonun yüksek seviyede olmasından kaynaklanabilir.

Bivalvler ve gastropodların kanlarındaki hemosiyanin pigmenti nedeniyle Cu, bu organizmalarda önemli bir elementtir (GUNDACKER, 2000). Ancak, bivalvler ile gastropodlarda Cu birikimindeki farklılık, her türün bu element için farklı düzenlenme kapasitesine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. *Unio pictorumun* Cu düzenlenme kapasitesinin, spesifik organlarda olduğu ve bu organların da solungaç, sindirim bezi ve manto olduğu belirtilmektedir (GUNDACKER, 2000).

Bu çalışma ile Dicle Nehri'nde yaşayan *Unio elongatulus*'taki Cu, Ni, Zn, Mn ve Fe konsantrasyonlarını incelediğimizde; Cu, Ni ve Fe konsantrasyonlarının kışın toplanan, Zn ve Mn konsantrasyonunun ise yazın toplanan örneklerde yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Van Gölü'nde yapılan bir çalışmada da en fazla birikimin Ağustos ve Eylül aylarında Zn'da, kış ve ilkbaharın başlarında ise Cu ve Pb'da olduğu

saptanmıştır (YARSAN ve ark., 2000). BAT ve ark. (1999), yapmış oldukları çalışmada Zn, Cu, Pb ve Cd konsantrasyonlarının her istasyonda aydan aya değişiklik gösterdiğini, ilkbahar ve yazın başlarında toplanan midyelerdeki Zn konsantrasyonunun diğer metallere oranla daha yüksek seviyede bulunduğunu belirtilmişlerdir. PHILLIPS (1976), *Mytilus edulis*'teki metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimini incelediği çalışmasında Cd, Zn, Pb ve Cu konsantrasyonlarının kışın sonlarına doğru en yüksek düzeyde olduğunu bulmuştur. Zn' nun ilkbahar ve yazın yüksek çıkmasının nedeni, metabolik aktivitedeki değişikliklerden kaynaklanmaktadır (PHILLIPS, 1976; BAT ve ark., 1999).

Dicle Nehri'nde yaşayan *Physa acuta*'nın (gastropod) içorganlar kitlesinde ortalama Cu 20,68 µg/g; Ni 0,36 µg/g; Zn 9,16 µg/g; Mn 25,15 µg/g ve Fe 291 µg/g arasında dağılım göstermektedir. Aynı bölgede incelediğimiz bentik organizmalar ile karşılaştırıldığında, yengeçten sonra en fazla Cu birikiminin *Physa acuta*'da olduğu görülmüştür. Ni ve Zn oranları ise balıklar ve midyelerde belirlediğimiz değerlerle uyum içindedir. Fe birikimi, ipliksi yeşil alglerden sonra *Physa acuta*'da en yüksek belirlenmiştir. *Physa acuta*'nın içorganlar kitlesinde Mn birikimi, incelediğimiz balık ve yengeç örneklerinin kas dokularına oranla yüksek, ipliksi yeşil alg (*Spirogyra sp.*) ve midye (*Unio elongatulus*) örneklerine göre ise düşük seviyede olduğu bulunmuştur.

Danube Nehri'ndeki *Radix ovata*'nın kuru ağırlığında Cu 122 µg/g; Zn 104 µg/g ve *Viviparus sp.*'de ise Cu 183 µg/g; Zn 195 µg/g olarak bulunmuştur. Zn'nun yüksek değerlerde bulunması nehre karışan sanayi ve evsel atıklardan kaynaklandığı belirtilmektedir (GUNDACKER, 2000). Zn değerleri, incelediğimiz *Physa acuta* örneklerine göre oldukça yüksek oranda görülmektedir.

