



**T.C.**

**ORDU ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MELET IRMAĞI SU, SEDİMENT VE BAZI BALIK  
TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİ VE GENOTOKSİK  
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**SEDA KONTAŞ**

**DOKTORA TEZİ**

**MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI**

**ORDU 2018**

**T.C.**  
**ORDU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI**

**MELET IRMAĞI SU, SEDİMENT VE BAZI BALIK  
TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİ VE GENOTOKSİK  
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**SEDA KONTAŞ**

**DOKTORA TEZİ**

**ORDU 2018**

## TEZ ONAY

Seda KONTAŞ tarafından hazırlanan “MELET IRMAĞI SU, SEDİMENT VE BAZI BALIK TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİ VE GENOTOKSİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 25.09.2018 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Prof. Dr. Derya BOSTANCI



Üye  
Prof. Dr. Nazmi POLAT



Üye  
Prof. Dr. Sedat YERLİ



Üye  
Doç. Dr. Beyhan TAŞ



Üye  
Doç. Dr. Evren TUNCA



27 / 09 / 2018 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 27 / 09 / 2018 tarih ve 2018 / 447 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER



## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**SEDA KONTAŞ**

**Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün TF-1612 numaralı projesi ile desteklenmiştir.**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

### MELET IRMAĞI SU, SEDİMENT VE BAZI BALIK TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİ VE GENOTOKSİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

SEDA KONTAŞ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ 256 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. DERYA BOSTANCI)

Melet Irmağı Orta ve Doğu Karadeniz bölümleri arasında doğal bir sınır oluşturmaktadır. Jeolojik konumundan, maden yataklarınca zengin bir bölgede oluşundan, evsel atıklardan ve fındık tarımında kullanılan pestisitlerden kaynaklı ağır metaller, ırmağı kirlilik açısından tehdit etmektedir. Bu çalışmada, Melet Irmağı üzerinde belirlenen Mahmudiye, Kıranyağmur, Kocaali ve nehir ağzı istasyonlarından, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde toplanan su, sediment ve balık örneklerinin kas, solungaç ve karaciğerlerindeki bazı elementlerin (Al, Ni, As, Cr, Cd, Pb, Mn, Fe, Co, Cu, Zn) konsantrasyonları belirlenmiştir. İstasyonların su ve sediment numunelerindeki element konsantrasyonlarının genotoksik potansiyellerinin belirlenmesinde, yakalanan balıkların eritrosit hücreleri kullanılarak, mikronukleus (MN) testi ve comet analizi yapılmıştır.

İstasyonlardan alınan su örneklerinde yaz mevsiminde, arsenik elementinin Mahmudiye (As: 22.223 µg/L) ve nehir ağzı (As: 20.951 µg/L) istasyonunda; sonbahar mevsiminde alüminyumun, nehir ağzı (Al: 1332.788 µg/L) istasyonunda; demirin, Kocaali (Fe: 451.372 µg/L) ve nehir ağzı (Fe: 3091.824 µg/L) istasyonlarında; arseniğin ise Mahmudiye (As: 27.230 µg/L), Kıranyağmur (As: 20.398 µg/L), Kocaali (As: 26.908 µg/L) ve nehir ağzı (As: 37.140 µg/L) istasyonlarında yüksek miktarda olduğu tespit edilmiştir. Kış mevsiminde su içeriğinde, çinko Kocaali (Zn: 255.580 µg/L) istasyonunda ve arsenik Kıranyağmur (As: 20.035 µg/L) ve nehir ağzı (As: 20.664 µg/L) istasyonlarında su kalite kriterlerinde belirtilen değerlerinden daha yüksektir.

İstasyonlara ait sediment örneklerinde çinko, kadmiyum ve kurşunun bazı mevsim ve istasyonlarda yer kabuğu değerlerinden yüksek olduğu saptanmıştır. Yaz mevsiminde çinko ve kadmiyum sırasıyla Kocaali istasyonunda (Zn: 99.38 µg/g ve Cd: 0.46 µg/g), sonbaharda kadmiyum Kocaali (Cd: 0.47 µg/g) ve nehir ağzı (Cd: 0.31 µg/g) istasyonlarında, kurşun ise Kocaali (Pb: 22.46 µg/g) istasyonunda limit değerlerin üzerinde belirlenmiştir.

Balıkların kas dokusunda sadece kurşun miktarının tüm istasyonlarda bazı mevsimlerde yüksek olduğu görülmektedir. Mahmudiye istasyonundan yakalanan *Capoeta banarescui* bireylerinin kas dokusunda belirlenen element seviyeleri incelendiğinde, kurşun miktarlarının sonbahar (1.53 mg/kg) ve kış (0.49 mg/kg) mevsimlerinde kas dokuda yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kıranyağmur istasyonundan yakalanan *Vimba vimba* bireylerinin kas dokusunda belirlenen kurşun miktarları yaz (1.53 mg/kg) ve sonbahar (0.53 mg/kg) mevsimlerinde; Kocaali istasyonundaki *Alburnus chalcoides* bireyleri için yaz (1.13 mg/kg), sonbahar (0.45 mg/kg) ve kış (0.51 mg/kg) mevsimlerinde limit değerlerin üzerindedir. Nehir ağzı istasyonundaki *A. chalcoides* bireyleri için kurşun miktarı ilkbahar (0.60 mg/kg), sonbahar (0.47 mg/kg) ve kış (0.93 mg/kg) mevsimlerinde kas dokuda yüksek bulunmuştur.

Mikronukleus (MN), herhangi bir olumsuz çevre etkisi olmadığı durumlarda hücre çekirdeğinde meydana gelmesi beklenmeyen bir oluşumdur. Balık eritrositlerinde gözlemlenen mikronükleus oluşumları, hücrede kromozomal bir hasarın olduğunu

belirtmektedir. Yapılan değerlendirmelerde, mikronukleus oluşumu, Melet Irmağı balıklarında dört mevsimde de farklı frekanslarda bulunmuştur. Dört istasyonda da balıklarda en yüksek MN frekansı yaz mevsiminde (Mahmudiye: 2.20, Kıranyağmur: 5.20, Kocaali: 5.40, nehir ağzı: 9.60) ve en düşük MN frekansı ise kış mevsiminde (Mahmudiye: 0.40, Kıranyağmur: 1.10, Kocaali: 0.80, nehir ağzı: 1.90) tespit edilmiştir.

Ayrıca, comet analizi kullanılarak balıkların eritrosit hücrelerinin çekirdeğindeki DNA zincirinde meydana gelen kırılmaların da tespiti gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, eritrosit hücreleri üzerinde kuyruk boyu, kuyruk yoğunluğu, baş yoğunluğu, kuyruktaki % DNA, baştaki % DNA ve kuyruk momenti parametrelerinin ölçümleri yapılmıştır. Kuyruk boyu değeri, *A. chalcoides*'de en fazla yaz (29.11  $\mu\text{m}$ ) ve sırasıyla ilkbahar (28.97  $\mu\text{m}$ ), sonbahar (28.68  $\mu\text{m}$ ) ve kış (28.35  $\mu\text{m}$ ) mevsimlerinde nehir ağzında ölçülmüştür. Aynı istasyonda kuyruktaki % DNA değerleri sırasıyla 40.22 (yaz), 39.33 (ilkbahar), 39.06 (sonbahar) ve 38.01 (kış); kuyruk momenti ise 0.531 (yaz), 0.528 (ilkbahar), 0.516 (sonbahar), 0.498 (kış) olarak belirlenmiştir. *C. banarescui*'da kuyruktaki % DNA'nın en düşük değeri kış mevsiminde 11.51 olarak belirlenirken, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri için sırasıyla 29.91, 34.04 ve 29.40 olarak hesaplanmıştır. Baştaki % DNA değerleri ise büyükten küçüğe sırasıyla kışın 88.49, sonbaharda 70.60, ilkbaharda 70.09 ve yazın 65.96 olarak hesaplanmıştır. Kuyruktaki % DNA ve kuyruk boyu değerlerinin yaz mevsiminde en yüksek değerde, kış mevsiminde ise en düşük değerde olduğu belirlenmiştir. DNA hasarının miktarını gösteren kuyruk boyu (27.75  $\mu\text{m}$ ), kuyruktaki % DNA (39.02) ve kuyruk momenti (0.470) değerleri Kocaali istasyonu bireylerinde yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre en yüksek değerlerdedir.

Melet Irmağı'nın genotoksik potansiyeli daha önce hiç bir çalışmada değerlendirilmemiştir. Yapılan mikronükleus testi ve comet analizi, ırmakta konsantrasyonu belirlenen elementlerin yanı sıra, ırmağın jeolojik konumu, maden yataklarınca zengin bir bölgede oluşu ve fındık tarımının yapıldığı arazilerde kullanılan pestisitler gibi diğer etkenlerden dolayı da, ırmağın genotoksik bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu alışma, Ordu ilinde bulunan Melet Irmağı'nda yayılış gösteren bazı balık türlerinde yapılan ilk genotoksisite çalışmasıdır. Gerçekleştirilen bu çalışmada, hem Melet Irmağı hem de Karadeniz ve tüm Türkiye'deki akarsu sistemleri için genotoksisite çalışmalarına ışık tutacak veriler sunulmuştur. Melet Irmağı'nın genotoksisite değerlendirmesinin yapıldığı bu çalışmada, mikronukleus testi ve comet analizi sonuçları birbirini desteklemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır Metal, Comet Analizi, Cyprinidae, ekirdek Anormallikleri, DNA Hasarı, Genotoksisite, Kirleticiler, Melet Irmağı, Mikronukleus, Toksisite.

## ABSTRACT

### ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN WATER, SEDIMENT AND SOME FISH SPECIES OF MELET RIVER AND INVESTIGATION OF GENOTOXIC EFFECT

SEDA KONTAŞ

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED  
SCIENCES

MOLECULAR BIOLOGY AND GENETIC

DOCTORATE THESIS, 256 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. DERYA BOSTANCI

Melet River creates a natural border between the Central and Eastern Black Sea regions. Geological location of river, the formation of rich region of mineral deposits and heavy metals from domestic wastes and pesticides used in hazelnut agriculture threaten the river in terms of pollution. In this study, some elements concentrations (Al, Ni, As, Cr, Cd, Pb, Mn, Fe, Co, Cu, Zn) were determined in water, sediment and muscle, gill and liver of fish samples collected in spring, summer, autumn and winter seasons from the Mahmudiye, Kıranyağmur, Kocaali and river mouth stations determined on Melet River. Micronucleus (MN) test and comet analysis were performed using the erythrocyte cells of the captured fish to determine the genotoxic potentials of the element concentrations in water and sediment samples of the stations.

The values of arsenic were high in Mahmudiye (As: 22.223 µg / L) and river mouth (As: 20.951 µg / L) in the summer; aluminium was high in river mouth (Al: 1332.788 µg/L); iron was high in Kocaali (Fe: 451.372 µg/L) and river mouth (Fe: 3091.824 µg/L) in the autumn and As was high for Mahmudiye (As: 27.230 µg/L), Kıranyağmur (As: 20.398 µg/L), Kocaali (As: 26.908 µg/L) and river mouth (As: 37.140 µg/L) stations in autumn for water samples from stations. Zn value was higher for Kocaali (Zn: 255.580 µg/L) station, As values were higher for Kıranyağmur (As: 20.035 µg/L) and river mouth (As: 20.664 µg/L) stations than the water quality criteria values in winter.

In the sediment samples belonging to the stations, zinc, cadmium and lead were higher than earth's crust value at some seasons and stations. Zinc and cadmium at the Kocaali station (Zn: 99.38 µg/g ve Cd: 0.46 µg/g) in summer, cadmium at Kocaali (Cd: 0.47 µg/g) and River Mouth (Cd: 0.31 µg/g) stations, and also the lead at Kocaali station (Pb: 22.46 µg/g) in the autumn were determined above the limit values.

It is observed that only the amount of lead in muscles of fish is high in all stations at some seasons. When the levels of elements determined in the muscle tissue of *Capoeta banarescui* individuals from Mahmudiye station were examined, it was determined that lead amounts were high in autumn (1.53 mg/kg) and winter (0.49 mg/kg) seasons. The lead amount in muscle tissue were above the limit values in the summer (1.53 mg/kg) and autumn (0.53 mg/kg) seasons for *Vimba vimba* individuals caught from the Kıranyağmur station and in the summer (1.13 mg/kg), autumn (0.45 mg/kg) and winter (0.51 mg/kg) seasons for *Alburnus chalcoides* individuals in Kocaali station. The lead amount in the muscle tissue of *A. chalcoides* individuals in the river mouth station was determined as high in the spring (0.60 mg/kg), autumn (0.47 mg/kg) and winter (0.93 mg/kg) seasons.

Micronucleus (MN) is an unexpected formation in the nucleus of the cell where there is no adverse environmental effect. Micronucleus occurrences were observed in fish erythrocytes

indicate that there is a chromosomal damage in the cell. In the evaluations, the micronucleus formations of Melet River fish were found at different frequencies in four seasons. In the four stations, the highest MN frequencies are found in summer (Mahmudiye: 2.20, Kıranyağmur: 5.20, Kocaali: 5.40, river mouth: 9.60) and the lowest MN frequency in winter (Mahmudiye: 0.40, Kıranyağmur: 1.10, Kocaali: 0.80, river mouth: 1.90).

In addition, DNA strand breaks in the erythrocyte cells of the fish were also determined by using comet analysis. In this study, tail length, tail density, head density, % DNA in tail, % DNA in head and tail moment parameters were measured on the erythrocyte cells. The maximum tail length value was measured for the *A. chalcoides* from the river mouth station in summer (29.11  $\mu\text{m}$ ) and spring (28.97  $\mu\text{m}$ ), autumn (28.68  $\mu\text{m}$ ) and winter (28.35  $\mu\text{m}$ ) respectively. In the same station, % DNA in tail values were 40.22 (in summer), 39.33 (in spring), 39.06 (in autumn) and 38.01 (in winter), respectively; the tail moment was determined as 0.531 (summer), 0.528 (spring), 0.516 (autumn), 0.498 (winter). While the lowest value of % DNA in the tail of the *C. banarencui* was determined as 11.51 in winter, it was calculated as 29.91, 34.04 and 29.40 for spring, summer and autumn seasons, respectively. The % DNA in head values were calculated as 88.49 in winter, 70.60 in autumn, 70.09 in spring and 65.96 in summer, respectively. The highest and lowest values of the % DNA in tail and tail length were determined in summer and in winter, respectively. The tail length (27.75  $\mu\text{m}$ ), % DNA in the tail (39.02) and tail moment (0.470) indicating the amount of DNA damage were the highest values in Kocaali station in summer compared to the other seasons.

The genotoxic potential of the Melet River has never been evaluated in any study. The micronucleus test and comet analysis detect that the river had a genotoxic potential due to other factors such as the geological location of the river, the presence in a region rich in mineral deposits and the pesticides used in the fields where hazelnut farming, as well as the elements with determined concentration. This study is the first genotoxicity study in some species of fish inhabiting the Melet River in Ordu province. In this study, the data that will shed light on genotoxicity studies were presented for both Melet River and Black Sea region and all river systems of Turkey. In the current study, which evaluated the genotoxicity of the Melet River, the results of the micronucleus test and comet analysis supported each other.

**Keywords:** Heavy Metal, Comet Assay, Cyprinidae, Nucleus Abnormalities, DNA Damage, Genotoxicity, Pollutants, Melet River, Micronucleus, Toxicity.



## TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, çalışmalarımın yürütülmesi ve tezimin yazımı esnasındaki değerli katkıları, destekleri, hoşgörü ve anlayışından dolayı danışman hocam Sayın Prof. Dr. Derya BOSTANCI'ya içten teşekkürü bir borç bilirim.

Ağır metal analizlerinin gerçekleştirilmesindeki yardımları için Sayın Doç. Dr. Tamer AKKAN'a, comet analizi ve MN testini öğrenmemdeki yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Fulya Dilek GÖKALP'e en içten sevgilerimle teşekkür ederim.

Çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını ve desteklerini her daim hissettiğim Seval KONTAŞ YEDİER'e ve Arş. Gör. Serdar YEDİER'e sonsuz teşekkür ederim.

Hem eğitimim hem de hayatım boyunca yanımda olan, maddi ve manevi tüm destek ve fedakarlığı gösteren ve ideallerimi gerçekleştirmemde en büyük destekçilerim olan değerli AİLEME yürekten teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora öğrenimim sırasında "2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı 2012/4" kapsamında bursiyeri olduğum TÜBİTAK-BİDEB'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez Ordu Üniversitesi BAP Birimi tarafından TF-1612 kodlu proje ile desteklenmiştir. Çalışmaya sağlanan mali destekten dolayı teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	<b>I</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>VI</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>VII</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>X</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>XIV</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>XX</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ağır Metaller.....	7
1.2 Tez Kapsamında Varlığı Araştırılan Elementler.....	9
1.2.1 Mangan (Mn).....	9
1.2.2 Demir (Fe).....	9
1.2.3 Kobalt (Co).....	9
1.2.4 Bakır (Cu).....	10
1.2.5 Çinko (Zn).....	11
1.2.6 Alüminyum (Al).....	11
1.2.7 Nikel (Ni).....	12
1.2.8 Arsenik (As).....	12
1.2.9 Krom Cr).....	13
1.2.10 Kadmiyum Cd).....	13
1.2.11 Kurşun (Pb).....	14
1.3 Genotoksikoloji.....	14
1.4 Genotoksisite Uygulamaları.....	16
1.4.1 Comet Analizi.....	16
1.4.2 Mikronükleus (MN) Testi.....	19
1.4.2.1 Mikronükleus Oluşumu.....	20
1.4.2.2 Balıklarda Mikronükleus (MN) Testi.....	21
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>23</b>
<b>3. MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>40</b>
3.1 Çalışma Alanı Tanımı ve Örnek Toplama İstasyonları.....	40
3.1.1 Mahmudiye İstasyonu (1. İstasyon).....	41
3.1.2 Kıranyağmur İstasyonu (2. İstasyon).....	43
3.1.3 Kocaali İstasyonu (3. İstasyon).....	44
3.1.4 Nehir ağzı İstasyonu (4. İstasyon).....	45
3.2 Irmak Suyu Örneklerinin Toplanması ve Analizleri.....	47
3.3 Irmak Sedimenti Örneklerinin Toplanması ve Analizi.....	48
3.4 Irmaktaki Balık Örneklerinin Toplanması ve Analizi.....	48
3.5 Ekotoksikolojik Analizler.....	51
3.5.1 <i>In-situ</i> Arazi Çalışmaları.....	51