Dicle Nehri'nde yaşayan ipliksi yeşil alg (*Spirogyra sp.*) örneklerinde Cu 4,37 µg/g; Ni 4,99 µg/g; Zn 3,76 µg/g; Mn 1.131,8 µg/g ve Fe 1.577 µg/g arasında dağılım göstermektedir. İncelediğimiz diğer bentik organizmalarla karşılaştırdığımızda, Ni ve Fe değerleri oldukça yüksek, Zn birikimi ise düşük seviyede belirlenmiştir. *Spirogyra sp.*'deki Cu konsantrasyonu, midyelerin içorganlar kitlesi ve balıkların karaciğer dokusundaki konsantrasyon ile uyum içinde olduğu görülmektedir. *Spirogyra sp.*'deki bütün metal birikimleri, sedimentten elde ettiğimiz değerlerle uyumludur. Diğer incelenen türlerde ölçülemeyen Co, sadece ipliksi yeşil alg örneklerinde düşük düzeyde belirlenmiştir. Dicle Nehri'nde incelediğimiz ipliksi yeşil alg örneklerindeki Zn, Ni, Fe ve Co'nun; referans istasyondan aldığımız örneklerle uyum içinde olduğu, ancak Cu ve Mn'nin Dicle Nehri'nde daha yüksek konsantrasyonda bulunduğu belirlenmiştir.

*Spirogyra sp.*'nin istasyonlar arasındaki Cu, Zn, Fe Co konsantrasyonları istatistiksel olarak karşılaştırıldıklarında, farkın önemli olmadığı bulunmuştur. Ancak, IV. ve VI. İstasyonlardaki örneklerde Ni, IV. ve V istasyonlarda ise Mn önemli farklılık göstermiştir. *Spirogyra sp.*'de bütün metal konsantrasyonları mevsimsel olarak karşılaştırıldığında, önemli istatistiksel farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

LEAL ve ark. (1997), Portekiz'in Oporto kıyısındaki iki bentik deniz algi üzerinde yapmış oldukları çalışmada, *Enteromorpha spp.*'de Cu oranı, kuru ağırlığının 17-46 µg/g arasında değiştiğini; *Porphyra spp.*'de ise Cu'nun 7-11 µg/g arasında dağılım gösterdiğini ve deniz suyundaki sonuçlarla uyum içinde olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, bentik makroalglerden olan *Enteromorpha spp* ve *Porphyra spp.*'nin deniz suyundaki Cd, Cu, Hg ve Pb içeriğini gösteren en iyi biyomonitör olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Dicle Nehri'nde incelediğimiz *Spirogyra sp.*'deki Cu

birikimi, Oporto kıyısındaki örneklerle karşılaştırıldığında, Dicle Nehri örneklerinin daha yüksek değerde olduğu bulunmuştur.

Atatürk Baraj Gölü'nün çeşitli ortamlarında yaşayan balık türlerinde ağır metal birikimi, Fe dışında Dicle Nehri'nde belirlediğimiz değerler ile uyum içindedir. Fakat, Dicle Nehri'nde yapılan önceki çalışmalar ile karşılaştırıldığında, incelediğimiz balık örneklerindeki ağır metal birikimlerinin oldukça düşük düzeylerde olduğu görülmektedir. Bu durum, Dicle Nehri'nin Ergani Bakır fabrikasından dolayı kirlenmiş olması ile açıklanmıştır (GÜMGÜM ve ark., 1994; ÜNLÜ ve GÜMGÜM, 1993). Ayrıca, Dicle Nehri üzerinde bulunan Ergani Bakır fabrikasının üretiminin düşürülmesi ve yeni kurulan Kralkızı ile Dicle barajlarının, nehir üzerinde su tutmaya başlaması ve dolayısı ile büyük su rezervuarları oluşması nedeni ile ağır metal bakımından önemli bir düşüşün olduğu tahmin edilmektedir. Belirlenen bütün sonuçlar, Fırat Nehri üzerinde ve Atatürk Baraj Gölü'nden önce kurulmuş olan Keban Baraj Gölü'ndeki *B.capito pectoralis* ile Dicle Nehri'nin birleştiği Shatt Al-Arab Nehri'ndeki bazı türlerde belirlenen konsantrasyonlar ile karşılaştırıldığında, Dicle Nehri'nde incelediğimiz balıklarda Cu, Zn, Ni ve Mn değerlerinin uyum içinde olduğu görülmektedir (SARIEYYÜPOĞLU ve SAY, 1991; ABAYCHI ve AL-SAAD, 1988).