3.5.1.1	Mikronükleus (MN) Testi.....	52
3.5.1.2	Comet Analizi (Tek Hücre Jel Elektroforezi, SCGE).....	54
3.5.1.2.1	Kullanılan Çözeltiler.....	54
3.5.1.2.2	Analizin Uygulanması.....	55
3.5.1.2.3	TriTek CometScore 2.0 Yazılımı.....	63
3.6	İstatistiksel Analizler.....	64
<b>4.</b>	<b>ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>65</b>
4.1	Suyun Fiziko-Kimyasal Değerleri.....	65
4.1.1	Su Sıcaklığı.....	69
4.1.2	pH.....	70
4.1.3	Çözünmüş Oksijen (ÇO).....	71
4.1.4	Oksijen Doygunluğu (%).....	71
4.1.5	Tuzluluk (‰).....	72
4.1.6	Toplam Çözünmüş Madde (TDS).....	73
4.1.7	İletkenlik.....	73
4.1.8	Direnç (kΩ.cm).....	74
4.1.9	Nitrit Azotu (NO <sub>2</sub> -N).....	75
4.1.10	Nitrat Azotu (NO <sub>3</sub> -N).....	75
4.1.11	Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ).....	76
4.1.12	Fosfat (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ).....	76
4.2	Suda Tespit Edilen Element Konsantrasyonları.....	77
4.3	Sedimentte Tespit Edilen Element Konsantrasyonları.....	90
4.4	Balık Dokularına Ait Verilerin Değerlendirilmesi.....	101
4.4.1	İstasyonlardan Yakalanan Balıkların Boy ve Ağırlık Değerleri.....	101
4.4.2	Balık Dokularında Belirlenen Element Konsantrasyonları.....	103
4.4.2.1	Mahmudiye İstasyonundaki <i>C. banarescui</i> Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Ağır Metallerin Birikimi.....	104
4.4.2.2	Mahmudiye İstasyonundaki <i>C. banarescui</i> Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Olmayan Ağır Metallerin Birikimi.....	110
4.4.2.3	Kıranyağmur İstasyonundaki <i>V. vimba</i> Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Ağır Metallerin Birikimi.....	114
4.4.2.4	Kıranyağmur İstasyonundaki <i>V. vimba</i> Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Olmayan Ağır Metallerin Birikimi.....	119
4.4.2.5	Kocaali İstasyonundaki <i>A. chalcoides</i> Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Ağır Metallerin Birikimi.....	123
4.4.2.6	Kocaali İstasyonundaki <i>A. chalcoides</i> Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Olmayan Ağır Metallerin Birikimi.....	128
4.4.2.7	Nehir ağzı İstasyonundaki <i>A. chalcoides</i> Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Ağır Metallerin Birikimi.....	132
4.4.2.8	Nehir ağzı İstasyonundaki <i>A. chalcoides</i> Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Olmayan Ağır Metallerin Birikimi.....	137
4.5	Melet Irmağı Üzerinde Belirlenen İstasyonlardaki Suyun Genotoksik Etkileri.....	143
4.6	Comet Analizi Parametreleri.....	156

<b>5.</b>	<b>TARTIŞMA.....</b>	<b>189</b>
5.1	İstasyonlardaki Su Örneklerinin Fiziko-Kimyasal Parametreleri.....	190
5.2	Su Örneklerinin Element Analizlerinin Sonuçları.....	192
5.3	Sediment Örneklerinin Element Analizlerinin Sonuçları.....	196
5.4	Doku Örneklerinin Element Analizlerinin Sonuçları.....	199
5.5	Genotoksik Değerlendirmeler.....	212
5.5.1	Balık Türlerine Ait Mikronükleus Frekansları Sonuçları.....	212
5.5.2	Balık Türlerine Ait Comet Parametreleri Sonuçları.....	216
<b>6.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>226</b>
<b>7.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>236</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>255</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

		<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1.1.1	Mahmudiye istasyonunun genel görünüşü.....	42
Şekil 3.1.1.2	Mahmudiye istasyonundan yakalanan <i>C. banarescui</i> 'nin genel görünüşü.....	42
Şekil 3.1.2.1	Kıranyağmur istasyonunun genel görünüşü.....	43
Şekil 3.1.2.2	Kıranyağmur istasyonundan yakalanan <i>V. vimba</i> 'nın genel görünüşü.....	44
Şekil 3.1.3.1	Kocaali istasyonunun genel görünüşü.....	45
Şekil 3.1.3.2	Kocaali istasyonundan yakalanan <i>A. chalcoides</i> 'in genel görünüşü.....	45
Şekil 3.1.4.1	Nehir ağzı istasyonunun genel görünüşü.....	46
Şekil 3.1.4.2	Nehir ağzı istasyonundan yakalanan <i>A. chalcoides</i> 'in genel görünüşü.....	46
Şekil 3.1.5	Çalışma alanı ve istasyonların genel görünüşü.....	47
Şekil 3.4.1	Balık dokularının ICP-MS okumalarına hazırlanması.....	50
Şekil 3.4.2	ICP-MS okumalarına hazırlanan numuneler.....	50
Şekil 3.6.1.1.1	Mikronükleus incelemeleri için preparat hazırlama aşamaları.....	53
Şekil 3.6.1.2.2.1	Lamların agarla kaplanması.....	56
Şekil 3.6.1.2.2.2	Balıklardan kan örneklerinin şırınga yardımıyla toplanması.....	57
Şekil 3.6.1.2.2.3	Eritrosit hücrelerinin hazırlanması.....	57
Şekil 3.6.1.2.2.4	Hücrelerinin agar kaplı lam üzerine yayılması.....	58
Şekil 3.6.1.2.2.5	Hazırlanan lamların lizis solüsyonuna aktarılması.....	59
Şekil 3.6.1.2.2.6	Lizis solüsyonundan çıkarılan lamların elektroforeze hazırlanması.....	60
Şekil 3.6.1.2.2.7	Elektroforez aşaması.....	60
Şekil 3.6.1.2.2.8	Nötralizasyon aşaması.....	61
Şekil 3.6.1.2.2.9	Preparatların boyanması.....	61
Şekil 3.6.1.2.2.10	Preparatların incelenmesi.....	62
Şekil 3.6.1.2.2.11	Baş ve kuyruk kısımlarından oluşan tipik bir Comet görüntüsü.....	62
Şekil 4.1.1.1	İstasyonlara göre sıcaklık değerinin mevsimsel değişimi....	70
Şekil 4.1.2.1	İstasyonlara göre pH değerinin mevsimsel değişimi.....	70
Şekil 4.1.3.1	İstasyonlara göre ÇO değerinin mevsimsel değişimi.....	71
Şekil 4.1.4.1	İstasyonlara göre oksijen doygunluğu değerinin mevsimsel değişimi.....	71
Şekil 4.1.5.1	İstasyonlara göre tuzluluk değerinin mevsimsel değişimi...	72
Şekil 4.1.6.1	İstasyonlara göre TDS değerinin mevsimsel değişimi.....	73
Şekil 4.1.7.1	İstasyonlara göre iletkenlik değerinin mevsimsel değişimi.	74
Şekil 4.1.8.1	İstasyonlara göre direnç değerinin mevsimsel değişimi.....	74
Şekil 4.1.9.1	İstasyonlara göre nitrit azotu değerinin mevsimsel değişimi.....	75

<b>Şekil 4.1.10.1</b>	İstasyonlara göre nitrat azotu değerinin mevsimsel değişimi.....	76
<b>Şekil 4.1.11.1</b>	İstasyonlara göre sülfat değerinin mevsimsel değişimi.....	76
<b>Şekil 4.1.12.1</b>	İstasyonlara göre fosfat değerinin mevsimsel değişimi.....	77
<b>Şekil 4.5.1</b>	Balıkların eritrosit hücrelerine ait genel MN preparatı görüntüsü (X100).....	144
<b>Şekil 4.5.2</b>	Melet Irmağı boyunca belirlenen istasyonlardaki balık örneklerine ait bazı preparatlarda gözlemlenen çekirdek morfolojisi değişiklikleri (a) İkili mikronükleus oluşumu, (b) Üçlü mikronükleus oluşumu (c)-(d) üçten fazla mikronükleus oluşumu (e)-(f) Çekirdek anomalisi (X100).....	145
<b>Şekil 4.5.3</b>	Melet Irmağı boyunca belirlenen istasyonlardaki balık örneklerine ait preparatlarda gözlemlenen mikronükleus (MN) oluşumları (a, b, c, d, e, f) (X100).....	146
<b>Şekil 4.5.4</b>	<i>C. banarescui</i> örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekanslarının mevsimsel dağılımı.....	148
<b>Şekil 4.5.5</b>	<i>V. vimba</i> örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekanslarının mevsimsel dağılımı.....	149
<b>Şekil 4.5.6</b>	<i>A. chalcoides</i> örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekanslarının mevsimsel dağılımı.....	149
<b>Şekil 4.5.7</b>	<i>A. chalcoides</i> örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekanslarının mevsimsel dağılımı.....	150
<b>Şekil 4.5.8</b>	Mevsimplere göre mikronükleus (MN) frekanslarının dağılımı.....	150
<b>Şekil 4.5.9</b>	İstasyonlara göre mikronükleus (MN) frekanslarının dağılımı.....	151
<b>Şekil 4.6.1</b>	Balıkların eritrosit hücrelerinde gözlemlenen genetik hasara bağlı comet dereceleri.....	161
<b>Şekil 4.6.2</b>	Mahmudiye istasyonundan örneklenen <i>C. banarescui</i> bireylerinin kan hücrelerinde floresan mikroskopu çekimleriyle tespit edilen ilkbahar (a), yaz (b), sonbahar (c) ve kış (d) mevsimlerine ait comet oluşumları.....	162
<b>Şekil 4.6.3</b>	Kıranyağmur istasyonundan örneklenen <i>V. vimba</i> bireylerinin kan hücrelerinde floresan mikroskopu çekimleriyle tespit edilen ilkbahar (a), yaz (b), sonbahar (c) ve kış (d) mevsimlerine ait comet oluşumları.....	163
<b>Şekil 4.6.4</b>	Kocaali istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin kan hücrelerinde floresan mikroskopu çekimleriyle tespit edilen ilkbahar (a), yaz (b), sonbahar (c) ve kış (d) mevsimlerine ait comet oluşumları.....	164
<b>Şekil 4.6.5</b>	Nehir ağzı istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin kan hücrelerinde floresan mikroskopu çekimleriyle tespit edilen ilkbahar (a), yaz (b), sonbahar (c) ve kış (d) mevsimlerine ait comet oluşumları.....	165
<b>Şekil 4.6.6</b>	Mahmudiye istasyonunda mevsimplere göre örneklenen bireylere ait kuyruk boyu ( $\mu\text{m}$ ) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	166

<b>Şekil 4.6.7</b>	Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk boyu ( $\mu\text{m}$ ) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	166
<b>Şekil 4.6.8</b>	Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk boyu ( $\mu\text{m}$ ) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	167
<b>Şekil 4.6.9</b>	Nehir ağzı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk boyu ( $\mu\text{m}$ ) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	167
<b>Şekil 4.6.10</b>	Mahmudiye istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	168
<b>Şekil 4.6.11</b>	Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	168
<b>Şekil 4.6.12</b>	Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	169
<b>Şekil 4.6.13</b>	Nehir ağzı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	169
<b>Şekil 4.6.14</b>	Mahmudiye istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baş yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	170
<b>Şekil 4.6.15</b>	Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baş yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	170
<b>Şekil 4.6.16</b>	Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baş yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	171
<b>Şekil 4.6.17</b>	Nehir ağzı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baş yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	171
<b>Şekil 4.6.18</b>	Mahmudiye istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk momenti parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	172
<b>Şekil 4.6.19</b>	Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk momenti parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	172
<b>Şekil 4.6.20</b>	Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk momenti parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	173
<b>Şekil 4.6.21</b>	Nehir ağzı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk momenti parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	173
<b>Şekil 4.6.22</b>	Mahmudiye istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruktaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	174

<b>Şekil 4.6.23</b>	Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruktaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	174
<b>Şekil 4.6.24</b>	Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruktaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	175
<b>Şekil 4.6.25</b>	Nehir ağzı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruktaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	175
<b>Şekil 4.6.26</b>	Mahmudiye istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baştaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	176
<b>Şekil 4.6.27</b>	Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baştaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	176
<b>Şekil 4.6.28</b>	Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baştaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	177
<b>Şekil 4.6.29</b>	Nehir ağzı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baştaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	177



## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 4.1.1	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan “Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri”..... 66
Çizelge 4.1.2	Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fiziko-kimyasal Parametreler açısından sınıflarına göre kalite kriterleri..... 66
Çizelge 4.1.3	Mahmudiye istasyonunda tespit edilen fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değerleri..... 66
Çizelge 4.1.4	Kıranyağmur istasyonunda tespit edilen fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değerleri (Ö.A.D.: ölçüm aralığının dışında)..... 67
Çizelge 4.1.5	Kocaali istasyonunda tespit edilen fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değerleri..... 68
Çizelge 4.1.6	Nehir ağzı istasyonunda tespit edilen fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değerleri..... 69
Çizelge 4.2.1	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan “Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri”..... 78
Çizelge 4.2.2	Kıtaçi Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları kalite kriterleri..... 78
Çizelge 4.2.3	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda ilkbahar mevsiminde alınan su numunelerinde tespit edilen element konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ ) (L.D.A.: Limit değerinin altında)..... 82
Çizelge 4.2.4	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda yaz mevsiminde alınan su numunelerinde tespit edilen element konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ ) (L.D.A.: Limit değerinin altında)..... 83
Çizelge 4.2.5	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda sonbahar mevsiminde alınan su numunelerinde tespit edilen element konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ ) (L.D.A.: Limit değerinin altında)..... 84
Çizelge 4.2.6	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda kış mevsiminde alınan su numunelerinde tespit edilen element konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ ) (L.D.A.: Limit değerinin altında)..... 85
Çizelge 4.2.7	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su numunelerinde tespit edilen bazı esansiyel metallerin mevsimlere göre yıllık ortalama element konsantrasyonları (Ort $\pm$ S.H.; Min-Maks ( $\mu\text{g/L}$ ); L.D.A.: Limit değerinin altında)..... 86
Çizelge 4.2.8	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su numunelerinde tespit edilen bazı esansiyel olmayan metallerin mevsimlere göre yıllık ortalama element konsantrasyonları (Ort $\pm$ S.H.; Min-Maks ( $\mu\text{g/L}$ ); L.D.A.: Limit değerinin altında)..... 87
Çizelge 4.2.9	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su numunelerinde tespit edilen bazı esansiyel metallerin istasyonlara göre yıllık ortalama element konsantrasyonları (Ort $\pm$ S.H.; Min-Maks ( $\mu\text{g/L}$ ); L.D.A.: Limit değerinin altında)..... 88

<b>Çizelge 4.2.10</b>	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su numunelerinde tespit edilen bazı esansiyel olmayan metallerin istasyonlara göre yıllık ortalama element konsantrasyonları (Ort±S.H.; Min-Maks (µg/L); L.D.A.: Limit değerin altında).....	89
<b>Çizelge 4.3.1</b>	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda ilkbahar mevsiminde alınan sediment numunelerinde tespit edilen elementlerin konsantrasyonları (µg/g) (E.M.: Eser miktarda)...	93
<b>Çizelge 4.3.2</b>	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda yaz mevsiminde alınan sediment numunelerinde tespit edilen elementlerin konsantrasyonları (µg/g) (E.M.: Eser miktarda)...	94
<b>Çizelge 4.3.3</b>	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda sonbahar mevsiminde alınan sediment numunelerinde tespit edilen elementlerin konsantrasyonları (µg/g) (E.M.: Eser miktarda)..	95
<b>Çizelge 4.3.4</b>	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda kış mevsiminde alınan sediment numunelerinde tespit edilen elementlerin konsantrasyonları (µg/g) (E.M.: Eser miktarda).....	96
<b>Çizelge 4.3.5</b>	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan sediment numunelerinde tespit edilen mevsimlere göre yıllık ortalama esansiyel element konsantrasyonları (Ort±S.H.; Min-Maks (µg/g).....	97
<b>Çizelge 4.3.6</b>	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan sediment numunelerinde tespit edilen mevsimlere göre yıllık ortalama esansiyel olmayan element konsantrasyonları (Ort±S.H.; Min-Maks (µg/g); E.M.: Eser miktarda).....	98
<b>Çizelge 4.3.7</b>	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan sediment numunelerinde tespit edilen istasyonlara göre yıllık ortalama esansiyel element konsantrasyonları (Ort±S.H.; Min-Maks (µg/g)).....	99
<b>Çizelge 4.3.8</b>	Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan sediment numunelerinde tespit edilen istasyonlara göre yıllık ortalama esansiyel olmayan element konsantrasyonları (Ort±S.H.; Min-Maks (µg/g); E.M.: Eser miktarda).....	100
<b>Çizelge 4.4.1.1</b>	Mahmudiye istasyonundan örneklenen balıkların mevsimlere göre boy ve ağırlık değerleri.....	101
<b>Çizelge 4.4.1.2</b>	Kıranyağmur istasyonundan örneklenen balıkların mevsimlere göre boy ve ağırlık değerleri.....	102
<b>Çizelge 4.4.1.3</b>	Kocaali istasyonundan örneklenen balıkların mevsimlere göre boy ve ağırlık değerleri.....	102
<b>Çizelge 4.4.1.4</b>	Nehir ağzı istasyonundan örneklenen balıkların mevsimlere göre boy ve ağırlık değerleri.....	103
<b>Çizelge 4.4.1.5</b>	Melet Irmağı 'ndan örneklenen balıkların istasyonlara göre boy ve ağırlık değerleri.....	103
<b>Çizelge 4.4.2.1</b>	Balık kasında tespit edilen esansiyel ve esansiyel olmayan bazı elementlerin ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri (mg/kg, yaş ağırlık).....	104

<b>Çizelge 4.4.2.1.1</b>	Mahmudiye istasyonundan örneklenen <i>C. banarescui</i> bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel metal konsantrasyonları (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerin altında).....	105
<b>Çizelge 4.4.2.1.2</b>	Mahmudiye istasyonundan örneklenen <i>C. banarescui</i> bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)....	106
<b>Çizelge 4.4.2.1.3</b>	Mahmudiye istasyonundan örneklenen <i>C. banarescui</i> bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg).....	108
<b>Çizelge 4.4.2.1.4</b>	Mahmudiye istasyonundan örneklenen <i>C. banarescui</i> bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel metal konsantrasyonları.....	109
<b>Çizelge 4.4.2.2.1</b>	Mahmudiye istasyonundan örneklenen <i>C. banarescui</i> bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerin altında).....	111
<b>Çizelge 4.4.2.2.2</b>	Mahmudiye istasyonundan örneklenen <i>C. banarescui</i> bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerin altında).....	112
<b>Çizelge 4.4.2.2.3</b>	Mahmudiye istasyonundan örneklenen <i>C. banarescui</i> bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	113
<b>Çizelge 4.4.2.2.4</b>	Mahmudiye istasyonundan örneklenen <i>C. banarescui</i> bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) E.M.: (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerin altında).....	114
<b>Çizelge 4.4.2.3.1</b>	Kıranyağmur istasyonundan örneklenen <i>V. vimba</i> bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerin altında).....	117
<b>Çizelge 4.4.2.3.2</b>	Kıranyağmur istasyonundan örneklenen <i>V. vimba</i> bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	118
<b>Çizelge 4.4.2.3.3</b>	Kıranyağmur istasyonundan örneklenen <i>V. vimba</i> bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerin altında).....	118
<b>Çizelge 4.4.2.3.4</b>	Kıranyağmur istasyonundan örneklenen <i>V. vimba</i> bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (L.D.A: Limit değerin altında).....	119
<b>Çizelge 4.4.2.4.1</b>	Kıranyağmur istasyonundan örneklenen <i>V. vimba</i> bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (L.D.A: Limit değerin	122

	altında).....	
<b>Çizelge 4.4.2.4.2</b>	Kıranyağmur istasyonundan örneklenen <i>V. vimba</i> bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	122
<b>Çizelge 4.4.2.4.3</b>	Kıranyağmur istasyonundan örneklenen <i>V. vimba</i> bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (L.D.A: Limit değerinin altında).....	123
<b>Çizelge 4.4.2.4.4</b>	Kıranyağmur istasyonundan örneklenen <i>V. vimba</i> bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerinin altında).....	123
<b>Çizelge 4.4.2.5.1</b>	Kocaali istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	126
<b>Çizelge 4.4.2.5.2</b>	Kocaali istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	127
<b>Çizelge 4.4.2.5.3</b>	Kocaali istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	127
<b>Çizelge 4.4.2.5.4</b>	Kocaali istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	128
<b>Çizelge 4.4.2.6.1</b>	Kocaali istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerinin altında).....	131
<b>Çizelge 4.4.2.6.2</b>	Kocaali istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	131
<b>Çizelge 4.4.2.6.3</b>	Kocaali istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	132
<b>Çizelge 4.4.2.6.4</b>	Kocaali istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg).....	133
<b>Çizelge 4.4.2.7.1</b>	Nehir ağzı istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	135
<b>Çizelge 4.4.2.7.2</b>	Nehir ağzı istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)....	136