Bu çalışmada, Dicle Nehri'nde yaşayan ve ağır metal birikimi açısından en fazla biyomonitor özelliği taşıyan canlı organizmaların sırası ile yengeç, salyangoz, ipliksi yeşil alg, midye ve balıkların olduğu belirlenmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- ABAYCHI, J., AL-SAAD, H. T., (1988). Trace Elements in Fish from the Shatt- Al-Arab River, Iraq. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 40: 226-232.
- ABO-RADY, M. D. K. (1983). Enrichment of Heavy Metals in Brook Trout in Comparison to Aquatic Macrophytes and Sediments. Z. Lebensm Unters Forsch, 177: 339-344.
- AKSUN, F. Y., (1986). Karamık Göl'ünde Yaşayan Turna Balıklarında (*Esox lucius* L., 1758) Ağır metal birikimi. VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 3-5 Eylül 1986, 2: 454-461, İzmir.
- AMIARD, J.C., TRİQUET-AMIARD, C., BERTHET, B. and METAREY, C. (1987). Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms, J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 106: 73-89.
- ANONİM, (1997). Diyarbakır Kenti İçme Suyu Kaynakları Çevre Koruma Projesi. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İçmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı 2: 1-57
- ASHRAF, M., JAFFAR, M., (1988). Correlation Between Some Selected Trace Metal Concentrations in Six Species of Fish From The Arabian Sea. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 41: 86-93.
- BAT, L., GÜNDOĞDU, A., ÖZTÜRK, ME., ÖZTÜRK, M., (1999). Copper, Zinc, Lead and Cadmium concentrations in The Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 From The Sinop Coast of The Black Sea. Tr. J. Of Zoology, 23: 321-326.
- BRINKHURST, R.O., (1997). On The Role of Tubificid Oligochaetes in Relation to Fish Disease with Special Reference to The Myxozoa. Annu. Rev. Fish. Dis., 6:29-40.
- BRULAND , K.W.,BERTINE,K.,KOIDE,M., GOLDBERG,E.D., (1974). History of Metal Pollution in Southern California Coastal Zone. Environ. Sci.Technol., 8: 425-432

- BRYAN, G.W., 1980. Recent Trends in Research on Heavy-Metal Contamination in The Sea, Helgolande. Meeresun., **33**: 6-25
- BRYAN, G.W., LANGSTON, W.J., (1992). Bioavailability, Accumulation and Effect of Heavy Metals in Sediments with Special Reference to United Kingdom Estuaries. A review. Environ. Pollut., **76**:89-131.
- CARPENE, E., VASAK, M., (1989). Hepatic Metallothionein from Goldfish (*Carassius auratus* L.), Comp. Biochem. Physiol., **92 B**: 463-468.
- CARPENE, E., CATTANI, O., SERRAZANETTI, G.P., FEDRIZZI, G., CORTESI, P., (1990). Zinc and Copper in Fish From Natural Waters and Rearing Ponds in Northern Italy. Journal of Biology, **37**: 293-299.
- CLARK, R.B. (1992). Marine pollution. Third edition, Clarendon Press, p. 64-82.
- COVICH, A.P., 1988. Geographical and Historical Comparisons of Neotropical Stream: Biotic Diversity and Detrital Processing in Highly Variable Habitats, J. N. Am. Benthol. Soc., **7**:361-386.
- COVICH, A.P., PALMER, M.A., and CROWL T.A., 1999. The Role of Benthic Invertebrate Species in Freshwater Ecosystems; Zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. Bioscience **9** (2): 119-127.
- DÖKMECİ, İ., (1988). Çevre kirlenmesinde rol oynayan toksik maddeler.488-489.
- DUNNICK, J.K. and FOWLER, A.B. (1988). Cadmium. In Handbook on Toxicity of Inorganic Compounds (edited by H.G. Seilleer and H. Sigel), Marcel Dekker, inc., 156-174.
- ERDEM, C., KARGIN, F., (1988). Farklı Ortam Konsantrasyonlarında *Tilapia nilotica* (L.)'nın Doku ve Organlarında Bakır Birikimi. IX. Ulusal Biyoloji Kongresi, Sivas, 21-23 Eylül 1988, **2**: 443-448.
- FERGUSON, J.E, (1990). The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press, 614.
- FREEDMAN, B., (1989). Environmental Ecology. The Impacts of Pollution and Other Stresses on Ecosystem Structure and Function. Academic Press, London, 121-130.
- GELDİAY, R., BALIK, S., (1988). Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Üniv. Fen Fak. Seri (97): 519.