<b>Çizelge 4.4.2.7.3</b>	Nehir ağzı istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	136
<b>Çizelge 4.4.2.7.4</b>	Nehir ağzı istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg).....	137
<b>Çizelge 4.4.2.8.1</b>	Nehir ağzı istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	140
<b>Çizelge 4.4.2.8.2</b>	Nehir ağzı istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (S.H.: Standart Hata).....	140
<b>Çizelge 4.4.2.8.3</b>	Nehir ağzı istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	141
<b>Çizelge 4.4.2.8.4</b>	Nehir ağzı istasyonundan örneklenen <i>A. chalcoides</i> bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda).....	141
<b>Çizelge 4.5.1</b>	Örneklenen türlerin eritrositlerinde tespit edilen mikronükleus frekansları (%) ve mevsimlere göre değişimi.....	148
<b>Çizelge 4.5.2</b>	Melet Irmağı'ndan örneklenen bireylerin eritrositlerinde belirlenen ortalama mikronükleus (MN) değerleri ve mevsimlere göre değişimi.....	152
<b>Çizelge 4.5.3</b>	Mahmudiye istasyonunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek bazı metallerin sudaki mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları ve mikronükleus (MN) frekansı değerleri....	153
<b>Çizelge 4.5.4</b>	Kıranyağmur istasyonunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek bazı metallerin sudaki mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları ve mikronükleus (MN) frekansı değerleri...	153
<b>Çizelge 4.5.5</b>	Kocaali istasyonunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek bazı metallerin sudaki mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları ve mikronükleus (MN) frekansı değerleri....	154
<b>Çizelge 4.5.6</b>	Nehir ağzı istasyonunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek bazı metallerin sudaki mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları ve mikronükleus (MN) frekansı değerleri....	154
<b>Çizelge 4.6.1</b>	Mahmudiye istasyonundan yakalanan <i>C. banarescui</i> bireylerinin eritrosit hücrelerinde comet analizi ile elde edilen bazı comet parametrelerinin değerleri.....	157
<b>Çizelge 4.6.2</b>	Kıranyağmur istasyonundan yakalanan <i>V. vimba</i> bireylerinin eritrosit hücrelerinde comet analizi ile elde edilen bazı comet parametrelerinin değerleri.....	159

<b>Çizelge 4.6.3</b>	Kocaali istasyonundan yakalanan <i>A. chalcoides</i> bireylerinin eritrosit hücrelerinde comet analizi ile elde edilen bazı comet parametrelerinin değerleri.....	160
<b>Çizelge 4.6.4</b>	Nehir ağzı istasyonundan yakalanan <i>A. chalcoides</i> bireylerinin eritrosit hücrelerinde comet analizi ile elde edilen bazı comet parametrelerinin değerleri.....	161
<b>Çizelge 4.6.5</b>	Mahmudiye istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar.....	181
<b>Çizelge 4.6.6</b>	Kıranyağmur istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar.....	182
<b>Çizelge 4.6.6</b>	Kıranyağmur istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (devamı).....	183
<b>Çizelge 4.6.7</b>	Kocaali istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar.....	184
<b>Çizelge 4.6.7</b>	Kocaali istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (devamı)...	185
<b>Çizelge 4.6.7</b>	Kocaali istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (devamı)...	186
<b>Çizelge 4.6.8</b>	Nehir ağzı istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar.....	187
<b>Çizelge 4.6.8</b>	Nehir ağzı istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (devamı).....	188
<b>Çizelge 5.1</b>	Türkiye'deki araştırmacılar tarafından sucul ekosistemlerde yapılan diğer çalışmalar.....	201
<b>Çizelge 5.1</b>	Türkiye'deki araştırmacılar tarafından sucul ekosistemlerde yapılan diğer çalışmalar (devamı).....	202
<b>Çizelge 5.2</b>	Türkiye'deki araştırmacılar tarafından sucul ekosistemlerde yapılan diğer çalışmalar.....	204
<b>Çizelge 5.2</b>	Türkiye'deki araştırmacılar tarafından sucul ekosistemlerde yapılan diğer çalışmalar (devamı).....	205
<b>Çizelge 5.3</b>	Türkiye'deki araştırmacılar tarafından sucul ekosistemlerde yapılan diğer çalışmalar.....	206

## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

<b>AKM</b>	: Askıda Katı Madde
<b>Al</b>	: Alüminyum
<b>As</b>	: Arsenik
<b>ATSDR</b>	: Agency for Toxic Substances and Disease Registry
<b>BOI<sub>5</sub></b>	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
<b>Cd</b>	: Kadmiyum
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>Co</b>	: Kobalt
<b>Cr</b>	: Krom
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>ÇO</b>	: Çözünmüş Oksijen
<b>DMSO</b>	: Dimetil Sülfoksit
<b>EC</b>	: European Commission
<b>EDTA</b>	: Etilendiamin tetraasetik asit
<b>E.M.</b>	: Eser miktarda
<b>FAO</b>	: Food and Agriculture Organization
<b>Fe</b>	: Demir
<b>g</b>	: Gram
<b>g/cm<sup>3</sup></b>	: Gram / Santimetre küp
<b>HCl</b>	: Hidroklorik asit
<b>HES</b>	: Hidroelektirik Santrali
<b>Hg</b>	: Civa
<b>HNO<sub>3</sub></b>	: Nitrik asit
<b>IAEA</b>	: International Atomic Energy Agency
<b>ICP-MS</b>	: İndükleyici Çift Plazma Kütle Spektrometresi
<b>I<sub>c</sub></b>	: Toplam comet yoğunluğu
<b>I<sub>h</sub></b>	: Toplam comet başı yoğunluğu
<b>I<sub>t</sub></b>	: Toplam comet kuyruğu yoğunluğu
<b>km<sup>2</sup></b>	: Kilometre kare
<b>km</b>	: Kilometre
<b>kΩ.cm</b>	: Kiloohm.santimetre
<b>L.D.A.</b>	: Limit değerinin altında
<b>LMPA</b>	: Low Melting Point Agarose
<b>L<sub>c</sub></b>	: Tüm comet boyu
<b>L<sub>h</sub></b>	: Comet başı uzunluğu
<b>L<sub>t</sub></b>	: Comet kuyruk uzunluğu
<b>µg/g</b>	: Mikrogram / Gram
<b>M</b>	: Molar
<b>mA</b>	: Miliamper
<b>Maks.</b>	: Maksimum
<b>mg</b>	: Miligram
<b>mg/kg</b>	: Miligram / Kilogram
<b>Min.</b>	: Minimum
<b>mg/L</b>	: Miligram / Litre
<b>mL</b>	: Mililitre
<b>mM</b>	: Milimolar

<b>Mn</b>	: Mangan
<b><math>M_t</math></b>	: Kuyruk Momenti
<b>MN</b>	: Mikronukleus
<b>N</b>	: Normal
<b>NaCl</b>	: Sodyum Klorür
<b>NaOH</b>	: Sodyum Hidroksit
<b>Ni</b>	: Nikel
<b>NMPA</b>	: Normal Melting Point Agarose
<b>OCP</b>	: Organoklorlu Pestisit
<b>Ort.</b>	: Ortalama
<b>Ö.A.D.</b>	: Ölçüm aralığı dışında
<b>PAH</b>	: Poliaromatik Hidrokarbon
<b>Pb</b>	: Kurşun
<b>PBS</b>	: Phosphate Buffered Saline
<b>PCB</b>	: Poliklorlu Bifenil
<b>SCGE</b>	: Single Cell Gel Electrophoresis
<b>Se</b>	: Selenyum
<b>SS</b>	: Standart Sapma
<b>SH</b>	: Standart Hata
<b>TDS</b>	: Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı
<b>V</b>	: Volt
<b>ppm</b>	: Parts per million
<b>WHO</b>	: World Health Organization
<b>Zn</b>	: Çinko
<b><math>\mu\text{g/g}</math></b>	: Mikrogram / Gram
<b><math>\mu\text{g/L}</math></b>	: Mikrogram / Litre
<b><math>\mu\text{l}</math></b>	: Ortalama comet kuyruğu ve başı yoğunluğu
<b><math>\mu\text{m}</math></b>	: Mikrometre
<b><math>\mu\text{M}</math></b>	: Mikromolar
<b><math>\mu\text{L}</math></b>	: Mikrolitre
<b><math>\mu\text{s/cm}</math></b>	: Mikrosiemens / Santimetre
<b>%DNA<sub>h</sub></b>	: Comet kuyruğundaki DNA yüzdesi
<b>%DNA<sub>t</sub></b>	: Comet kuyruğundaki DNA yüzdesi
<b>%</b>	: Yüzde
<b>‰</b>	: Binde
<b>&gt;</b>	Büyük
<b>≥</b>	Büyük eşit
<b>&lt;</b>	Küçük
<b>°C</b>	: Santigrat derece



## 1. GİRİŞ

Her geçen gün gelişen teknoloji ve bundan doğan ihtiyaçlar, suya olan gereksinimi ve su tüketimini arttırmıştır. Artan bu su ihtiyacını karşılamak adına su kaynaklarının sınırsızca kullanımı beraberinde atık su problemini de oluşturmaya başlamıştır. Az gelişmiş veya halen gelişmekte olan birçok ülkede, atık sular temizleme işlemlerine tabi tutulmadan doğal sulara bırakılmaktadır. Ayrıca, evsel atıkların çoğunlukla arıtımsız olarak sulara deşarj edildiği de bilinen bir gerçektir. Bunların sonucunda, akarsular, göller, denizler gibi sucul sistemlerde meydana gelen kirlilik, bir süre sonra kontrol edilemez noktalara ulaşmakta ve su kaynaklarından yeteri kadar yararlanmayı sınırlandırmaktadır.

Organizmaların hayatlarını devam ettirmeleri için temel bir unsur olan su, en önemli doğal kaynaklarımızdan biridir. Çeşitli sebeplerle bir ortamdaki suyun kalitesinin veya dengesinin bozulması su kirliliğini de beraberinde getirmektedir. Başlıca tarım, endüstri ve evsel gereksinimler için kullanılan suyun kalitesi, yararlanıldığı alana göre önem arz etmektedir. Evlerde kullanılacak suyun, hastalıklara sebep olan pestisitler ve ağır metaller gibi zararlı maddeleri içermemesi, aynı şekilde endüstriyel ve tarımsal alanlarda kullanılan suların özelliklerinin de amaçlarına uygun şekilde olması gerekmektedir.

İnsanoğlu varoluşundan bu yana yaptığı çeşitli faaliyetlerle, doğal çevreyi kirletmeye, değiştirmeye ve doğanın kendi içerisinde sahip olduğu dengesini kaybetmesine sebep olmaktadır. Metal cevherlerinin işlenmeye başlamasıyla ortaya çıkan metal bileşikleri ve atıkları, insanların faaliyetleri sürdükçe çevreye yayılmaya devam etmektedir. İnsanlar ağır metalleri, etkilerinin bilinmediği dönemlerden bu yana yüzyıllar boyu, çeşitli eşyaların yapımında kullanmışlardır. Kır ve ark., (2007)'nın bildirdiğine göre, sucul sistemlerdeki ağır metal kirliliğinin sebeplerinin başında madencilik endüstrisi gelmektedir. Maden cevherlerinden elde edilen metallerin ortaya çıkarılmasına kadarki süreçte meydana gelen atıklar, işlemler sırasındaki uygulamalar sebebiyle aktif hale geçmekte ve kontaminasyon kaynağını oluşturmaktadır. Çevresel kirliliği ve dolayısıyla su kirliliğini oluşturan diğer etmenlerin başında ise endüstri, sanayi ve teknolojiye ilerlemeler, nüfus artışı, kırsal alanlardan şehirlere göçler, düzensiz kentleşme, turizm, tarımsal üretimdeki

bilinçsiz ilaçlama, nükleer denemeler ve doğal alanların tahribatı gelmektedir (Imandoust ve Gadam, 2007; Shang ve ark., 2012). Ayrıca, doğanın kendini yenileyebileceği kapasiteyi aşan müdahaleler de çevresel kirliliğe bir sebeptir (Toroğlu ve ark., 2006). Yapılan müdahaleler toprak, su ve hava kirliliğine, biyoçeşitlilikteki azalışa, asit yağmurlarına, ozon tabakasının incilmesi gibi olumsuz sonuçlara yol açmaktadır (Kates, 2000; İkikat Tümer, 2017). Hızla artan nüfus ve endüstrileşmenin bir sonucu olarak su kaynaklarındaki ağır metal seviyelerinin artış gösterdiği, yapılan birçok çalışmada belirtilmektedir (Karadede ve Ünlü, 2000; Wagner ve Boman, 2003; Sönmez ve ark., 2016). Gün geçtikçe daha da önem kazanan çevre kirliliği nedeniyle, ağır metal kirliliği ve etkileri ile ilgili yapılan çalışmaların sayısında da artış olmuştur (Minareci ve ark., 2004).

Endüstride yaşanan gelişmeler, nüfusun artışı desteklemeye ve insanların yaşam kalitesini arttırmaya yönelik olsa da, bu faaliyetlerde hammadde olarak ağır metallerin kullanımını da aynı oranda arttırmaktadır. İşlenme sırasında ortaya çıkan ağır metal atıklarının arıtılmadan sucul ortama verilmesi, bu alanlarda ağır metal derişimlerinin yükselmesine neden olmaktadır (Bettini ve ark., 2006; Sönmez ve ark., 2016). Sucul ekosistemlerin, hava ve toprağa göre daha fazla kirlenmesi, su sistemlerinin endüstriden, sanayiden ve kentsel atıklardan gelen kirleticileri taşıyan kanalizasyon suları ve diğer atıklar için hem alıcı hem de uzaklaştırıcı bir bölge olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır (Yarsan ve ark., 2000; Kır ve ark., 2007). Toprak yapısı ve içeriği, bulunduğu bölgenin kayaç yapısına göre de farklılık göstermektedir. Çeşitli kimyasallarla kontamine olan ve fiziko-kimyasal özellikleri bozulan bir toprak kütlesi, gerek yeraltı gerekse yerüstü su kaynaklarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Su kaynaklarımızda meydana gelen kontaminasyonda en büyük pay, sanayi ve yerleşim atıklarının ya arıtılmadan ya da yetersiz arıtmadan geçirildikten sonra sucul sistemlere bırakılması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Birçok endüstri kuruluşu tarafından birtakım işlemler sonucunda üretilen ağır metal içerikli atık sular akarsu, göl ve denizlerde ciddi boyutlarda kirlenmelere yol açmaktadır (Akgün ve ark., 2007). Su kirliliğine sebep olan evsel ve endüstriyel kökenli birçok etmenin bulunduğu, araştırmacılar tarafından da vurgulanmaktadır. Mutfak, banyo suları ile diğer temizlik amaçlı kullanılan sular ve kanalizasyon suları birlikte, evsel kökenli

atık suları oluşturmaktadır. Aynı zamanda, kanalizasyon atık sularının içerisinde yaşayan patojen mikroorganizmaların da akarsularda kirliliğe sebep olduğu belirtilmiştir (Mascher, 1987; De ve ark., 1993). Bunlara ek olarak, sularda ortaya çıkan biyolojik kirlenmede, mezbahaneler ve mandıralar gibi işletmelerin de önemli etkileri bulunmaktadır. Tarım alanlarında çiftçiler tarafından kullanılan azotlu ve fosfatlı gübreler, bunun dışında benzine katılan kurşun türevleri, arıtımı yapılmamış olarak akarsulara verilen atık sular içerisindeki kadmiyum, bakır, nikel, krom ve çinko gibi zehirli elementler, akarsularda ciddi ve tehlikeli düzeylerde bir kirliliğin kaynağını oluşturmaktadır (Toroğlu ve ark., 2006). Özellikle sulama ve elektrik enerjisi elde etmek amacıyla, doğal su kaynaklarının baraj ve göletlerde toplanması, arıtma işlemi yapılmadan bu kaynaklara kanalizasyon ve sanayi atık sularının verilmesi, kimyasal ilaçların çeşitli yollarla bu sulara karışması sonucunda ise, döküldüğü nehir ve göller kirlenmekte ve doğal özelliklerini kaybetmektedir (Tekin Özan, 2005; Kır ve ark., 2007). Kentsel yaşamın başlaması, endüstriyel gelişmeler ve nüfus artışına bağlı olarak artan çevre kirliliği de, ekosistemin bozulmasını hızlandırmıştır (Yarsan ve ark., 2000; Kır ve ark., 2007). Bilindiği gibi ağır metallerin suya karışması hem jeolojik hem de antropolojik kaynaklı olabilmektedir.

Tüm bunların yanında, ağır metallerin su ortamına geçişinde, asit yağmurlarının da etkisi vardır. Toprağın bileşiminde bulunan ağır metalleri çözen asit yağmurları nedeniyle çözünen metaller ırmak, göl ve yer altı sularına ulaşmaktadır. Ağır metaller, sularda fazlasıyla seyrelerek kısmen karbonat, sülfat ve sülfür şeklinde katı bileşikler oluşturup tabana çökerler ve burada zenginleşirler. Sedimentin adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğu için, suların ağır metal konsantrasyonları da sürekli olarak artar (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Bilindiği gibi, balıklar önemli bir protein kaynağı olmakla beraber, sucul ekosistemlerin biyolojik çevriminde de bir halkayı oluşturmaktadır. Ağır metallerle kirlenmiş sucul bir ortamda bulunan balıklar, ciddi derecelerde metal kirliliğine maruz kalmaktadır (Bryan, 1976; Akgün ve ark., 2007). Ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarının, sucul ekosistemlerdeki organizmalar için potansiyel toksik etkilere sahip olduğu bilinen bir gerçektir.

Bazı sucul organizmalar ağır metalleri belirli düzeylerde karaciğer, böbrek, solungaç, kas, deri gibi organ ve dokularında depolayabilirler. Balık dokularında biriken bu ağır metallerin konsantrasyonları, sucul ekosistemdeki besin zincirine, suyun kimyasına, organizmalar arasındaki rekabete ve su içerisindeki hidrodinamiklere göre değişkenlik göstermektedir (Förstner ve Wittmann, 1981; Akgün ve ark., 2007). Depolanan bu elementler, organizmalar için zehirli olabilmektedir. Zehir etkisi oluşturmasa bile, biriken metaller dolaylı olarak besin zinciri yoluyla insanlara kadar ulaşabilmekte ve en nihayetinde, insan sağlığını da tehdit etmektedirler.

Elementler doğal ortamlarda tek başlarına olamayacağı için, su içerisinde de birbirleriyle etkileşim halinde bulunurlar. Akgün ve ark., (2007)'nın belirttiğine göre, çinko ve bakırın su ortamında bir arada bulunması durumu, bakırın zaten var olan toksik etkisini birkaç kat daha arttırmaktadır. Bunun yanında, çinko-bakır kombinasyonunun, bu iki metalin ayrı ayrı birikimleri üzerinde zıt etki yaptığı da belirtilmektedir (Windom, 1991). Endüstriyel kaynaklı bir metal olan kurşun, su kaynağı yanında bulunan bir işletmenin varlığından dolayı, doğal sularda istenmeyen değerlere ulaşabilir. Ancak, kurşun elementinin balıklar üzerindeki zehirli etkisinin, suyun sertliği ve çözülmüş oksijen miktarındaki artışı ile azaldığı da belirtilmiştir (WHO, 1984).