- GEY, H., (1988). Türkiye'nin Ege denizi kıyılarında avlanan levrek ve dil balıklarında bazı iz elementlerin birikim düzeylerinin araştırılması. IX Ulusal Biyoloji Kong. Sivas, 2: 449-455.
- GEY, H., MORDOĞAN , H., (1988). İzmir Körfezinde Bazı Deniz Organizmalarında ve İç Körfezin Sahil Kenarı Sedimentlerinde Çeşitli metallerin derişimleri. Doğa Türk Zooloji D., 12: 216-224.
- GHOSAL, T.K., KAVIRAJ, A., (2002). Combined Effects of cadmium and Composted Manure to Aquatic Organisms. Chemosphere, 46: 1099-1105.
- GILL, S.T., BIANCHI, C.P., EPPLE, A. (1992). Trace metal (Cu and Zn) Adaptation of organ systems of the American Eel, *Anguilla rostrata*, to external concentrations of cadmium. Comp. Biochem. Physiol, 102: 361-37.
- GOODYEAR, K.L. and MCNEILL, S., (1999). Bioaccumulation of Heavy Metals by Aquatic Macro-Invertebrates of Different Feeding Guilds: A review. The Science of The Total Environment, 229: 1-19.
- GOYER, R.A., (1986). Toxic Effects of Metals. In Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons (edited by M. O. Amdur, J. Doull and C. D. Klaassen) Pergamon Press, 623-680.
- GUERRIN, F., BURGAT- SACCAZE, V., SAQUI-SANNES, P., (1990). Levels of Heavy Metals and Organochlorine Pesticides of Cyprinid Fish Reared Four Year in Wastewater Treatment Pond. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 44: 461-467.
- GUHATHAKURTA, H., KAVIRAJ, A., (2000). Heavy Metal Concentration in Water, Sediment, Shrimp (*Penaeus monodon* ) and Mullet (*Liza parsia*) in some Brackish Water Ponds of Sunderban, India. Mar. Pollut. Bull., 40: 11, 914-920.
- GUNDACKER, C., (2000). Comparison of Heavy Metal Bioaccumulation in Freshwater Mollusc of Urban River Habitats in Vienna. Environ. Pollut., 110: 61-71.
- GÜMGÜM, B., ÜNLÜ, E., TEZ, Z., GÜLSÜN, Z., (1994). Heavy Metal Pollution in Water, Sediment and Fish From the Tigris River in Turkey. Chemosphere, 29 (1): 111-116.



- GÜMGÜM, B., ÜNLÜ, E., AKBA, O., YILDIZ, A. and NAMLI, O., (2001). Copper and Zinc Contamination of The Tigris River (Turkey) and Its Wetlands. Arch.für Nat.- Lands, 40: 233-239.
- GÜMGÜM, B. ve ÖZTÜRK, G., (2001). Chemical Speciation of Heavy Metals in The Tigris River Sediment. Chem Spec Bioavailab, 13 (1): 25-29.
- GÜVEN, K., DUCE, J.A. ve DE POMERAI, D.I. (1995). Calcium Moderation of Cadmium Stress Explored Using a Stress-Inducible Transgenic Strain of *Caenorhabditis elegans*. Comp. Biochem. Physiol., 110C: 61-70.
- HAPKE, H.-J. (1991). Effects of Metals on Domestic Animals. In: Merian, E. (Ed.), Metals and Their Compounds in The Environment. VCH, Weinheim, RFG, 532-546.
- HEATH, A.G. (1987). Water Pollution and Fish Physiology. CRP Press. Inc. Florida, 245.
- HOGSTRAND, C., HAUX, C., (1991). Mini Review Binding and Detoxification of Heavy Metals In Lower Vertebrates with Reference to Metallothionein, Comp. Biochem. Physiol. Great Britain, 100C. (1/2): 137-141.
- 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. J. Fish Biol., 50: 703-720.
- JAMIL, A., LAJTHA, K., RADAN, S., RUZSA, G., CRISTOFOR. S., POSTOLOCHE, C., (1999). Mussels as Bioindicators of Trace Metal Pollution in The Danube Delta of Romania. Hydrobiologia, 392: 143-158.
- JEFFERIES, D. J., FREESTONE, P., (1984). Chemical Analysis of Some Coarse Fish From A Suffolk River Carried out as Part of the Preparation for the First Release of Captive- Bred Otters. Journal of The Otter Trust, 1 (8): 17-22.
- JOHSON, I., (1988). The Effect of Combinations of Heavy Metals, Hypoxia and Salinity on Ion Regulation in Crangon crangon (L.) and Carcinus means (L.). Comp. Biochem. Physiol., 91:459-463.
- KARADEDE, H., CENGİZ, E. İ., ÜNLÜ, E., (1997). Investigation of The Heavy Metal Accumulation in *Mastasembelus simack* (Valbaum, 1792) from The Atatürk Dam

- Lake. IX.Turkish Symposium on Aquatic Products, 17-19 September 1997, Eğirdir -Turkey, 399-407.
- KARADEDE, H., ÜNLÜ, E., 1998. Atatürk Baraj Gölündeki *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843, (Cyprinidae)'da ağır metal birikiminin incelenmesi. XIV. Ulusal Biyoloji Kongresi, 7-10 September 1998, Samsun –Turkey, (2): 181-189.
- KARADEDE, H., 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.
- KARGIN, F., ERDEM, C., (1989). Farklı Bakır Konsantrasyonlarının *Tilapia nilotica* (L.)1758 'de Birikimi ve Mortalite Üzerine Etkileri. Ç.Ü.. Fen ve Müh. Bilim. Der., 3, (2): 53-66.
- KARGIN, F., ERDEM, C.,(1991). Accumulation of Copper in Liver, Spleen, Stomach, Intestine, Gill and Muscle of *Cyprinus carpio*. Doğa Tr. J. of Zoology, 15: 306-314.
- KARGIN, F., ERDEM, C.,(1992). Bakır-Çinko Etilişiminde *Tilapia nilotica*'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi. Doğa-Tr. J. of Zoology, 16: 343-348.
- KARGIN, F., (1996). Seasonal Changes in Levels of Heavy Metals in Tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* Collected From İskenderun Gulf (Turkey). Water Air Soil Pollut, 90: 557-562.
- KARGIN, F., (1998). Metal Concentrations in Tissues of The Freshwater Fish *Capoeta barroisi* from The Seyhan River (Turkey). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 60: 822-828.
- KASSIM, T.I., AL-SAADİ.H.A., AL-LAMI, A.A.and AL-JABERI, H.H., (1997). Heavy Metal in Water, Suspended Particles, Sediments and Aquatik Plants of The Upper Region of Euphrates River, Iraq. J. Environ.Sci.Health, A32 (9&10): 2497-2506.
- KHAN, A.T., WEIS, J. S., D'ANDREA, L., (1989). Bioaccumulation of Four Heavy Metals in Two Populations of Grass Shrimp, *Palaemonotes Pugio*. Bull. Environ. Toxicol. 42: 339-343.