Su kirliliği için en önemli ağır metaller çinko (Zn), bakır (Cu), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), civa (Hg), nikel (Ni) ve krom (Cr)'dur. Bu metallere Cu, Ni, Cr ve Zn gibi bazıları, organizmaların yaşamları için esas elementler olmalarına rağmen, yüksek konsantrasyonlarda toksik etkiler göstermektedirler (Yılmaz ve ark., 2016). Organizmalar yaşamsal faaliyetleri için bu gibi ağır metallerin düşük derişimlerine ihtiyaç duyarlar. Ancak, bazı ağır metaller düşük derişimlerde olsalar dahi toksik özelliktedir. İz element olan bakırın, yaklaşık olarak 30 enzimin ve glikoprotein yapısındaki bileşimine girdiği, omurgalı canlılarda demirin sindirim sisteminden absorpsiyonunda, hemoglobinin sentezlenmesinde, sinir sistemindeki miyelin kılıfın sürekliliğinde, beyin ve kemik doku oluşumunda görev aldığı Çiftçi ve ark., (2017) tarafından da bildirilmiştir. Yer kabuğunda doğal olarak bulunan bakır, elektrik endüstrisinde, boya, ahşap koruyucu ve alaşım yapımında kullanılmaktadır. Hem doğada hem de laboratuvar koşulları altında balıklar üzerinde yapılan çalışmalarda, bakırın solungaç, böbrek ve karaciğer gibi organlarda yüksek oranlarda biriktiği,

osmoregülasyonu etkilediği, bazı doku ve organlarda histopatolojik değişimler oluşturduğu da bildirilmiştir (Hilmy ve ark., 1987; Cicik, 2003; Çiftçi ve ark., 2017).

Bakır ve çinko gibi ağır metaller, sucul ortamlarda genellikle eser miktarlarda bulunmaktadır. Sucul ortama, doğal yollarla veya endüstriyel, tarımsal aktiviteler ve madencilik gibi temelde antropojenik kaynaklı faktörlerin etkisiyle de girmektedirler. Bunun sonucunda, balıkların da içinde bulunduğu sucul organizmalar metallerin bu artan miktarlarının etkisi altında kalmaktadır. Ağır metallerin sucul ortamlardaki artışının balıklar üzerindeki başlıca etkisi, çeşitli doku ve organlarında birikim göstermesidir (Allen, 1995; Cicik, 2003).

Balıklar besin zinciri dinamiklerindeki anahtar rollerinden dolayı hem ekonomik hem de ekolojik olarak çok önemlidir (Alkan ve ark., 2016). Genel olarak sucul sistemlerde besin zincirinin üst basamağında bulunan balıklar, ortamda bulunan ağır metalleri çeşitli doku ve organlarında biriktirirler (Allen-Gil ve Martynov, 1995; Mansour ve Sidky, 2002). Bundan dolayı balıklar, ortamın metal kirliliğinin ve insanlar tarafından tüketildiklerinde potansiyel risklerinin tahmin edilmesinde, tatlı su ekosistemleri için önemlidir (Barak ve Mason, 1990; Papagiannis ve ark., 2004). Ağır metaller canlıların bünyesine başlıca solungaçlar, besin ve deri aracılığıyla girmektedir. Tatlı su balıklarında ayrıca besinle birlikte alınan suyla da alınmaktadır. Vücuda giren ağır metaller taşıyıcı proteinler vasıtasıyla kan yoluyla doku ve organlara taşınmaktadır. Dokulardaki metal bağlayıcılar sayesinde bağlanarak yüksek konsantrasyonlara kadar ulaşmaktadırlar. Sonrasında ise, çeşitli kan parametrelerini, enzim aktivitelerini, büyümeyi ve gelişmeyi etkilemektedirler (Dick ve Dixon, 1985; Dave ve Xiu, 1991; Sönmez ve ark., 2016). Ayrıca, balıklardaki ağır metal birikim düzeylerinin, türe, boy gruplarına (Canlı ve Atlı, 2003), dokuya, mevsimlere ve coğrafik bölgelere göre değişebildiği bildirilmiştir (Mendil ve ark., 2010a; Mendil ve ark., 2010b; Alkan ve ark., 2016). Bu nedenle, balık tüketiminin oluşturabileceği potansiyel riskleri değerlendirmek açısından, tatlı sularda yerel halk tarafından tüketilen balıklardaki ağır metal konsantrasyonlarının tayin edilmesi önem arz etmektedir (Sönmez ve ark., 2016).

Balıklardaki ağır metal birikimi hem dokulara ve organlara hem de ortamdaki metallerin birbirleriyle olan etkileşimine bağlı olarak değişim gösterir (Pagenkopf,

1983; Cicik, 2003). *Cyprinus carpio* türüyle yapılan bir çalışmada (Cicik, 2003), Cu-Zn karışımından etkilenen doku ve organlardaki metal birikiminin, sadece bakır ve sadece çinkoyla muamelelerdeki birikimden daha az olduğu bildirilmiştir. Bundan yola çıkarak, ortamda bulunan birden fazla metalin toksik etkisindeki artış veya azalış, metallere ait toksik etki mekanizmasındaki farklılığa bağlanmıştır.

Son yıllardaki teknolojik gelişmelerle, nehir, göl ve denizlerdeki kirlilik artış göstermekte, buna bağlı olarak da, bu alanlarda yaşayan organizmalar oluşan kirlilikten etkilenmektedir (Kır ve ark., 2007). Kirliliğe bağlı olarak balıkların dokularında da gerçekleşen ağır metal birikimi, tüketim neticesinde insan vücudunda da birikerek, sinir, bağışıklık ve üreme sistemleri üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Chaiyo ve ark., 2016; Arslan ve ark., 2016).

İçinde bulunduğumuz yüzyılda dünya ülkeleri, gelişen teknolojiyle beraber sürekli artan ve yaşamı olumsuz etkileyen çevre kirliliği sorunuyla karşı karşıyadır. Çevre kirliliğinin artması yeryüzündeki organizmaların yaşam ve beslenme alanlarını, ayrıca besinlerini de tehdit etmektedir (Bayhan ve Ünübol Aypak, 2016). Çevre kirliliğine sebep olan etkenlerin başında erozyon, kentleşmeyle beraber yeşil alanların yok olması, trafik, endüstri alanında kullanılan kimyasallar gelmektedir (Aslan ve ark., 2005; Çavuşoğlu ve ark., 2007). Ayrıca, Çekim ve Dere, (2014)'nin bildirdiğine göre, sanayileşmenin hızlı oluşu, nüfus artışı, altyapının yetersizliği ve sanayi kuruluşlarının arıtım tesisleri konusunda hassas davranmaması da çevre kirliliğini oluşturmaktadır. Kirliliğe sebep olan maddeler arasında ağır metallerin de büyük payı bulunmaktadır (Bayhan ve Ünübol Aypak, 2016). Artan kirliliğe sebep olan ve ekolojik dengeyi bozan endüstri kuruluşları, çoğunlukla çevreye ağır metal içeren atık sular bırakan kuruluşlardır. Arıtımın yeterli ölçüde yapılmaması ve göl, nehir, deniz, okyanus gibi alıcı sucul sistemlere deşarj edilmesi, burada yaşayan ve suyu kullanan organizmalar ve çevreleri için toksik etkiler oluşturmaktadır (Jordao ve ark., 1996; Çekim ve Dere, 2014). Sucul sistemlerin de yer aldığı yaşam ortamlarına çeşitli yollarla giriş yapan ağır metaller bitkiler, hayvanlar ve besin zincirindeki son tüketiciler olan insanlar üzerinde toksik etkilere sebep olmaktadır (Bayhan ve Ünübol Aypak, 2016). Ülkemizde de durum farklı değildir ve son yıllarda giderek artan kirlilik problemlerinin başında ağır metallerden kaynaklanan su kirliliği gelmektedir (Çavuşoğlu ve ark., 2007).

## 1.1 Ağır Metaller

Genel olarak kirliliğe sebep olan kirletici unsurlar tabiatına göre fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirleticiler olarak üçe ayrılmaktadır. Doğaya bilinçli veya bilinçsiz olarak karışabilen, ağır metallerin de içinde bulunduğu kimyasal maddeler ve endüstriyel atıkların sucul sistemlere karışması sonucunda meydana gelen kirlilik kimyasal kirliliktir. Kimyasal kirleticilerden olan ağır metaller, farklı kaynaklardan ortaya çıkmaları, dayanıklı olmaları ve besin zincirine girdiklerinde sucul üreticilerden balıklara kadar artan miktarlarda birikim göstermelerinden dolayı, diğer kimyasal kirleticilere nazaran daha fazla önem arz eden bir durumdadır (Uzunoğlu, 1999; Gökkuş, 2008).

Fiziksel özellikleri bakımından yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$ 'ten daha yüksek olan metaller ağır metallerdir. Bu grup içerisinde kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), kobalt (Co), bakır (Cu), nikel (Ni), civa (Hg), çinko (Zn) gibi metaller bulunmaktadır. Doğal olarak genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde bileşikler olarak ya da silikatlar içinde hapsolmuş şekilde bulunmaktadırlar. Ağır metaller diğer metallere karşılaştırıldığında, belirli bir zaman aralığında canlıların bünyesinde daha fazla birikim göstermektedir ve negatif etkileri giderek artmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Sucul ortamda meydana gelen ağır metal konsantrasyonlarındaki artış, suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinde de değişimlere neden olmaktadır. Sudaki bu değişimlerle birlikte ağır metallere maruz kalan sucul organizmalar, bu metalleri vücutlarında biriktirme eğilimi göstermektedir ve balıklar genellikle diğer organizmalardan daha fazla etkilenmektedir (Güven ve ark., 1999; Henry ve ark., 2004; Mutlu ve ark., 2012; Milošković ve ark., 2014; Yılmaz ve ark., 2016). Bu değişimler, ağır metallerin sucul canlıların doku ve organlarında birikime, metabolik ve fizyolojik olaylarda değişikliğe yol açmaktadır. Bu değişiklikler organizmayı ölümüne sebep olabilecek derecede etkileyebilmektedir (Levesque ve ark., 2002; Çiftçi ve ark., 2017). Akarsu, göl ve denizlerin kirlenmesi, burada yaşayan canlıların yaşamını sınırlandırmakta, bu alanlarda yaşayan canlı türlerinin yok olmasına veya yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmasına sebep olmaktadır (Tekin Özan, 2005; Kır ve ark., 2007). Ayrıca, dikkate değer bir diğer konu da, eğer bir tatlı su kaynağı insanlar

tarafından içme veya sulama suyu olarak kullanılıyorsa, ağır metallerin yüksek düzeyleri oldukça tehlikeli olmaktadır. Su kaynakları içerisinde az miktarlarda bulunsalar bile, ağır metaller, zaman içerisinde canlı bünyesinde toksik olabilecek konsantrasyonlarda birikim göstererek zehirli olabilmektedirler (Ikuta, 1985; Sönmez ve ark., 2016).

Endüstriyel atıklar ve madencilik aktiviteleri gibi etkenler, sucul ekosistemleri etkileyen ağır metallerin potansiyel kaynaklarıdır (Balkıs ve ark., 2007; Mendil ve ark., 2010a; Alkan ve ark., 2012; Alkan ve ark., 2016). Sucul çevrede dağılan yaygın kirleticiler olan ağır metallerle kirlenen sucul alanlar, yıllar içerisinde ciddi bir sağlık kaygısı oluşturmuştur. En yaygın ağır metal kirleticileri arsenik (As), kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve civa (Hg)'dir. Kirletici kaynaklarının farklı tipleri vardır; bunlar, noktasal kaynaklar (bölgesel kirlilik) ve yayılı kaynaklardan gelen çok çıkışlı kirletici kaynaklardır. Bu metallerin bazıları organizmalar için gerekli olsa da, besin zincirindeki mikronutrientler ve bunların yüksek konsantrasyonları toksisiteye, çevresel etkilere sebep olabilmekte, sucul ekosistemi ve burada yaşayan organizmaları tehlikeye sokmaktadır (Parlak ve ark., 2006; Aydın Uncumusaoğlu ve ark., 2016). Metaller, toksik etkileri ve besin zincirine girerek birikmelerinden dolayı sucul ekosistemlerdeki en zararlı kirleticiler arasındadır (Tepe, 2009; Boran ve Altınok, 2010). Demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn) ve selenyum (Se) gibi bazı elementler, biyolojik sistemler içerisindeki önemli rollerinden dolayı esansiyel metaller olarak göz önünde bulundurulmaktadır. Nikel (Ni), vanadyum (V), kobalt (Co) gibi metaller muhtemel esansiyel metaller olarak bilinirler. Kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), civa (Hg) gibi metaller ise, esansiyel olmayan metallerdir. Bu metallerin çok düşük miktarları bile toksik etkiye sahip olabilir (Canlı ve Atlı, 2003; Tüzen, 2003; Uluozlu ve ark., 2007; Turan ve ark., 2009; Mendil ve ark., 2010a; Özden ve ark., 2010; Alkan ve ark., 2016). Sonuç olarak, sucul ortamlarda yaşayan organizmalarda birikerek zararlı seviyelere ulaşır ve canlı hayatını tehdit ederler (Kır ve ark., 2007). Ayrıca, ekosistemdeki bireylerin biyolojik etkinliklerine zarar vererek, besin zincirinde bulunan organizmalar arasındaki dengenin bozulmasına da yol açmaktadırlar (Uzunoğlu, 1999).



## **1.2 Tez Kapsamında Varlığı Araştırılan Elementler**

Melet Irmağı suyu, sedimenti ve balık türlerinin doku ve organlarında araştırılan elementler mangan (Mn), demir (Fe), kobalt (Co), bakır (Cu), çinko (Zn), alüminyum (Al), nikel (Ni), arsenik (As), krom (Cr), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb)'dur.

### **1.2.1 Mangan (Mn)**

İnsan vücudunda miktarı % 0.02'den azdır ve esansiyel eser bir metaldir (Vural, 1984). Yeraltı sularında bulunan mangan (Mn), ortamda oksijen bulunmazsa iki değerlikli haldedir. Yüzeysel sularda, özellikle göl ve barajların dip çamurları içerisinde bulunmakta ve indirgeyici bir ortam oluşması halinde çamurdan suya geçmektedir (Özden, 2008).

Ağır metaller arasında en zehirsiz elementlerdendir. Mangan, sanayi atıkları ile maden cevherlerinin çıkarılması aşamalarında, ayrıca diğer bazı faaliyetler sonucunda doğaya karışır ve organizmalar için zararlı etkiler gösterir. Sucul ekosistemlerdeki canlıların biyolojik aktivitelerini olumsuz yönde etkilediği gibi, besin zincirinde de dengenin bozulmasına yol açmaktadır (Uzunoğlu, 1999).

### **1.2.2 Demir (Fe)**

Demir (Fe), canlı organizmaların tüm hücrelerinde mevcuttur ve birçok biyokimyasal reaksiyonda hayati rol oynamaktadır. Hemoglobin, miyoglobin, sitokrom gibi önemli moleküllerde Fe, oksijenin taşınmasında ve depolanmasında görevlidir. Balıkta bulunan Fe'in formu hakkında fazla bilgi yoktur (Özden, 2008).

Demirin kaynağı ağırlıklı olarak doğadan gelmektedir. Doğada en çok mevcut olan elementlerden birisidir (Turekian ve Wedepohl, 1961). Klorür ve sülfat formlarında denizel ortama giren demir tuzları, çözünerek demir iyonlarını oluşturur ve hidroksil iyonlarıyla birleşerek sedimentte çökerler. Bir kısmı da iyonlar halinde kalmaya devam eder. Oluşan demirhidroksit bileşikleri balıkların solungaçlarında birikerek hem sinirsel depresyonlara yol açar hem de solunumu güçleştirir. Ayrıca, balık yumurtaları üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır (Uzunoğlu, 1999).

### **1.2.3 Kobalt (Co)**

Kobalt, yeryüzünde az bulunan elementlerden biridir. Kobaltın sudaki doğal konsantrasyonlarının 0.3 ile 0.7 mg/L aralığında olduğu durumlarda canlılar için

toksik etkileri bulunmadığı ancak bu değerlerin sınır değerler olmayabileceği bildirilmiştir (Uzunoğlu, 1999).

Akbaş, (2015)'in bildirdiğine göre, kobaltın depo edildiği organlar karaciğer, böbrek, dalak ve pankreasır. Ayrıca, istridye, midye, deniz yosunları ile bakla tohumu, ıspanak, lahana, incir gibi sebze ve meyvelerde de bulunmaktadır. Bazı endüstri kuruluşlarının atık suları vasıtasıyla suya karışmaktadır. Böylece, suda yaşayan ve olduğu ortamda sudan faydalanan canlılar için toksik etkileri olmaktadır (Özden, 2008).

#### **1.2.4 Bakır (Cu)**

Bakır (Cu), doğada oksit, karbonat ve sülfür gibi mineraller halinde bulunmaktadır ve doğadan da önemli miktarlarda gelebilmektedir. Bitkiler, hayvanlar ve insanlar gibi organizmalarda proteinlere bağlanmaktadır. Ayrıca, oksidaz enzimlerinin meydana gelmesinde, bağışıklık sisteminin ve kalp fonksiyonlarının düzenlenmesinde, dokulardaki pigmentasyonda ve omuriliğin miyelinleşmesinde de rol oynamaktadır (Klaasen ve ark., 1999; Akbaş, 2015). Bakır, genel olarak ince bağırsakta emilmektedir. Karaciğerde ise serüloplazmin yapısına girer ve kana salgılanır. Plazma içerisindeki toplam bakırın %95'inden fazlası serüloplazmin yapısındadır ve böylece dokulara kadar taşınmaktadır.

İnsan aktiviteleri sonucunda meydana gelen bakır kirliliği, emisyonla, atmosferik depositlerle, tarım alanlarında kullanılan pestisitlerle, hayvan dışkılarının gübre olarak kullanılmasıyla, ayrıca kömür ve maden yataklarının varlığı dolayısıyla oluşmaktadır (Sosse ve ark., 2004; Aygün Ertürk, 2013). Bunun yanında, Akgün ve ark., (2007)'nin bildirdiğine göre, bakır sülfat tarımsal mücadelede fungusit, herbisit ve algisit olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de de geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ayrıca, bakır önemli miktarda doğadan da kaynaklanabilmektedir.

Bakır (Cu)'ın sularda fazla bulunması, özellikle bakteri, deniz yosunları, mantarlar ve balıklar için zehirleyici etki yapmaktadır. Balıklar tarafından bakırın alınması büyük oranda solungaçlar ve alınan besinlerle olur. Balıkların bakıra maruz kalma süresi arttıkça toksik etkiler meydana gelir ve letal olmayan derişimlerde bakır aktif organ ve dokularda birikir. Balıkta bakırın en fazla depo edildiği organ karaciğerdir (Özden, 2008).

### **1.2.5 Çinko (Zn)**

Çinko, yaklaşık 300 enzimin yapısına girer ve canlılarda normal büyüme ve gelişme için esansiyeldir. Suda ve yemlerin içinde az miktarda bulunması zorunludur. Su ortamında yürütülen çalışmalarda çinkonun sadece yüksek konsantrasyonlarda değil, düşük konsantrasyonlarda da uzun süre maruz kalınması durumunda zararlı olabildiği ortaya koyulmuştur (Özden, 2008).

Akgün ve ark., (2007)'nin bildirdiğine göre, biyolojik olaylarda önemli bir rol oynayan çinkonun sucul sistemlerdeki yüksek konsantrasyonu, başta insan aktiviteleri ve şehirleşmeyle bağlantılıdır ve boya sanayi, madencilik ve çeşitli üretim tesislerinden kaynaklanabilmektedir.

Çinko, yüksek organizasyonlu canlılarda enzim aktivasyonu, kemik oluşumu, bağ dokusu gelişimi, omuriliğin miyelinleşmesi gibi çeşitli yapısal ve metabolik olaylar üzerinde işleve sahiptir (Cicik, 2003). Bunun yanı sıra, çeşitli kan parametrelerini (Dick ve Dixon, 1985), enzim aktivitelerini (Ay ve ark., 1999), büyüme ve gelişmeyi (Dave ve Xiu, 1991) etkilediği de belirlenmiştir (Cicik, 2003).

### **1.2.6 Alüminyum (Al)**

Alüminyum (Al), oksijen ve silikondan sonra dünya üzerinde en yaygın ve en bol bulunan üçüncü metaldir (Sargazi ve ark., 2001; Ščančar ve ark., 2004; Camargo ve ark., 2009; Authman, 2011). Alüminyum reaktif bir elementtir ve doğada asla serbest metal olarak bulunmaz. Diğer elementlerle, en çok da oksijen, silikon ve flor ile birlikte bulunur. Bu kimyasal bileşikler yaygın olarak toprakta, minerallerde, kayalarda ve killerde bulunmaktadır (ATSDR, 2008). Alüminyum, diğer birçok metale benzer, çünkü genel olarak çözünebilir iyonik formda bulunduğu durumda toksik olarak değerlendirilir (Walton ve ark., 2009; Authman, 2011).

Alüminyum toprakta, suda ve havada doğal olarak oluşur. Çevrede yok edilemez, ancak sadece formunu değiştirebilir. Alüminyum içecek kutularında, tencere ve tavalarda yapımında, uçaklarda, çatı ve folyo yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca, kömürle çalışan enerji santralleri ve yakma fırınlarından çevreye küçük miktarlarda da olsa bir miktar alüminyum salınır (ATSDR, 2008).

Deney hayvanlarıyla yapılan çalışmalarda, sinir sisteminin alüminyum toksisitesinin hassas bir hedefi olduğu görülmüştür. Ağızdan alınan yüksek alüminyum dozlarından sonra hayvanlarda belirgin hasar belirtileri görülmemesine rağmen, kavrama güçlükleri ve hareket yeteneklerinde olumsuz değişiklikler gözlemlenmiştir (ATSDR, 2008). Bunun yanında, alüminyum, ciddi ekolojik toksisite olaylarından sorumlu, akuatik ekosistem için zararlı bir metaldir (Correia ve ark., 2010; Authman, 2011).

### **1.2.7 Nikel (Ni)**

Nikel, yer kabuğunda diğer elementlerle bileşikler halinde doğal olarak meydana gelir. Tüm topraklarda bulunmaktadır ve ayrıca volkanik faaliyetlerle de yayılmaktadır. Nikel en bol bulunan 24. elementtir. Çevrede, esas olarak oksitler veya sülfürler olarak oksijen veya kükürt ile birlikte bulunur (ATSDR, 2005). Ancak, doğal yayılımının yanında insan aktivitelerine bağlı olarak da doğada bulunabilmektedir.

Nikel, alaşım yapmak için kullanılan büyük fırınların yığınlarından veya enerji santralleri ve çöp yakma fırınlarından da çevreye bırakılabilir. Bunun yanında, endüstriyel atık sularla da çevreye bırakılabilir. Nikel balıklarda birikim göstermemektedir. Yapılan çalışmalarda bazı bitkilerin nikel alabildiği ve biriktirebildiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, nikel içeren çamur etkisindeki küçük kara hayvanlarında da birikmediği görülmüştür (ATSDR, 2005). Nikelin bilinen biyolojik bir fonksiyonu bulunmamaktadır, ancak orta seviyede zehirleyici özelliğinin olduğu bildirilmiştir (Özden, 2008).

### **1.2.8 Arsenik (As)**

Arsenik, yer kabuğunda yaygın olarak bulunan ve doğal olarak oluşan bir elementtir. Hem bir metalin hem de bir ametalin özelliklerine sahiptir. Bu sebeple, kimyasal olarak bir metaloit olarak sınıflandırılır. Arsenik genellikle oksijen, klor ve kükürt gibi diğer elementlerle bileşik oluşturur. Bu elementlerle birleşen arsenik inorganik arsenik olarak isimlendirilir. Karbon ve hidrojen ile bileşikler oluşturan arsenik ise organik arseniktir.

Arsenik doğal olarak bulunduğundan, havaya, suya ve karaya rüzgarla kalkan toz vasıtasıyla girebilir. Daha sonra sucul sistemlere ve sızıntılarla yeraltı sularına geçer.

Volkanik püskürmeler de başka bir arsenik kaynağıdır. Birçok yaygın arsenik bileşiği suda çözülebilir. Böylelikle arsenik yağmur, kar veya endüstriyel atıkların deşarjı ile çözümlenerek göllere, nehirlere veya yeraltı sularına karışabilir. Bu bileşiklerin bazıları, göl veya nehirlerin dibindeki partiküllere yapışır veya su ile taşınmaya devam eder.

Arsenik çevrede doğal olarak bulunduğundan, yiyecek, içme suyu veya solunum yoluyla canlının vücuduna girmektedir. Organik arsenik bileşiklerinin insanlardaki etkileri hakkında neredeyse hiç bilgi bulunmamaktadır. Deney hayvanlarıyla yapılan çalışmalarda ise, en basit organik arsenik bileşiklerin (metil ve dimetil bileşikleri gibi) inorganik formlardan daha az toksik olduğu belirlenmiştir. Hayvanlarda metil bileşiklerin yutulması ishale neden olabilmekte ve yaşam boyunca maruz kalınırsa böbreklere zarar verebilmektedir (ATSDR, 2007).

### **1.2.9 Krom (Cr)**

Krom (Cr), sedimentte organik maddelere bağlı olarak bulunmaktadır. Kabuklular gibi sedimentin üst kısımlarında veya içerisinde yaşayan birçok canlının sediment vasıtasıyla kromu bünyesine alması oldukça kolaydır (Özden, 2008). Kromun kontamine olmuş sularda anyonlar ve katyonlar şeklinde bulunduğu bildirilmiştir (Uzunoğlu, 1999).

Krom, elektrokaplama, deri tabaklama, tekstil üretimi ve krom bazlı ürünlerin üretiminde krom kullanan endüstrilerden salındıktan sonra, havaya, toprağa ve suya karışmaktadır. Ayrıca, doğal gaz, petrol veya kömürün yakılmasıyla da çevreye salınabilir. Krom (VI) bileşiklerinin deney hayvanları tarafından alınmasından sonra görülen temel sağlık problemleri mide, ince bağırsak (tahriş ve ülser) ve kan (anemi) dokusunda saptanmıştır. Krom (III) bileşikleri ise çok daha az toksiktir (ATSDR, 2012a).

### **1.2.10 Kadmiyum (Cd)**

Kadmiyum (Cd), suda çözünme özelliği en fazla olan elementtir. Bu sebeple doğadaki yayılımı da hızlı olmaktadır. Suda  $Cd^{+2}$  halinde, sucul organizmalar tarafından biyolojik sistemlere alınır ve akümüle olur (Özden, 2008). Kadmiyum ayrıca, sindirim ve solunum sistemleri aracılığıyla da kolayca vücutta biriktiği ve oldukça zehirli bir metal olduğu bildirilmiştir (Akgün ve ark., 2007). Suda yaşayan canlılar kadmiyumun yüksek konsantrasyonlarına karşı hassastır. Demir dışı metal

madenciliği ile fosfat gübrelerinin üretimi ve uygulanması, fosil yakıtların yakılması, diğer atıkların yakılması ve bertarafı, çevredeki temel antropojenik kadmiyum kaynaklarıdır. Kadmiyum yayan endüstrilere yakın su kaynaklarında ve suda yaşayan organizmalarda belirgin bir kadmiyum artışı olduğu belirlenmiştir (ATSDR, 2012b). Organizmalar üzerindeki bir çok olumsuz etkisinden birisi de üremeyi etkilemesidir. Yapılan çalışmalarda belirtildiği üzere, suda çinko ve bakır gibi ağır metallerin de varlığı, kadmiyumun zehir etkisini arttırmaktadır (Akgün ve ark., 2007).

### **1.2.11 Kurşun (Pb)**

Hem doğada hem de kullanım alanlarına bağlı olarak endüstriyel bir takım faaliyetler sonucunda, doğal çevrede sıklıkla rastlanan, rengi mavimsi veya gümüşü olabilen bir metaldir (Aygün Ertürk, 2013). Kurşun (Pb), çevreye çeşitli sebeplerle giriş yaptığında, diğer birçok metale göre doğada daha uzun kalmaktadır. Kurşun aynı zamanda bütün sucul organizmalar için toksiktir. Sedimentte bağlı olarak bulunan kurşunun, dip canlıları tarafından bünyelerine alındığı ve birikime sebep olabildiği belirtilmektedir (Özden, 2008).

Düşük konsantrasyonlarının bile toksik etkiye sebep olduğu bilinen kurşun (Pb), levha, tel ve kablo imalatında, patlayıcı fitili üretiminde, kauçuk sanayisinde yaygın olarak kullanılan bir metaldir (Dündar ve Aslan, 2005). Çiftçi ve ark., (2017)'nin bildirdiğine göre, kurşunun da balıklar üzerinde birçok etkisi bulunmaktadır. Yumurta sarısının emilimi ve yumurtadan çıkma oranında azalmaya sebep olarak üremeyi olumsuz etkilediği, iskelet ve dolaşım sistemlerinde bozukluklara neden olduğu belirtilmiştir.

### **1.3 Genotoksikoloji**

Nehirlerin kirlilik düzeylerinin araştırılmasının temelinde, arıtılmadan veya arıtımının sağlıklı bir şekilde yapılmadan, nehir sularına karışan evsel ve endüstriyel atıkların birikmesi, dolayısıyla da nehirlerde yaşayan birçok canlının yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalması yatmaktadır (Minareci ve ark., 2004). Ağır metal kaynaklı su kirliliği, son yıllarda sağlıkla ilgili ciddi bir sorun haline gelmiştir. Sucul çevre, ağır metal kirliliğinin zararlı etkilerine daha duyarlıdır, çünkü sucul organizmalar, çözünür olan metallerle yakın ve geniş bir etkileşimdedirler. Balıklar, metal kirliliğinin etkisi için, sucul ekosistemlerde en önemli indikatörlerden biri

olarak değerlendirilebilir. Balıklar, sıklıkla, sucul ekosistemlerdeki besin zincirinin en üstündedir ve kirlenmiş sulardaki toksik iz elementleri biriktirebilirler (Mansour ve Sidky, 2002; Zhuang ve ark., 2013; Kayhan ve ark., 2015; Yılmaz ve ark., 2016). Balıkların, insan diyetinin devamlı bir bileşeni olarak, belirli ağır metallerin tehlikeli bir kaynağını temsil edebildiği iyi bilinmektedir (Özparlak ve ark., 2012; Yılmaz ve ark., 2016).

Ağır metallerin sucul organizmalardaki birikimi ve toksik etkileri, organizmaya bağlı olarak da değişim göstermektedir (Cicik, 2003). Kirliliğin gözlemlendiği alanlarda ağır metaller birlikte bulunurlar. Dolayısıyla, organizmalardaki birikimleri ve toksik etkileri metallere bağlı olarak değişim gösterir. Bu nedenle, metal karışımların doğal ortamlardaki derişimlerinin balıklar üzerindeki etkisinin belirlenmesi gereklidir. Balıklarda, biyolojik işlevlere bağlı olarak biriken ağır metallerin, biriktiği doku ve organların doğal sulardaki kirlenmenin biyolojik indikatörleri olabileceği belirtilmektedir (Handy, 1992; Cicik, 2003). Bunun yanında, bu elementlerin sucul sistemlerdeki karışımlarının etkisindeki balıkların doku ve organlarındaki konsantrasyonlarının incelenmesi, metallerin vücuttaki biyotransformasyonu, atılımı ve kontaminasyonun değerlendirilmesi bakımından da önem taşımaktadır (Wicklund ve ark., 1988; Cicik, 2003).

Kirleticiler, organizmaları farklı şekillerde etkileyebilir. Bu kirleticilerin birçoğu toksiktir ve bazıları da kromatin metabolizmasındaki dengenin değişmesi yoluyla genomik kararlılığın kaybına sebep olabilir. Bunlar, genotoksikler olarak sınıflandırılırlar (Barlow ve ark., 2006; Marple ve ark., 2004; Factori ve ark., 2014). Çeşitli maddeler, DNA ile doğrudan lezyonlara sebep olan (Butterworth, 2006) ya da DNA tamirini engelleyen (Marple ve ark., 2004), sonradan mutasyonlara, kromozom sayılarındaki anormalliklere ve/veya değişikliklere sebep olan (Butterworth, 2006) etkiler gösterirler (Factori ve ark., 2014). Bazı genotoksik ajanlar, kansere yol açma potansiyeline sahiptir (Butterworth, 2006; Factori ve ark., 2014).

Akuatik ortam, endüstriyel, tarımsal ve kentsel atıkların tahliyesinden kaynaklı olarak artan miktarlardaki kirleticilerin temel alıcısıdır. Bu kompleks karışımda bulunan çok sayıdaki kirleticinin, insanoğlunu da kapsayacak şekilde, tüm organizmalarda, popülasyon, komünite ve ekosistem düzeyinde görülebilen, organ

fonksiyonlarını, üreme durumlarını, popülasyon büyüklüğünü ve türün hayatta kalmasını etkileme gibi birçok sonuçlar doğurabilen etkileri bulunmaktadır ve bu sebeple biyoçeşitliliği de etkilemektedir (Bickham ve ark., 2000; Dixon ve ark., 2002; Bolognesi ve Hayashi, 2011). Bu kirleticiler arasında yer alan kanserojenik (kansere yol açan) ve mutajenik bileşikler, bireysel olarak etkin olmanın ötesinde, bir hasar oluşturabilme ve izleyen jenerasyon yoluyla aktif şekilde devam edebilme etkilerinden dolayı en sorunlu ve problemlilerdir (Bolognesi ve Hayashi, 2011).

#### **1.4 Genotoksisite Uygulamaları**

Besin zinciri dikkate alındığında, sitogenetik analizler, sucul organizmalar için gereklidir. Çünkü insanlar hayatları boyunca, hem su hem de sucul besinler içerisindeki çok sayıda ksenobiyotiğe (Udroiu, 2006) ve ağır metallerle maruz kalırlar. Genotoksisite biyobiyobelirteçlerinin indikatör organizmalardaki uygulamaları, mutajenik risk değerlendirmesine, kirletici kaynaklarının ve bu kaynakların geleceğinin saptanmasına izin verir.

##### **1.4.1 Comet Analizi**

Son zamanlarda, comet analizi genotoksik değerlendirmelerde büyük ölçüde kullanılmaktadır. Ayrıca bakteriden insana farklı modellere, farklı dokulara ve hücrelere uygulanabilir. Aynı zamanda, maddelerin ve çevresel şartların (kara, su ve hava ile ilgili) genotoksik potansiyelini değerlendirmeyi de amaçlamaktadır (Dhawan ve ark., 2009; Díaz ve ark., 2009; Prá ve ark., 2005; Kammann ve ark., 2001, 2004; Sriussadaporn ve ark., 2003; Poli ve ark., 1999; Factori ve ark., 2014). Comet analizi basit, çok yönlü, hızlı uygulanabilme, görülebilme ve DNA hasarlarını belirlemede oldukça hassas olması bakımından değerli bir araç olarak görülmektedir (Dhawan ve ark., 2009; Factori ve ark., 2014).

Biyolojik izleme için balıklar gibi organizmaların kullanımı, kirleticilerin potansiyel etkilerini tahmin etmek için hassas bir uygulama sağlamaktadır. Balıklarda sitogenetik analizlerin kullanıldığı genotoksisite çalışmaları, bu organizmaların hassaslığını kanıtlamaktadır (Al-Sabti ve Metcalfe, 1995; Çavaş ve ark., 2005). Balıklar, sucul kirliliğin izlenmesinde yaygın olarak kullanılır, çünkü toksik maddeleri biriktiren, çevresel kirletici ve mutajenlerin düşük konsantrasyonlarına dahi tepki gösteren ve geniş yayılımları olan sucul organizmalardır (Al-Sabti ve



Metcalf, 1995; Russo ve ark., 2004; Klobučar ve ark., 2010). Buna ek olarak, balıklar kimyasal maddelere yüksek omurgalılara benzer şekilde cevap verir. Bu nedenle, model sistem olarak balıkların kullanıldığı *in vivo* genotoksisite testlerinin gelişimine olan ilgi her geçen gün artış göstermektedir (Powers, 1989; Klobučar ve ark., 2010). Çevresel kirleticilerin toksik etkilerini belirten bir indikatör olarak, çevresel değerlendirmede kullanılan biyomarker çalışmaları, son yıllarda önemli ve zorunlu bir hale gelmiştir. Biyokimyasal düzeydeki değişiklikler, çevresel değişimlere organizmanın “erken uyarı” cevabıdır ve bu cevaplar son derece önemlidir (Andersson ve ark., 1993; Çok ve ark., 2011).

Sucul organizmaların buldukları ortamda çevresel kirleticilere maruz kalması, ya doğrudan genotoksisiteyle ya da hücresel stresin uyarılması yollarıyla, genellikle genotoksik hasarla sonuçlanır (Klobučar ve ark., 2010). Son yıllarda, genotoksisitenin hassas bir indikatörü olarak DNA tek dizi kırıklarının ölçümüne ilgi gösterilmektedir. Tek dizi kırıklarının sayısı, mutajenik ve kanserojen karaktere sahip farklı tipte çevresel kirleticilerle ilişkilidir (Calderón-Garcidueñas ve ark., 1997; Mitchelmore ve Chipman, 1998; Çok ve ark., 2011). DNA dizi kırıklarının sayısını ölçmede kullanılan tek hücre jel elektroforezi (Comet analizi), değişik tipte DNA hasarları ve tamirlerinin değerlendirmesinde kullanışlı bir yöntem olarak genetik toksikoloji ve biyoizleme çalışmalarında yer bulmuştur (de Andrade ve ark., 2004a; Piperakis ve ark., 2006; Cornetta ve ark., 2008). Özellikle memeli hücrelerindeki DNA hasarının ölçümünde kullanılan Comet tekniği, bugün balıkları da kapsayan birçok tip organizma ve hücreye uygulanabilmektedir (Çok ve ark., 2011).

Çevresel toksinlerin genotoksik etkileri geniş bir ölçekte hem *in vitro* hem de *in vivo* biyobelirteç yöntemleri kullanılarak izlenebilir, fakat Comet analizi, çalışmayı tamamlamak için ihtiyaç duyulan sürenin kısa olması, sitogenetik ve DNA hasarlarını saptamadaki hassasiyetlerinden dolayı akuatik toksisite araştırmalarında son dönemlerde diğer yöntemlerin üstünde bir popülerite kazanmıştır (Al-Sabti ve Metcalf, 1995; Tice ve ark., 2000; Çavaş ve Könen, 2007; Çavaş ve Könen, 2008; Bopp ve ark., 2008).