- KOCK, M., PICHLER-SEMMELOCK, F.P., KOSMUS, W., MARTH, E., SIXL, W., (1989). Accumulation of Heavy Metals in Animals. Part2: Heavy Metal Contamination of fish in Syrian Waters, *Journal Hygiene, Epidemiology, microbiology and immunology*, **33**: 4, 529-533.
- LEAL, FERNANDA, M.C., VASCONCELOS, M.T., SOUSA-PINTO, I., CABRAL, J.P.S., (1997). Biomonitoring with Benthic Macroalgae and Direct Assay of Heavy Metals in Seawater of The Oporto Coast (Northwest Portugal). *Marine Pollution Bulletin*, **34**,(12): 1006-1015.
- LIPPARD, J.S. and BERG, M.J., (1994). Principles of Bioinorganic Chemistry. *University Science Books*, 43-74.
- LOURDES, M. ve CUVİN-ARALAR, A., (1994). Survival and Heavy Metal Accumulation of Two *Oreochromis niloticus* (L.) Strains Exposed to Mixtures of Zinc, Cadmium and Mercury. *Sci.Total Environ*, **148**: 31-38.
- MANAHAN, S.E., (1993). Fundamentals of Environmental Chemistry. *Lewis Publishers*, 844.
- MOHARRAM, Y.G., EL-SHARNOUBY, S.A., MOUSTAFA, E. K. and EL-SOUKKARY, A., (1987). Mercury and Selenium Content in Bourı (*Mugil cephalus*). *Water, Air and Soil Pollution*, **32**: 455-459.
- OGINO, O., YANG, G.Y., (1978). Requirement of Rainbow Trout for Dietary Zinc. *B. Jpn. Soc. Fish.*, **44**: 1015-1018.
- PARLAK, H.,(1986). Kefal Balıkları (*Mugil spp.*)'nın Organ ve Dokularındaki Cd, Pb ve Fe birikimlerinin araştırılması. *VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi*, İzmir, 3-5 Eylül 1986, **2**: 462-469.
- PERRY, S.F. and FLIK, G. (1988). Characterisation of Branchial Transepithelial Calcium Fluxes in Freshwater Trout, *Salmo gairdneri*. *Am. J. Physiol.*, **254**: R491-498.
- PHILLIPS, D.J.H., (1976). The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by Zinc, Cadmium, Lead and Copper. I. Effect of Environmental Variables on Uptake of Metals, *Marine Biol.*, **38**: 59-69.
- PHILLIPS, D.J.H., RAINBOW, P.S., (1993). Biomonitoring of Trace Aquatik Contaminations, Oxford, UK, *Elsevier Applied Science*, 371.

- PUENTE, X., VILLARES, R., CARRAL, E., CARBALLEIRA, A., (1996). Nacreous Shell of *Mytilus galloprovincialis* as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution in Galiza (NW SPAIN). Sci.Total Environ., **183**: 205-211.
- RAINBOW, P.S., WHITE, S.L., (1990). Comparative accumulation of cobalt by three crustaceans: a decapod, an amphipod and a barnacle. Aquat. Toxicol., **16**: 113-26.
- RAO, K.M. and PADMAJA, G., (2000). Bioaccumulation of Heavy Metals in *M. Cyprinoides* From The Harbour Waters of Visakhapatnam. B. Pure Applied Sci., **19 A (2)**: 77-85.
- RIORDAN, J.F., VALLEE, L.B. (1991). Metallobiochemistry: Part B Metallothioneins and Related Molecules. Methods in Enzymology, 627.
- ROMÉO, M., SIAU, Y., SIDOUMOU, Z., GNASSIA- BARELLI, M., (1999). Heavy Metal Distribution in Different Fish Species From The Mauritania Coast. Sci.Total Environ, **232**: 169-175.
- RUTZKE, M.A., GUTENMANN, W.H., LISK, D.J., MILLS, E.L., (2000). Toxic and Nutrient Element Concentrations in soft Tissues of *Zebra* and *Quagga* Mussels From Lakes Erie and Ontario. Chemosphere, **40**: 1353-1356.
- SANDERS, MJ., DU PREEZ, HH., VAN VUREN, JH., (1998). The freshwater river crab, *Potamonautes warreni*, as a bioaccumulative indicator of iron and manganese pollution in two aquatic systems. Ecotoxicol Environ Saf, **41 (2)**: 203-217.
- SARIEYYÜPOĞLU, M., SAY, H., (1991). Elazığ Şehir Kanalizasyonunun Baraj Göl'üne Döküldüğü Bölgeden Yakalanan *Barbus capito pectoralis*' de Ağır Metal Birikimlerinin Araştırılması. Eğitiminin 10. Yılında Su Ürünleri Sempozyumu, 12-14 Kasım 1991, İzmir, 121-130.
- SINDAYIGAYA, E., VAN CAUWENBERGH, R., ROBBERECHT, H., DEELSTRA, H., (1994). Copper, Zinc, Manganase, İron, Lead, Cadmium, Mercury and Arsenic in Fish from Lake Tanganyika, Burundi. Sci.Total Environ, **144**: 103-115.

- SINGH, S. M., PETER, N. F., (1978). Accumulation of Heavy Metals in Rainbow Trout *Salmo gairdneri* (Richardson) Maintained on a Diet Containing Activated Sewage Sludge. J. Fish Biol., **13**: 277-286.
- STOKER, H.S., SEAGER, S. L., (1976) . Enviromental Chemistry. Air and Water Pollution. Scott, Foresman and Company, 231.
- SZEFER, P., GELDON, J., ANİS AHMED ALİ, PÁEZ OSUNA, F., RUÍZ-FERNANDES A.C., and GUERRERO GALVAN, S.R., (1998). Distribution and Association of Trace Metals in soft Tissue and Byssus of *Mytella Strigata* and Other Benthic Organisms from Mazatlan Harbour, Mangrove Lagoon of The Northwest Coast of Mexico. Environ. Int., **24** (3): 359-374.
- ŞEKER, E., ÖZMEN, H., AKSOY, Ş., (1998). Elazığ Hazar Gölü'nde yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da ağır metal birikimlerinin araştırılması. Fırat Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, **10** (2): 13-20.
- TANYOLAÇ, J., (1993) İçsularda Ekosistem, Enerji ve Produktivite, Limnoloji, **6**:206-208.
- TARIQ, J., ASHRAF, M., JAFFAR, M., AFZAL, M., (1996). Pollution Status of The Indus River, Pakistan, Through Heavy Metal and Macronutrient Contents of Fish, Sediment and Water. Water Research, **30**(6): 1377-1344.
- TEAGUE HOLLY, E.,B.S., (1999). Evaluation of Heavy Metal Bioaccumulation in selected species of Amazon Fish. Thesis Presented to The Faculty of The University of Houston Clear Lake, 19-27.
- TİMBRELL, J.A. (1991). Principles of Biochemical Toxicology. Second edition, Taylor and Francis, London and Washington DC, 369-378.
- TİMBRELL, A.J.(1995) Introduction to Toxicology. Taylor and Francis, London, Washington DC, 161.
- TS 266 "Türkiye İçme Su Standartları" 1984, Ankara.
- TULASI, S. J., REDDY, P. U., and RAMANA RAO, J. V., (1989). Effects of lead on the Spawning potential of the fresh water fish, *Anabas Testudineus*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., **43**: 858-863.

- TÜMEN, F., BİLDİK, M., BOYBAY, M., CİCİ, M., SOLMAZ, B., (1992). Ergani Bakır İşletmesi Katı Atıklarının Kirlilik Potansiyeli. Doğa Tr. J. Eng. Envir. Sci. **16**: 43-53.
- UYSAL, H., TUNCER, S., (1982). Levels of Heavy Metals in Some Commercial Food Species in The Bay of İzmir. VI<sup>es</sup> Journees Etud Pollutions, Cannes, C.I.E.S.M. 323-327.
- UYSAL, H., TUNCER, S., YARAMAZ, Ö., (1986) Gölcük ve Marmara göllerinde yaşayan *C. carpio*, *S. glanis*, *A. anguilla*'da bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. VII. Ulusal Biyoloji Kong., 3-5 Eylül 1986, **2**: 444-453.
- ÜNLÜ, E., GÜMGÜM, B., (1993). Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris River in Turkey. Chemosphere, **26**: 2055-2061.
- ÜNLÜ, E., SEVİM- PAKDEMİR, S., AKBA, O., (1994). Dicle Nehri'nde yaşayan *Acanthabrama marmid* Heckel, 1843'in doku ve organlarında bazı ağır metal birikimlerinin incelenmesi. XII. Ulusal Biyoloji Kong., Edirne. 327-334.
- ÜNLÜ, E., CENGİZ, E.İ., AKBA, O., GÜMGÜM, B., (1995). Dicle Nehri'ndeki *Capoetta trutta* Heckel, 1843'da Ağır Metal Birikimi, II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Ankara.
- ÜNLÜ, E., AKBA, O., SEVİM, S., GÜMGÜM, B., (1996). Heavy Metal Levels in Mullet, *Liza abu* (Heckel, 1843) (Mugilidae) From The Tigris River, Turkey. Fresenius Envir. Bull., **5**: 107-112.
- WAALKES, M. P. and GOERING, P.L., 1992. Metallothionein and Other Cadmium-Binding Proteins: Recent Developments, Frontiers in Molecular Toxicology, 263-270.
- WALLECEAND, JB., WEBSTER, JR., 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. Annu. Rev. Entomol., **41**: 115-139.
- VALLEE, B.L., (1991). Introduction to Metallothionein. In Methods in Enzymology (edited by J.F. Riordan ve B.L. Vallee), Academic Press, Inc, 3-7.
- WILSON, E.O., (1992). The Diversity of Life. New York: W.W.Norton.
- YALÇIN, N., SEVİNÇ, V., (2001). Heavy Metal Contents of Lake Sapanca. Turk. J. Chem., **25**: 521-525.