Çevresel kirlilik ve genotoksik ajanlara maruz kalma sebebiyle organizmaların hücrelerinde bulunan genetik materyalin etkilenmesi söz konusudur. Bunun

sonucunda ise DNA kırıkları meydana gelmektedir. Birçok karsinojenik ve mutajenik ajan DNA hasarına yol açmaktadır (Al-Sabti, 1994). Comet analizi, genotoksik ve karsinojenik maddelerin genetik materyal üzerindeki etkisini ortaya çıkaran bir testtir. Besinle alınan doğal bileşikler dışında kalan ve çeşitli yollarla canlı vücuduna giren kimyasal maddeler olan ksenobiyotiklerin, canlılar üzerinde oluşturduğu etkilerin hızlı, doğru ve etkin bir şekilde belirlenmesinde kullanılır. Comet analizi aynı zamanda, çevresel kirlenmenin canlılar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi ve belirli maddelerin farklı doz ve sürelerde uygulanmasına dayanan çalışmalarda kullanılır. DNA üzerinde stres faktörlerinin hasar oluşturup oluşturmadığı, eğer varsa hasar derecesinin ne olduğunu bilmek, hem doğaya duyarlılık açısından hem de hedef organizmanın geleceği açısından önemlidir (Güner ve Gökcalp Muranlı, 2013).

Comet testinin genetik toksikolojide kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Aynı zamanda, çevresel risk analizi, kirliliğin belirlenmesi ve sucul ortamların analizinde de önemi gitgide anlaşılmaktadır. Özellikle ekotoksikolojik çalışmalarda, hem uygulama yönünden hem de analizinin kolaylığından dolayı test materyali olarak balıklar tercih edilmektedir. Test edilmek istenen maddelerin, kontrollü ortamlarda verilebilmesi ve diğer deney hayvanlarına göre daha kolay ve fazla sayıda temin edilebilmesi, balıkların test materyali olarak kullanımını arttırmaktadır (Güner ve Gökcalp Muranlı, 2013). Aynı zamanda, çok sayıda organizma, doku ve hücre tipine uygulanmaktadır. Solungaç, karaciğer gibi dokularda yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Rajaguru ve ark., 2003; Kumar ve ark., 2013; Poletta ve ark., 2013). Eritrositlerin kullanımının kolaylığı, hücre sayısının fazla oluşu ve balıkların çekirdekli eritrositlere sahip olmasından dolayı, birçok araştırmada balık kanının çalışılması tercih edilmektedir.

Temel amaç ise, seçilen ağır metallerin maruziyet süresi arttıkça balıkta gözlemlenecek genotoksik etkilerini tespit etmek ve ileride, hem kolay hem de hızlı olan bu test tekniğinin (Çavaş, 2011; Güner ve Gökcalp Muranlı, 2013) hassaslığını ve nihayet genotoksik çevresel kirlenmeler için, biyolojik izlemeye uygunluğunu değerlendirmektir. Comet testi, kimyasal risk değerlendirmesi, sucul organizmaların izlenmesi ve genotoksik etkilerin tespitinde kullanılan bir metottur (Simoniello ve ark., 2009; Güner ve Gökcalp Muranlı, 2013). Oluşan genetik değişiklikler,

genotoksik birer belirteç olarak kullanılabilir. Comet testinin, genotoksik etkiye sahip maddelerin bulunduğu ortamlar için erken uyarı sistemi olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Çok ve ark., 2011; Güner ve Gökçalp Muranlı, 2013).

#### 1.4.2 Mikronükleus (MN) Testi

Mikronükleus (MN) testi, hücre ömrü boyunca biriken genetik hasarın bir dizisi olarak, kirleticilerin kompleks karışımına karşı bütünleşmiş yanıtı tespit etmek için en uygun tekniklerden biridir. MN analizi, bugün büyük ölçüde, hem doğal (Russo ve ark., 2004; Çok ve ark., 2011) hem de yetiştiriciliği yapılan türlerde uygulanmaktadır (Kammann ve ark., 2004). Kirleticilerle kontamine olmuş su ortamlarının genotoksik etkileri üzerinde yapılan çalışmaların büyük bir kısmı, çift kabuklular ve balık türlerinin kullanımıyla gerçekleştirilmektedir. Çift kabuklularda MN tayini için en sık dikkate alınan hedef dokular hemositler ve solungaç hücreleridir. MN testi geniş ölçüde *Mytilus* cinsinden çift kabuklular kullanılarak çok sayıda alan çalışmasında başarılı bir şekilde uygulanmış ve onaylanmıştır (Bolognesi ve Hayashi, 2011). Balıklarda mikronükleus, eritrositler, solungaçlar, böbrek, karaciğer ve yüzgeç hücreleri gibi farklı hücre tiplerinde görselleştirilmiştir. Kompleks hücre preparasyonunu ve canlıların öldürülmesini engellediği için periferik eritrositlerin kullanımı daha yaygındır. Balık eritrositlerinde MN testi, farklı türlerdeki balıkları laboratuvar şartlarında çok sayıda genotoksik ajana maruz bırakarak doğrulanmıştır. Balık eritrositlerinde MN testi de, yaygın şekilde ve sıklıkla, farklı periyotlarda genotoksik ajanlara maruz kalan doğal ve kafes türleri üzerinde izlenerek *in situ* tatlı su ve deniz ortamlarının genotoksitesini değerlendirmek için uygulanmaktadır. MN indüksiyonundaki hassaslıkta, türler arası büyük farklılıklar gözlemlenmiştir. Dahası, doğrulama çalışmalarına, farklı tipte nükleer değişikliklerin daha iyi karakterize edilmesi, türler ve bireyler arası değişkenlikte biyotik ve abiyotik faktörlerin rolününün daha iyi açıklanması amacıyla ihtiyaç duyulmaktadır (Bolognesi ve Hayashi, 2011).

Mikronükleus (MN) testi, kimyasal ve fiziksel ajanlar yoluyla tetiklenen sitogenetik hasarı belirlemede, yaygın biçimde kullanılmaktadır. Özellikle, sucül ortamda var olan bileşiklerin genotoksik niteliklerini tespit etmeye izin verir. Şimdiye kadar yayınlanan birçok çalışmada, memeli türleri (özellikle kemirgenler) üzerinde bu

analiz uygulanmış olsa da, mikronükleus testi, memeli olmayan türlerden alınan örneklerle de kullanışlı bir analiz olduğunu göstermiştir (Udroiu, 2006). Temel olarak, memeli türlerinde geliştirilen (Heddle ve ark., 1983) MN analizi, bugün büyük ölçüde balıklar, midyeler, deniz kestaneleri, istiridyeler, yengeçler ve solucanlar ile doğal ortamlarında yaşayan veya nakledilmiş hayvanları da içeren diğer sucul türlere de uygulanmaktadır (Bolognesi ve Hayashi, 2011).

Mikronükleus testi, genotoksisite uygulamaları için yararlı bir *in vivo* analiz olarak görülmektedir (Udroiu, 2006). Mikronükleus (MN) testi, kolaylığından dolayı, çevredeki organizmalarda genomik değişimleri tanımlamak için en uygulanabilir tekniklerden biridir. Bu prosedür, bazı akuatik organizmaların küçük kromozomlarının analizinin zor olduğu göz önünde bulundurulursa, teknik olarak, metafazdaki kromozomal anormalliklerin mikroskopik analizinden daha kolay ve daha hızlıdır. Bu analiz, karyotipine bakmaksızın, herhangi bir hücre popülasyonu artışının, interfaz hücrelerini hedef alır. Bu yüzden, biyobelirteçler, çevresel biyoizlem programlarında geniş ölçüde değerlendirilir (Bolognesi ve Hayashi, 2011). Bununla birlikte, protokolündeki birçok adım, farklı organizmalara göre revize edilmeye ihtiyaç duymaktadır. Karışıklığa neden olan faktörlere ait bilgiler geliştirilmelidir ve türler arası farklılıklar daha ileri araştırmalara gereksinim duymaktadır (Udroiu, 2006).

Hem ksenobiyotiklerin genotoksisitesini değerlendirmek amaçlı laboratuvar araştırmaları, hem de su kalitesini incelemek amaçlı *in situ* çalışmalar, birçok omurgasız türünü, amfibileri, Gadiformes, Pleuronectiformes, Perciformes, Characiformes, Anguilliformes, Cypriniformes, Salmoniformes, Siluriformes gibi (Belpaeme ve ark., 1998; Udroiu, 2006) balık familyalarını kapsamaktadır. Kirli ortamların genotoksik etkileri üzerine çok sayıda çalışmalar ve programlar bulunmakla birlikte, bunların uygulamaları çift kabuklular ve balıkların kullanımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalarda balıkların kullanımı, sucul besin zincirindeki rollerinden ve amaca uygun biyoindikatörler oluşlarından dolayı uygundur.

#### **1.4.2.1 Mikronükleus Oluşumu**

Mikronükleuslar, hücre bölünmesi sürecinde oluşur ve oluşumları, hücre döngüsü kinetikleri ve giriş mekanizmasına dayanan DNA hasarı olayından sonra, farklı

zamanlarda meydana gelebilir (Bolognesi ve Hayashi, 2011). Mikronükleuslar, bir bütün kromozomun ya da bir kromozom fragmentinin, mitoz sırasında oluşan iki kardeş çekirdekten biriyle göç etmediğinde meydana gelir. İlk durum (kromozom kaybı), iğ ipliğiyle ilişkili anöjenik bir olaydan dolayıyken, ikincisi kromozom kopmalarından sonra gerçekleşir. Bu ilaveler, hem somatik hem de germinal, herhangi bir tür hücrede görülebilir. Bu nedenle, mikronükleus testi herhangi aktif bir dokuda uygulanabilir (Udroiu, 2006).

#### **1.4.2.2 Balıklarda Mikronükleus (MN) Testi**

Balıklar, toksik ajanlara ve ksenobiyotiklere, memeliler gibi yüksek omurgalılara benzer şekilde tepki gösterirler. Bu nedenle de, insanlar için potansiyel olarak tehlikeli olan maddelerin değerlendirilmesine, kimyasal ve fiziksel ajanların muhtemel genotoksik özelliklerinin test edilmesine izin verebilirler (Udroiu, 2006; Bolognesi ve Hayashi, 2011). Bununla birlikte, bazı olumsuzluklar da söz konusudur. Bolognesi ve Hayashi, (2011)'nin bildirdiğine göre, hücredeki düşük miktar DNA, çok sayıda küçük kromozomlar (Ojima ve ark., 1976) ve birçok balık türünde görülebilen düşük mitotik aktivite, kromozomal hasarın metafaz analizini ve kardeş kromatid değişimlerini olumsuz anlamda etkiler. MN testi, kullanılan türün karyotipi ne olursa olsun, çoğalan herhangi bir hücre popülasyonunda uygulanabilme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, alan çalışmalarında olduğu kadar, laboratuvarında kompleks çevresel karışımların ve ksenobiyotik ajanların genotoksik aktivitelerini değerlendirmek için de, balıklarda başarılı bir şekilde uygulanır (Bolognesi ve Hayashi, 2011). Balıklarda aflatoksin B1, poliklorlu bifeniller (PCB), benzopiren, kadmiyum, krom, civa, selenyum, mitomisin C, siklofosamid ve X ışınlarının genotoksik potansiyelini değerlendirmede mikronükleus (MN) testi başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu analizi uygulamak için, solungaç, yüzgeç, böbrek ve karaciğer hücreleri ile periferik eritrositler (Al-Sabti ve Metcalfe, 1995; Hayashi ve ark., 1998; Arkhipchuk ve Garanko, 2005) gibi farklı balık hücresi tipleri değerlendirilmektedir (Udroiu, 2006; Bolognesi ve Hayashi, 2011). Solungaç epiteli, tüm su kaynaklı kirleticiler için temel hedefdir ve çevresel kirleticilerle uyarılan sitogenetik etkiler için yüksek hassaslık gösterir (Hayashi ve ark., 1998). Ancak, MN analizi için solungaç hücrelerinin izolasyonu kompleks deneysel protokollere ihtiyaç duyar ve balığın öldürülmesini de gerektirir (Bolognesi ve Hayashi, 2011). Bu

sebeple, hem uygulama rahatlığı hem de daha hızlı sonuç vermesi açısından balıklarda genellikle tercih edilen periferal kan hücreleridir. Eritrositler üzerindeki bu analizin uygulaması, özellikle kan örnekleriyle, sonrasında binlerce sayılabilir hücre mevcut olduğundan çok yaygındır (Udroiu, 2006). Çekirdekli eritrositler, balık MN testinde sıklıkla kullanılan hücrelerdir. Periferal eritrositlerin kullanımı, hücre preparasyonu ile ilişkili karmaşık prosedürleri ve hayvanların öldürülmesini önlemektedir (Bolognesi ve Hayashi, 2011). Eritrositleri üreten hızlı çoğalan dokular, kan yapan organlarda oluşturulmaktadır. Balıklarda bulunan baş böbrek, vucutta kan üretiminin yapıldığı tek organ değildir, ancak esas kan üretici organdır. Örneğin, Chondrichthyes, Dipneustei ve birçok kemikli balıkta dalak hemopoiezi (kan üretimi) varken, Agnatha intestinal kan üretimi (hemopoiesis) gösterir (Tanaka, 1998). Hatta *Perca fluviatilis*'de dalak, tek kan üretme yeridir (Catton, 1951). Kan üretiminin minör bölgeleri timus, kalbin endoteliumu ve kan damarlarıdır (Soldatov, 1995; Udroiu, 2006). İlk olarak *Umbra pygmaea* (Hooftman ve de Raat, 1982) türünde geliştirilen eritrosit MN testi, birçok çalışmada doğrulanmıştır (Al-Sabti ve Metcalfe, 1995; Hayashi ve ark., 1998; Carrasco ve ark, 1990; Bolognesi ve Hayashi, 2011). Doğrudan çevreyle temas halinde olan yüzgeç hücrelerinin kullanımı da önerilmektedir (Arkhipchuk ve Garanko, 2005; Bolognesi ve Hayashi, 2011). Epitel hücre bölünmesinin uyarılması, kuyruk yüzgecinin kenarına / ucuna zarar verme yoluyla elde edilir (Udroiu, 2006). Bu amaçla, yüzgeç dokuları kesildikten sonra yenilenme geçirmek için MN oluşturulabilecek süre boyunca inkübe edilirler (Bolognesi ve Hayashi, 2011). Protokollerin karmaşıklığı çevresel izlemedeki uygulamaları sınırlasa da, iki çekirdekli bloklama tekniği de balık karaciğer hücrelerinde başarılı bir şekilde geliştirilmiştir (Al-Sabti, 1994; Bolognesi ve Hayashi, 2011). Karaciğerde, hücresel çoğalma alil formata maruz bırakma yoluyla uyarılabilir. Karaciğer mikronükleusu testi özellikle, genotoksik hale gelene kadar metabolik aktivasyona ihtiyaç duyan bu gibi kimyasallar için özelleştirilmiştir. Kanserojen maddelerin balıklardaki hepatik aktivasyonunun, bir memeli ile benzer şekilde olduğu bildirilmiştir (Udroiu, 2006).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan literatür araştırmalarında çalışma konusunu ve çalışma alanının tamamını içeren benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, Melet Irmağı üzerinde araştırmacılar tarafından yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Melet Irmağı türleri için daha önce yapılmış genotoksisite belirleme çalışması bulunmamasına rağmen, Melet Havzası'nın bitki örtüsü ve toprak özelliklerinin, balık faunasının, ırmakta yaşayan bazı balık türlerinin yaş ve büyüme özelliklerinin, ırmağın fiziko-kimyasal özelliklerinin ve su kalitesinin, su, sediment ve bazı bitkisel organizmaların organlarındaki ağır metal tespitinin ve jeomorfolojik özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili çalışmalar literatürde mevcuttur.

Tüfekçioğlu, (1995) Melet Irmağı Havza'sında yer alan orman ekosistemlerinin yükselti ve bakı durumlarına göre değişiklik gösteren bitki örtüsü ve toprak özelliklerini incelemiştir. Deneme alanlarının bitki örtüleri ile toprağı örtme dereceleri belirlenmiş, bu alanlardaki bitki türleri tespit edilmiştir.

Özerk, (2004) yaptığı çalışmada, Melet Irmağı Havza'sının hidrojeolojik özelliklerini incelemiştir. Ağır metal analizleri sonuçlarının, Melet Irmağı ve ona bağlanan kollarının havza içerisinde faaliyet gösteren maden işletmelerinden etkilendiğini bildirmiştir. Havzadan alınan örnekler incelendiğinde, iki örnekte TS-266 ve WHO tarafından bildirilen kurşun konsantrasyonunun üst sınır değerini aştığı, üç örnekte ise, demir elementinin WHO tarafından izin verilen üst sınır değerin üzerinde olduğu belirtilmiştir. Yine mangan konsantrasyonunun da beş örnekte WHO tarafından bildirilen limit değerden yüksek olduğu görülmüştür. Melet Irmağı sedimentinden alınan örneklerde de, ağır metal içeriğinin önemli boyutlarda olduğu bildirilmiş, bu örneklerde özellikle kurşun, çinko ve baryumun yanısıra, vanadyum, rubidyum ve stronsiyum elementlerine de yüksek miktarlarda rastlanılmıştır. Ayrıca yapılan mikrobiyolojik analizlerin sonucunda, akarsuyun özellikle evsel ve hayvansal atıklarla kirletildiği vurgulanmıştır.

Turan ve ark., (2008) Melet Irmağı'nın balık faunasını belirlemek üzere yaptıkları çalışmada, 3 familyaya ait 7 tür tespit edilmiştir. Bu türler *Barbus tauricus* (% 50), *Vimba vimba* (% 14), *Capoeta banarescui* (% 14) *Neogobius kessleri* (% 9),

*Neogobius fluviatilis* (% 8), *Leuciscus cephalus* (% 4) ve *Mugil cephalus* (% 1) türleridir.

Hatipoğlu, (2012) yaptığı çalışmada, Doğu Karadeniz Bölümü'nde bulunan Melet Irmağı ve Turnasuyu Deresi'nin arasındaki kıyı alanının jeomorfolojik özelliklerini incelemiştir. Anakayanın çoğunlukla volkanik ve tortul kayalar ayrıca alüvyonlardan oluştuğunu, araştırılan alanda alüvyal, kolüvyal ve gri kahverengi podzolik topraklar geliştiğini bildirmiştir.

Kurucu ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, Melet Irmağı'nın Topçam Barajı ile deniz arasındaki mevkiden yakaladıkları *Capoeta banarescui* bireylerinin bazı meristik ve morfometrik özelliklerini incelemiştir. Çeşitli boy sınıflarına ait rastgele seçilen bireyler üzerinde total, çatal ve standart boylar ile her bir bireyden alınan 43 metrik uzunluk ölçülmüş ve dorsal, ventral, anal ve pektoral yüzgeç ışın sayıları ile Linea lateral ve Linea transversal pul sayıları sayılmıştır. Bulunan değerlere göre, en değişken özellik kaudal pedünkül boyunda (%VK=25.05) iken, en az değişkenlik göz çapı (%VK=12.28) ve pupil çapında (%VK=12.87) tespit edilmiştir.

Candan ve Taş, (2014) yaptıkları çalışmada, Melet Irmağı üzerinde belirledikleri dört farklı istasyondan toplanan *Cladophora crispata* örneklerindeki kadmiyum, kobalt, krom, bakır, kurşun, nikel, demir ve çinko konsantrasyonlarını belirlemiştir. Belirlenen ikinci istasyonun bakır, kurşun ve çinko maden işletmesine yakın olmasından dolayı ikinci istasyondaki *Cladophora crispata* örneklerinde kurşun değerleri diğer istasyonlarda belirlenen değerlerle karşılaştırıldığında, değerler arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Taş ve Kurt, (2014) aşağı Melet Irmağı'nda gerçekleştirdikleri çalışmalarında, havzanın diyatomeler dışındaki epipelik alg çeşitliliğini belirlemiştir. Epipelik alg florasında 63 takson tespit edilmiştir. İndikatör algler göz önünde bulundurularak değerlendirme yapıldığında, Melet Irmağı'nın su kalitesinin aşağı havzada  $\alpha$ -mezosaprobik bölge, yani III. sınıf su kalitesi özelliği taşıdığı bildirilmiştir.

Kontaş ve ark., (2015) Melet Irmağı'nın Topçam Barajı ile deniz arasında kalan kısımdan örneklenen *Barbus tauricus* bireylerinin morfometrik ve meristik özellikleri değerlendirmiştir. Örneklerin total, çatal ve standart boyları ile



vücutlarının farklı bölgelerine ait 43 metrik uzunluk ölçülmüştür. Ayrıca, dorsal, ventral, anal ve pektoral yüzgeç ışın sayıları, Linea lateral ve Linea transversal pul sayıları sayılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, en değişken özellikler, kaudal yüzgeç yüksekliği (31.97; %VK) ve rostral barbel uzunluğu (31.85; %VK) olarak belirlenmiştir. En az değişkenlik ise, göz çapında (16.91; %VK) tespit edilmiştir.

Kontaş ve Bostancı, (2015a) aşağı Melet Irmağı'ndan Temmuz 2010 - Ekim 2011 tarihleri arasında örneklenen bıyıklı balık (*B. tauricus* Kessler, 1877) bireylerinde yaş tayini için güvenilir kemiksi yapıyı belirlemişlerdir. Ayrıca, boy ve ağırlık dağılımları, boy-ağırlık ilişkileri ve kondisyon faktörü belirlenmiştir. Tüm bireylerin çatal boy ve ağırlıkları sırasıyla 6.575-21.3 cm ve 4.03-122.83 g arasında dağılım göstermektedir. Tüm örnekler için boy-ağırlık ilişkisi  $W=0.016CB^{2.904}$ ; ortalama kondisyon faktörü değeri ise 1.2653 olarak hesaplanmıştır. Yaş tayininde kullanılacak en güvenilir kemiksi yapının belirlenmesi amacıyla pul, omur, asteriskus ve lapillus otolitleri alınmıştır. En yüksek yüzde uyum (% 68.3), en düşük ortalama yüzde hata (% 5.14) ve değişim katsayısı (% 9.74) omur için elde edildiğinden, Melet Irmağı'ndaki bıyıklı balıkların yaş tayini için en güvenilir kemiksi yapının omur olduğu tespit edilmiştir. Dişi bireyler I-V, erkek bireyler I-IV arası yaşlarda tespit edilmiştir. Tüm örnekler için von Bertalanffy büyüme denklemi  $L_t = 25.6 [ 1 - e^{-0.3339(t+0.0204)} ]$  olarak saptanmıştır.

Kontaş ve Bostancı, (2015b) aşağı Melet Irmağı'ndan örneklenen *B. tauricus* bireylerinin otolit morfolojisi ve biyometrisinin belirlenmesi amacıyla asteriskus ve lapillus otolitleri incelenmiştir. Otolit ağırlığı (g), boyu (mm), genişliği (mm), çevresi (mm), alanı (mm<sup>2</sup>) sağ ve sol otolit çiftlerinde ölçülmüştür. Sağ asteriskus otolitleri sol eşlerinden daha büyük ve aralarındaki farklılık önemli olduğundan (P<0.05), sağ asteriskus otolitleri tercih edilmiş, otolitlerin şekil faktörü, yuvarlaklık, OB/OG oranı, dairesellik, dikdörtgenlik ve eliptiklik değerleri hesaplanmıştır. Şekil faktörü, yuvarlaklık, OB/OG oranı, dairesellik, dikdörtgenlik ve eliptiklik için belirlenen değerler sırasıyla 0.769, 0.714, 1.234, 16.382, 0.690 ve 1.740 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, çatal boy-otolit boyutları arasındaki ilişkiler de dişi, erkek ve tüm bireyler için ayrı ayrı tespit edilmiştir.

Bostancı ve ark. (2015), aşağı Melet Irmağı'nda yaşayan *C. banarescui* popülasyonu için yaptıkları çalışmada, yaş tayininde kullanılabilecek en güvenilir kemiksi yapıyı belirlemişlerdir. Bu amaçla, bireylerden pul, omur, asteriskus ve lapillus otolitleri alınmıştır. En yüksek yüzde uyum (% 69.2) ve en düşük ortalama yüzde hata (% 4.24) ve değişim katsayısı (% 8.71) omur için elde edilmiştir. Bu nedenle, aşağı Melet Irmağı'ndaki *C. banarescui*'nin yaş tayini için en güvenilir kemiksi yapı omur olarak belirlenmiştir. Hem dişi bireyler hem de erkek bireyler I-V arası yaşlarda tespit edilmiştir. von Bertalanffy büyüme denklemi dişiler için  $L_t = 23.9 [1 - e^{-0.22(t+1.89)}]$ , erkekler için  $L_t = 21.8 [1 - e^{-0.26(t+1.58)}]$  ve tüm örnekler için  $L_t = 26.7 [1 - e^{-0.17(t+2.21)}]$  olarak saptanmıştır.

Akbaş, (2015) Aşağı Melet Irmağı'nın sedimentinde birikim gösteren ağır metallerin konsantrasyonunu belirlemiştir. Melet Irmağı'nın sedimentinde yapılan ağır metal analizleri sonucunda Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Se, Cd ve Pb elementlerinin miktarlarını tüm aylarda tespit etmiştir. Ni elementi hiç bir istasyonda bulunmamıştır. Tüm istasyonlar değerlendirildiğinde, sedimentte en fazla birikim gösteren metal Fe iken, en az birikim gösteren metal Cd olarak tespit edilmiştir. Metallerin konsantrasyon değerleri  $Fe > Mn > Zn > Cu > Se > Pb > Co > Cr > As > Cd$  şeklindedir. Sonuç olarak, Aşağı Melet Irmağı'nda yaşayan organizmalar için sedimentte belirlenen element seviyelerinin tehlikeli boyutta olmadığı sonucuna varılmıştır.

Özoktay, (2015) Melet Irmağı, Turnasuyu ve Akçaova derelerinin aşağı havzalarında gerçekleştirdiği çalışmada, bu sistemlerin fiziko-kimyasal analizlerini gerçekleştirmiş ve epifitik alg komünitesini belirlemiştir. Ayrıca, akarsuların su kalitesi ve ekolojik durumu da değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, Melet Irmağı fiziko-kimyasal parametreleri değerlendirildiğinde I.-III. su kalite sınıfındadır ve temel kirlilik unsurları azotlu ve fosforlu bileşiklerdir. Değerlendirilen akarsuların aşağı havzalarının az kirlenmiş / kirlenmiş su özelliği taşıdığı bildirilmiştir.

Taş ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada, Ordu'nun içme suyu kaynağı olma özelliğindeki Melet Irmağı'nın epipelik diyatome florasını belirlemişlerdir. 2012 yılının Mart-Kasım aylarında yapılan aylık örnekleme çalışmalarında toplam 56

takson belirlenmiştir. Sonuçlara göre, aşağı Melet Havzası'nın orta kirliden kirliye doğru değişen (II-III. sınıf) bir su kalitesi özelliği taşıdığı bildirilmiştir.

Karahasan ve Bayrak Özbucak, (2015) Ordu İli'nin sucul ekosistemleri olan Melet Irmağı, Turnasuyu ve Akçaova derelerinde yayılış gösteren *Typha latifolia* türünün kök, gövde, rizom ve yaprak kısımlarındaki ağır metal birikimleri ile makro element miktarlarını tespit etmişlerdir. Analizler sonucunda, bitki kısımlarının ağır metal ve makro element miktarları gövdede  $N > P > K > Na > Ca > Mg > Zn > Fe > Mn > Pb > Cd > Cu$ , kökte  $N > P > K > Ca > Mg > Fe > Na > Mn > Zn > Pb > Cd > Cu$ , yaprakta  $N > P > K > Ca > Mg > Na > Mn > Zn > Fe > Pb > Cd > Cu$  ve rizomda  $N > P > K > Ca > Mg > Na > Fe > Zn > Mn > Pb > Cd > Cu$  şeklindedir.

Kodat, (2016) Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı'nda bir kirlilik göstergesi olan sediment solunum oranlarını belirlemiştir. Her bir nehir için belirlenen ikişer istasyon ve toplamda 6 farklı istasyonda 36 gün süresince yapılan 11 ölçüm sonucunda, istasyonların benzer kaynaklardan etkilendiği bildirilmiştir.

Ustaoglu ve ark., (2017) Aşağı Melet Irmağı'nın bazı su kalitesi parametrelerinin belirledikleri çalışmalarında, Ekim 2013 ile Eylül 2014 tarihleri arasında aylık su örnekleri toplamışlardır. Suyun fiziko-kimyasal parametrelerinden pH, çözülmüş oksijen (ÇO), saturasyon, sıcaklık, toplam çözülmüş madde (TÇM), iletkenlik, tuzluluk, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>), toplam alkalinite (TA), toplam sertlik (TS), klorofil-a, toplam amonyak azotu (TAN), toplam fosfor (TF), çözünebilir reaktif fosfat (ÇRF), klorür, silisyum, fenol, nitrit, nitrat, sülfid, sülfat, anyonik deterjan, potasyum, askıda katı madde (AKM), ve redox potansiyeli değerlerini ölçmüşlerdir. Ayrıca, sedimentteki organik madde oranı ve sediment pH'ı da belirlenmiştir. Sonuç olarak, Melet Irmağı'nın sulama suyu olarak kullanımının uygun olduğu ancak organizmalar için uygun olmadığını bildirmişlerdir.

Hatipoğlu, (2017) yaptığı çalışmada Melet Irmağı orta ve aşağı çığırının doğal ortam özelliklerini uygulamalı jeomorfoloji açısından incelemiştir. Çalışma alanı Topçam Boğazı'na kadar olan ırmak havzasının orta ve aşağı kesimlerinin su bölümüdür ve yukarı çığır kısmı olan Mesudiye Havzası değerlendirmeye alınmamıştır. Çalışma sahasının jeomorfolojik özellikleri ve jeomorfolojiden kaynaklanan problemleri yapılan arazi çalışmalarıyla tespit edilmiştir. Irmağın, aşağı çığırında bulunan sanayi

tesisleri ve orta çığırında faaliyet gösteren maden ocakları, tarımsal faaliyetler, yapımı halen devam eden veya tamamlanmış olan nehir tipi HES'ler, barajlar ve bu tesislere giden yollardaki yapım çalışmaları nedeniyle kirletildiği bildirilmiştir. Ayrıca, bu bölgenin topoğrafik yapısının nüfus, yerleşme, ekonomik faaliyetler, arazi kullanımı/arazi örtüsü ve doğal afetlerle ilişkileri incelenmiştir.

Bu çalışmanın araştırma konularını içeren, su, sediment ve balık dokularında ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ile ilgili olarak bazı araştırıcılar tarafından akarsu ve baraj göllerinde gerçekleştirilmiş benzer çalışmalar bulunmaktadır.

Ayaş ve ark., (2007a) Nallıhan Kuş Cenneti ve çevresinden (Sarıyar Barajı) toplanan su, sediment ve balık örneklerinde (*Alburnus escherichii*, *Cyprinus carpio* ve *Silurus glanis*) Pb, Cd, Cu ve Ni gibi bazı ağır metallerin birikimini belirlemişlerdir. Araştırılan metallerin çalışma alanı boyunca yaygın olduğu, su numunelerindeki konsantrasyonlarının tespit limitlerinin altında belirlendiği bildirilmiştir. Sedimentte ve balık dokularında (kas ve karaciğer) Pb, Cd, Cu ve Ni kontaminasyonu tespit edilmiştir. Aynı zamanda, metal konsantrasyonlarının sediment örneklerinde, su ve balık dokularından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, sediment örneklerinde en yüksek metal konsantrasyonları, belirlenen yedi istasyon arasından Uşakbükü (Pb: 0.49 ppm) istasyonu, Sakarya Nehri (Cu: 1.12 ppm) ve Sarıyar (Ni: 0.77 ppm) Barajı'nda belirlenmiştir.

Akgün ve ark., (2007) yaptıkları çalışmada, Çeltikçe ayı'nda yaşayan *Leuciscus cephalus* bireylerinin karaciğer, kas ve solungaçlarında Zn, Cd, Pb ve Cu'nun birikim düzeyleri araştırmıştır. Balıkların dokularında Zn (98.500 ppm), Cd (4.535 ppm) ve Pb (38.964 ppm)'un en fazla biriktiği organın karaciğer olduğunu bildirmişlerdir. Cu'nun ise kas dokusunda 6.033 ppm olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, vücut ağırlığı ile dokulardaki element birikimlerinin ilişkilendirildiği bu çalışmada, vücut ağırlığı ile kas dokudaki Zn, Cd ve Cu miktarı arasında pozitif bir ilişki, Pb miktarı arasında ise negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Vücut ağırlığı ile karaciğer ve solungaçtaki Zn, Cd ve Pb elemenlerinin konsantrasyonları arasında ise, pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Akbulut ve Emir Akbulut, (2010) Kızılırmak Havzası Delice Nehri'nde Pb, Hg, Co, Cr, Cu, Zn ve Br gibi ağır metallerin suda, sedimentte ve örneklenen  balık türünün

(*Leuciscus cephalus*, *Capoeta tinca*, *C. capoeta*) kas ve solungaçlarındaki birikimini araştırmışlardır. Metal konsantrasyonlarının genel olarak suda Br>Zn>Pb>Cr>Cu>Hg>Co; sedimentte Cr>Zn>Pb>Cu>Co>Hg>Br; kas dokusunda Zn>Cu>Pb>Br>Cr>Hg>Co ve solungaçlarında Zn>Pb>Cu>Cr>Br>Hg>Co şeklinde olduğunu belirlemişlerdir.

Mol ve ark., (2010) Fırat Nehri'ndeki kirliliği belirlemek ve yaygın balık türlerinin insan tüketimi açısından riskini belirlemek amacıyla Atatürk Baraj Gölü'nden *Silurus triostegus*, *Acanthobrama marmid*, *Aspius vorax*, *Capoeta trutta*, *Carasobarbus luteus*, *Chalcalburnus mossulens*, ve *Cyprinus carpio* türlerini örneklemiştir. Ayrıca, bu türlerde Zn, Cu, As, Cd, Hg ve Pb seviyelerini tespit etmişlerdir. Zn, Cu, Cd ve As miktarlarının balıklarda insan tüketimi açısından güvenli olduğu, ancak Hg miktarının bazı *S. triostegus* örneklerinde; Pb elementinin ise bazı *A. marmid*'lerde sınırları aştığı bildirilmiştir. Sonuç olarak, Atatürk Baraj Gölü'ndeki balıkların ağır metallerce önemli düzeyde kontamine olmadığını, ancak tüketiminin aşırı ağır metal alınımının önlenmesi için düzenli olarak kontrol edilmesi, aynı zamanda su kirliliğinin de gözlenmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Zhuang ve ark. (2013), Güney Çin'in maden etkisi altındaki bir bölgesinden üç balık türünün (*Ctenopharyngodon idellus*, *Aristichthys nobilis* ve *Cyprinus carpio*) farklı dokularında ağır metal birikimi araştırmışlardır. Çalışma alanından alınan sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonları sırasıyla Pb (309 mg/kg), Cd (0.32 mg/kg), Zn (4524 mg/kg) ve Cu (1477 mg/kg) olarak tespit edilmiştir. Üç balık türünün de karaciğer, kas, bağırsak ve solungaçlarında ağır metal birikimini gözlemlenmiştir. İncelenen balık türlerinin kaslarındaki ağır metal konsantrasyonları, Çin standartlarında insan tüketimi için izin verilen seviyeleri aşmadığı bildirilmiştir.

Kırıcı ve ark., (2013) yaptıkları çalışmada Murat Nehri'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla*'nın kas dokusunda mangan, bakır, krom, kadmiyum, nikel, çinko ve kobaltın birikim düzeylerini belirlemişlerdir. Balıkların kas dokusunda tespit edilen metal değerleri, balık dokularında kabul edilebilir metal değerlerinin altında olduğu ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturmadığı belirlenmiştir.

Kaptan ve Tekin Özan, (2014) çalışmalarında Eğirdir Gölü'nün suyunda, sedimentinde ve burada yaşayan *Cyprinus carpio* türü bireylerinin kas, karaciğer ve

solungaçlarındaki bazı ağır metallerin düzeylerini belirlemişlerdir. Suda en fazla Mn, en az Cr elementinin biriktiği bildirilmiştir. Sedimentte ise konsantrasyonu en fazla olan Fe, en az olan Cd'dur. Cr, Cu, Mn ve Pb miktarları balık dokuları için kabul edilebilir sınır değerlerin altındadır. Ancak, Cd miktarı Avrupa Birliği'nin, Fe miktarı Dünya Sağlık Örgütü'nün, Zn miktarı ise Dünya Sağlık Örgütü, Türk Standartları Enstitüsü ve Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın bildirdiği kabul edilebilir limitlerin üzerinde olduğu bulunmuştur.

Arslan ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada, Burdur Göl suyu ve çamurunda bazı elementlerin (Cd, Pb, Cu, Sb, Hg, Mn, Mg, Ca, K ve Na) miktarlarını atomik absorpsiyon spektrometre (AAS) ile tayin etmişlerdir. Sonuçlara göre göl suyunda Mg, Ca, K ve Na elementlerinin, göl çamurunda ise Cu, Mn, Mg, Ca, K ve Na elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Burdur Gölü çamurundan toplanarak değerlendirilen tüm çamur örneklerinde Mg miktarının çok fazla olduğunu göstermiştir. Ayrıca, Türk Standartlarının (TSE-266) belirlediği değerlerle karşılaştırıldığında, Burdur Göl suyunun Ca, Mn ve Cu miktarı bakımından belirtilen sınır değerinin altında olduğu; Mg, K ve Na miktarları bakımından ise belirlenen değerlerden fazla bulunduğu belirlenmiştir.

Aydın Uncumusaoğlu ve ark., (2016)'nın Yağlıdere Irmağı (Giresun)'nda yaptıkları çalışmalarında, su ve sediment örneklerinde Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Cd ve Pb miktarlarını ICP-MS ile belirlemişlerdir. Cu, Mn, Fe, Pb, Cu ve Ni konsantrasyonlarının ırmak suyunda Dünya Sağlık Örgütü (WHO) limit değerlerine göre yüksek olduğu bildirilmiştir. Ağır metal kirlilik düzeyinin ırmakta yüksek olduğu ve geç olmadan önlem alınması gerektiği de vurgulanmıştır.

Türkmen ve ark., (2016) çalışmalarında, Aksu Deresi'nde yaşayan *Barbus capito*, *Cyprinus carpio*, *Salmo trutta macrostigma*, *Capoeta tinca* türlerinin solungaç ve kas dokularındaki metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. İncelenen türlerin solungaçlarındaki metal birikimleri Co, 0.08- 0.2 mg/kg; Cr, 0.18-3.61 mg/kg; Cu, 6.10-33.8 mg/kg; Fe, 54.6-671 mg/kg; Mn, 7.74-62.0 mg/kg; Ni, 0.95-4.34 mg/kg; Pb, 0.72-7.07 mg/kg ve Zn, 66.8-315 mg/kg yaş ağırlık olarak belirlenmiştir. Balıkların kas dokularında ise Co <0.01-1.00 mg/kg, Cr 0.36-2.57 mg/kg, Cu 7.92-40.4 mg/kg, Fe 46.0-469 mg/kg, Mn 1.36-15.2 mg/kg, Ni 0.66-3.29 mg/kg, Pb 0.88-

8.89 mg/kg ve Zn 43.8-233 mg/kg yaş ağırlık şeklinde tespit edilmiştir. olarak bulunmuştur. Sonuçlar insan tüketimi açısından değerlendirildiğinde metal konsantrasyonlarının, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın önerdiği sınırların altında olduğu bildirilmiştir.