YARSAN, E., BİLGİLİ, A., TÜREL, İ., (2000). Van Göl'ünden Toplanan Midye (*Unio stevenianus krynicki*) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. Turk.J.Vet.Anim.Sci., 24: 93-96.

ZAYED,M.A., NOUR EL-DIEN,F.A. and RABIE, A.A., (1994). Comparative Study of Seasonal Variation in Concentrations in River Nile Sediment, Fish and Water by Atomic Absorption Spectrometry. Microchem. J., 49: 27-35.



## 7. ÖZGEÇMİŞ

1973 Diyarbakır doğumlu olup, ilk, orta ve lise öğrenimlerini Diyarbakır'da tamamladı, 1995 yılında Dicle Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünden mezun oldu. 1996 yılında Dicle Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümüne Araştırma görevlisi olarak atandı. 1997 yılında, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde “ Atatürk Baraj Gölü'nde Su, Sediment ve Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması” konulu Yüksek Lisansı bitirdi ve 1997 eylülünde Doktora yapmaya hak kazandı. Halen doktora öğrencisi olup, asistanlık görevini sürdürmektedir.

### Yayımlar

#### Makaleler

1. Karadede, H., 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.
2. Ünlü, E., Güven, K., Özbay, C., Balcı, K., Şeşen, R., Cengiz, E.İ., Satar, A., Karadede, H., LC<sub>50</sub> values and accumulation of cadmium in some aquatic organisms. *İ.Ü. Su Ürünleri Dergisi* (Baskıda)

#### Uluslararası Sempozyum ve kongreler

1. Ünlü E., Kılıç-Demirok N., Cengiz E.İ., Karadede H., Karyology of *Garra rufa* from the Tigris River (Turkey). **Ninth International Congress of European Ichthyologists (CEI9) "Fish Biodiversity"**. 23-30 August 1997, Trieste, Italy.



2. Ünlü, E., Güven, K., Özbay, C., Balcı, K., Şeşen, R., Cengiz, E.İ., Satar, A., Karadede, H., LC<sub>50</sub> values and accumulation of cadmium in some aquatic organisms. **II. International Symposium on Aquatic Products**. September 27-29, 1996, Istanbul, Turkey, Faculty of Aquatic Products, University of Istanbul.
3. Ünlü, E., Karadede, H., Oymak A., Concentrations of some heavy metals in mullet, *Liza abu* (Heckel, 1843) from the Atatürk Dam Lake (Euphrates) Turkey. Holds the 39 th Week of Science, 6-11 November, 1999, Damascus-Syria.

#### **Ulusal Sempozyum ve kongreler**

1. Cengiz E.İ., Karadede H., Balcı K., Ünlü E., THIODAN'ın *Gambusia affinis*'in Solungaçlarındaki Toksik Etkilerinin Histolojik olarak İncelenmesi. **IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu**. 17-19 Eylül 1997, Eğirdir-İSPARTA.
2. Karadede H., Cengiz E.İ., Ünlü E., Atatürk Baraj Gölündeki *Mastacembelus simack VALBAUM, 1792*'ta Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. **IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu**. 17-19 Eylül 1997, Eğirdir-İSPARTA
3. Karadede, H., Ünlü, E., Atatürk Baraj Gölündeki *Cyprinion macrostomus* (Cyprinidae) 'nin dokularındaki ağır metal birikimlerinin incelenmesi. **XIV. Ulusal Biyoloji Kongresi**, 7-10 Eylül 1998, Samsun.