Tokatlı ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada, maden yataklarının yer aldığı Emet Çayı üzerinde tespit edilen üç istasyon ve yine Emet Çayı Havzası'nda bulunan Dursunbey Çayı üzerinde belirledikleri bir istasyondan mevsimsel olarak, *Squalius cii*, *Capoeta tinca* ve *Barbus oligolepis* türlerini örneklemiştir. Bu türlerin kas, solungaç, karaciğer ve böbrek dokularında tespit edilen nikel, çinko, arsenik, bor, kadmiyum, bakır, mangan, kurşun, gümüş ve krom seviyelerinin balık ağırlıkları ile ilişkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak, özellikle Ni ve Cr'un incelenen 3 balık türünün de dokularında tespit edilen toksik element birikimleri ile balıkların ağırlık verileri arasında anlamlı ilişkiler kaydedildiği bildirilmiştir.

Yılmaz ve ark. (2016) Sıddıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada, *Tinca tinca* türünün kas, karaciğer, deri, bağırsak ve solungaçlarında Cu, Fe, Mn, Zn, Cr ve Al miktarlarını araştırmışlardır. Dokulardaki ağır metal seviyeleri, ulusal ve uluslararası kabul edilebilir sınırlarla karşılaştırılmıştır ve analiz edilen balıkların kaslarındaki tüm metallerin değerleri belirlenen sınır değerlerin altında bulunmuştur.

Çetin ve ark., (2016) Altinyazı Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada, baraj gölü suyu ve sedimenti ağır metal birikimleri ile *Cyprinus carpio*, *Carassius carassius*, *Blicca bjoerkna*, *Perca fluviatilis* ve *Sander lucioperca* türlerinin farklı dokularındaki (solungaç, kas, karaciğer, böbrek) ağır metal (Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn, Pb) birikimlerini araştırmışlardır. Baraj gölü suyunda yalnızca Fe bulunurken, sedimentte tüm metaller tespit edilmiştir. Sedimentteki ağır metal konsantrasyonları Fe> Mn> Cr> Pb> Zn> Cu> Cd şeklinde belirlenmiştir. Balık dokularında ölçülen Cr, Zn, Cu, Fe, Mn elementlerinin değerlerinin kabul edilebilir limitlerde olduğu, Cd ve Pb değerlerinin ise kabul edilebilir limit değerlerin üzerinde tespit edildiği bildirilmiştir.

Bayhan ve Ünübol Aypak, (2016) çalışmalarında, Büyük Menderes Deltası'ndan yakalanan kefal ve levrek bireylerinin karaciğer ve kas dokularında ICP-OES ile Cu, Zn ve Cd analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Bakır konsantrasyonları en yüksek levrek bireylerinin karaciğerlerinde (3485.20µg/kg); Zn konsantrasyonları en yüksek kefal

bireylerinin karaciğerinde (522.60 µg/kg) ve Cd düzeyleri en yüksek levrek bireylerinin kas dokularında (9.43 µg/kg) tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar; literatür verileriyle ve tolere edilebilir sınırlar göz önünde bulundurularak değerlendirildiğinde, Büyük Menderes Deltası'nda yaşayan kefal ve levreklerde sağlık açısından tehlike oluşturan bir ağır metal kontaminasyonu olmadığı bildirilmiştir.

Güldiren ve Tekin Özan, (2018) Seyhan Baraj Gölü'nden yakaladıkları sazan balıklarının kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bazı ağır metallerin seviyelerini değerlendirmişlerdir. Metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Pb, Zn) en fazla balıkların karaciğer ve solungaçlarında biriktiği, kas dokuda ise en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre, metallerin kış mevsiminde kas ve karaciğerde, yaz mevsiminde ise solungaçta arttığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmanın temel noktasını oluşturan sucul sistemlerde özellikle ağır metallerin ve diğer kimyasal maddelerin yol açtığı kontaminasyonla ilişkili olarak, balıklarda comet analizi ve mikronükleus testiyle belirlenen genotoksisite üzerine, Dünya'daki ve Türkiye'deki araştırmacılar tarafından hem lentik ve lotik sistemlerde hem de laboratuvar ortamında yapılmış benzer çalışmalara aşağıda değinilmiştir:

Llorente ve ark., (2002) yılında yaptıkları alan çalışmasında, İspanya Nehri boyunca örnekledikleri *C. carpio* türü bireylerinin periferal kan hücrelerinde ortaya çıkan değişimleri araştırmışlardır. Bu amaçla, mikronükleus frekansındaki artışın ölçülmesi yoluyla sitogenetik etkileri, farklı kan hücresi tiplerinin göreceli oranlarındaki değişimleri kontrol ederek hematolojik etkileri değerlendirmişlerdir. Örneklem noktaları olarak kimyasal endüstri ve nükleer santral atıklarının etkisindeki bölgeleri seçmişlerdir. Kontrol bölgesi olarak ise temiz bir bölgeyi belirlemişlerdir. Sonuç olarak, kirliliğin arttığı bölgelerde mikronükleus frekanslarında da artışların olduğu, farklı kan hücrelerinin oranlarında değişiklikler gözlemlendiği bildirilmiştir.

Buschini ve ark., (2004) dezenfektanlarla (sodyum hipoklorit, perasetik asit ve klorid dioksit) muamele edilmiş göl suyunun olası genotoksik etkisinin saptanmasını amaçladıkları çalışmalarında, etkiye bağlı olarak *Cyprinus carpio* türünün eritrositlerinde meydana gelen DNA hasarlarını comet analizi ve mikronükleus testinden yararlanarak tespit etmişlerdir. Sodyum hipoklorit ve klorid dioksit ile



dezenfekte edilen suya maruz kalan balıklarda genotoksik hasar görüldüğü bildirilmiştir.

Çavaş ve ark., (2005) *Cyprinus carpio*, *Carassius gibelio* ve *Corydoras paleatus* türlerini kadmiyum (0.005–0.1 mg/L) ve bakırın (0.01–0.25 mg/L) farklı dozlarına 21 gün süre boyunca maruz bırakmışlardır. Pozitif kontrol olarak ise Cr<sup>+6</sup> (5 mg/L) kullanılmıştır. Metallerin periferik kan eritrositleri, solungaç epitel hücreleri ve karaciğer hücreleri üzerindeki etkileri, mikronükleus ve binükleus oluşumlarının sıklığıyla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Hem balık türlerinin ve hem de farklı dokuların, ağır metal maruziyetinden farklı derecelerde etkilendiği bildirilmiştir. Genel olarak, 21 gün süre boyunca bakır, kadmiyum ve krom maruziyetinin mikronükleus ve binükleus frekanslarında önemli artışa sebep olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, solungaç ve karaciğer hücrelerinde, eritrositlere oranla daha yüksek mikronükleus ve binükleus sıklığı gözlemlenmiştir.

Matsumoto ve ark., (2006) çalışmalarında, Brezilya'nın São Paulo eyaletinde bulunan Franca belediyesindeki bir akarsuyun üç bölgesinden alınan farklı kirlilik düzeylerindeki su örneklerinin genotoksik etkilerini, *Oreochromis niloticus* bireylerinin eritrositlerini kullanarak comet analizi ve mikronükleus testiyle belirlemişlerdir. Nehrin su içeriğindeki muhtemel Cr bileşiklerinden dolayı, balıkların eritrositlerinin çekirdeklerinde farklı tiplerde çekirdek anormalliklerine rastlandığı bildirilmiştir. Aynı zamanda hücre çekirdeklerindeki mikronükleus frekanslarının da arttığını belirtmişlerdir. Comet analizi sonucunda, en büyük hasarın, krom içeren bir atıksu boşaltma sahasından gelen sudan dolayı meydana geldiğini ve krom kalıntılarının genotoksik olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Yırtıcı, (2007) laboratuvar koşullarında gerçekleştirdiği çalışmasında, *C. carpio*'nun eritrositlerinde tartrazinin genotoksik etkisini araştırmıştır. Bu amaçla laboratuvar uygulamalarında statik akut deney yöntemi ve genotoksik etkinin belirlenmesinde eritrosit mikronükleus testini kullanmıştır. 250, 500, 1000 ve 1500 mg/L dozlarına 24, 48 ve 72 saat sürelerle gerçekleştirilen tartrazin uygulaması ile meydana gelen mikronükleuslu hücreler incelenmiştir. Sonuç olarak, tartrazinin genotoksik etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Aksu, (2007) *Acanthalburnus microlepis* türünde sodyum hipokloritin genotoksik etkisini laboratuvar şartları altında mikronükleus oluşumu ile değerlendirmiştir. Suyun her litresinde 0.05, 0.10, 0.25, 0.37, 0.50, 0.75 ve 1 mg/lit sodyum hipokloritin bulunduğu akvaryumlar içerisinde 6 gün boyunca maruz bırakılan balıklarda, mikronükleus oluşum frekansları değerlendirilmiştir. 36. saat, 72. saat ve 6. günün sonunda yapılan kan örnekleme işlemlerinden sonra yapılan değerlendirmelerde, kontrol grupları, pozitif ve negatif gruplarla karşılaştırıldığında mikronükleus oluşum frekansının arttığı tespit edilmiştir.

Okuşluk, (2008) Mogan Gölü'nde var olan kirliliğin *C. carpio* bireylerindeki genotoksik etkilerini comet analizi ile araştırmıştır. Araştırmada, hem Mogan Gölü'nden örneklediği hem de kontrol grubu olarak kullandığı A.Ü. Ziraat Fakültesi Balık Araştırma Üretim çiftliğinden temin ettiği *C. carpio* bireylerinde bazı comet parametrelerini değerlendirmiştir. Buna göre, tespit ettiği bazı comet parametrelerinin sonuçlarını, Mogan gölü bireylerinde kuyruk uzunluğu için 31.100 µm, baş yoğunluğu için % 92.233, kuyruk yoğunluğu için % 7.767 ve kuyruk momenti için 1.500 olarak bildirmiştir. Kontrol grubu bireylerinde ise, kuyruk uzunluğu için 22.800 µm, baş yoğunluğu için % 96.533, kuyruk yoğunluğu için % 3.467 ve kuyruk momenti için 0.40 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçların Mogan Gölü için erken uyarı niteliğinde olduğunu ve gölün genotoksisiteye sebep olan kirleticilerle kontamine olduğunu vurgulamışlardır.

Summak, (2009) Nilüfer Çayı suyunun genotoksik etkilerini *Oreochromis niloticus* türünde araştırmışlardır. Balıklar çaydan alınan su örneklerinin % 10'luk ve % 20'lik konsantrasyonlarına 3 ve 6 gün olmak üzere iki farklı süre boyunca maruz bırakılmıştır. % 20'nin üzerindeki konsantrasyonlarda ve 6 günden daha uzun sürelerde balıklar yaşayamamıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda, önemli bir su kaynağı olan Nilüfer Çayı'nın, sanayi bölgeleri ve evlerden gelen atıkların arıtılmadan çaya aktarılmasından dolayı, ağır metal ve organik maddeler gibi genotoksik kirleticilerle kontamine olduğu belirlenmiştir.

Güner ve Gökalp Muranlı, (2011) yaptıkları çalışmada Cu ve Cd'un *Gambusia affinis* türündeki birikimini, ayrıca bireylerin periferik kan hücrelerindeki mikronükleus ve nükleer anormalliklerin oluşumunu incelemiştir. Balıklar, 0.1

ppm ve 1 ppm Cu ve Cd konsantrasyonlarında bir ve iki hafta süreyle, 0.1 ppm Cu + 0.1 ppm Cd karışım konsantrasyonu içerisinde ise iki hafta yarı statik sistemde muamele edilmiştir. Sonuç olarak, Cu ve Cd'un birlikte uygulandığı bireylerde, Cu birikiminin tek başına (0.1 ppm) uygulandığı gruba göre daha fazla olduğu bildirilmiştir. Muamelelerin ardından, mikronukleus ve nükleer anormallikler incelendiğinde, Cu ve Cd'un balık eritrositlerindeki mikronukleus frekansını istatistiksel olarak anlamlı derecede arttırmadığı, ancak nükleer anormallikleri kontrol grubu bireyelerine göre anlamlı derecede arttırdığı bildirilmiştir.

Scalon ve ark., (2010) çalışmalarını endüstriyel ve işlenmemiş kentsel atıklardan dolayı kirlenmekte olan Güney Brezilya'daki Sinos Nehri'nde gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, *Hyphessobrycon luetkenii* türünün periferik kan hücreleri kullanılarak, kirlilik kaynaklarının sebep olduğu genotoksisiteyi tespit etmek için comet analizi yapılmıştır. Ayrıca, alüminyum, kurşun, krom, bakır, nikel, demir ve çinko kirliliğinden kaynaklanan olası DNA hasarı da analiz edilmiştir. Su numuneleri üç farklı örnekleme bölgesinden mevsimsel olarak toplanmış ve balıklar laboratuvar koşulları altında değerlendirilmiştir. Suyun kimyasal analizleri sonucunda, nehrin orta ve alt bölgesinin genelinde sırasıyla alüminyum ve demir seviyesinin yükseldiği belirlenmiştir. Comet analizi ile değerlendirilen DNA hasarının miktarı, farklı mevsimlerde veya farklı örnekleme bölgelerinde önemli bir farklılık göstermezken, DNA hasarı olan hücrelerin sıklığının, ilkbahar mevsimi boyunca belirlenen 1 ve 2 numaralı bölgelerden toplanan su örneklerinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, Sinos Nehri'nin, nehrin kaynağına yakın suları da dahil olmak üzere, balıklar üzerinde genotoksik olan maddelerle kontamine olduğunu tespit etmişlerdir.

Çok ve ark., (2011), Mogan Gölü'nde yaşayan *C. carpio* türünde gerçekleştirdikleri çalışmada, Mogan Gölü'nün muhtemel kirliliğini Comet analizi'nden yararlanarak tespit etmeye çalışmışlardır. Göl suyunun şehrin kanalizasyon sisteminden ve tarımda kullanılan böcek ilaçlarından dolayı kirlilik yüküne sahip olduğu belirtilmiştir. Mogan Gölü'nden yakalanan balıkların comet analizi sonuçlarına göre, kuyruk uzunluğu  $31.10 \pm 10.39 \mu\text{m}$ , kuyruk yoğunluğu  $\% 7.77 \pm 4.51$  ve kuyruk momenti  $1.50 \pm 1.48$  olarak hesaplanmıştır. Referans olarak değerlendirilen A.Ü. Ziraat Fakültesi Balık Araştırma Üretim Çiftliği'nden alınan bireyelerin ise kuyruk uzunluğu  $22.80 \pm 1.08 \mu\text{m}$ , kuyruk yoğunluğu  $\% 3.47 \pm 1.59$  ve kuyruk momenti

0.40 ± 0.51 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, Mogan Gölü'nün genotoksik etkileri olan maddeler tarafından kirlendiğini ve elde edilen verilerin göl sistemi için erken bir uyarı oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Yazıcı, (2012) tarımsal kaynaklı suni gübrelerin, insektisitlerin, şehrin kanalizasyon atıkları ile sanayi ve fabrika atıklarının kirlettiği Karasu Nehri'nde ve nehri besleyen Serçeme Deresi ve Dumlu Deresi'nde yaşayan balıklarda su kirliliğinin genotoksik etkileri araştırmışlardır. Bu amaçla, *Leuciscus cephalus*, *Capoeta capoeta*, *Gobius niger* ve *Salmo trutta* türleri yakalanmıştır. Kirleticilerin genotoksik potansiyellerini tespit etmek amacıyla balıkların kan, solungaç epiteli ve karaciğer hücreleri kullanılmış, mikronükleus frekansları ve çekirdek anormallikleri değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, eritrositlerde hem mikronükleus oluşumu hem de çekirdek anormalliklerin tamamı tespit edilmiştir. Solungaç epiteli hücrelerinde ve hepatositlerde ise, sadece mikronükleus oluşumlarının saptandığı belirtilmiştir. Saptanan genotoksisite artışının, Karasu Nehri'ne karışan toksik kimyasallar ve nehre bırakılan atıklarla ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Çetin, (2012) yaptığı çalışmada, krom (VI)'un *C. carpio* bireyleri üzerindeki genotoksik etkilerini mikronükleus frekanslarını değerlendirmek, histopatolojik değişiklikleri ise solungaç, karaciğer ve kas dokularından faydalanmak suretiyle laboratuvar şartları altında incelemiştir. Maruziyetten sonra 7. ve 14. günde kan ve doku örnekleri alınmıştır. Sonuçlar, doza ve zamana bağlı olarak çeşitli histopatolojik değişiklikler oluştuğunu ve mikronükleus frekansının doza ve süreye bağlı olarak arttığını göstermiştir.

Akan, (2012) çalışmasında, farklı süre ve konsantrasyonlardaki chlorpyrifos pestisitinin *Danio rerio* üzerindeki genotoksik potansiyelini araştırmıştır. Çalışmada kullanılan balıklara 10 µg/L, 20 µg/L, 40 µg/L ve 60 µg/L konsantrasyonlarda CPF uygulanmış, ayrıca negatif kontrol (boş akvaryum suyu) ve pozitif kontrol (% 0.05 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içeren akvaryum suyunda 1 saat) grupları da değerlendirilmiştir. Kontrol gruplarındaki balıklardan ve doz gruplarından 24., 48., 72. ve 96. saatlerde kan örnekleri alınmış ve comet analiziyle test edilmiştir. Sonuç olarak, zebra balıklarında CPF maruziyetinin ardından tespit edilen DNA hasar seviyelerinin, comet

parametrelerinden biri olan % DNA kuyruk oranlarına göre değerlendirildiğinde, tüm saat ve dozlarda negatif kontrol grubuna göre oransal olarak arttığı tespit edilmiştir.

Adiloğlu, (2013) çalışmasında farklı süre ve konsantrasyonlardaki endosülfan (ES) pestisitinin japon balığı (*Carassius auratus*) üzerindeki genotoksik etkilerini belirlemiştir. Balıklara, negatif kontrol, pozitif kontrol ve farklı konsantrasyonlarda (0.05 µg/L, 0.1 µg/L ve 0.2 µg/L) ES uygulaması yapılmıştır. Farklı gruplara ait balıklardan 24., 48., 72. ve 96. saatlerde kan örnekleri alınmış ve comet analiziyle incelenmiştir. balık bireylerinde maruziyet sonrasında belirlenen DNA hasar seviyelerinin % DNA kuyruk oranlarına bakıldığında tüm saat ve konsantrasyonlarda negatif kontrol grubuyla karşılaştırıldığında anlamlı bir şekilde arttığı belirtilmiştir.

Anlaş, (2014) yaptığı çalışmada, amoksisilinin *Oncorhynchus mykiss* türü üzerindeki genotoksik etkisini araştırmıştır. Bu amaçla, balıkları 10 gün süreyle ağız yoluyla 80, 160 ve 320 mg/kg dozda amoksisiline maruz bırakmıştır. Balıklardan 3., 6., ve 10. günlerde kan alınarak mikronükleus testi ve comet analizi uygulanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, 320 mg/kg dozda amoksisilin uygulanan grupta mikronükleus ve comet frekansında istatistiksel olarak önemli derecede artış belirlenmiştir ( $P < 0,001$ ). Ayrıca, en yüksek DNA hasarının, her iki test yönteminde de 6. günde saptandığı ve amoksisilinin yüksek dozda DNA hasarına sebep olduğu belirtilmiştir.

Yazıcı ve Şişman, (2015) yine Karasu Nehri'nde toksik etkisi olan metallerin (Cd, Al, As, Pb, Cu, Mn, Cr) genotoksik etkilerini, temiz ve kirli bölgelerden belirledikleri istasyonlardaki *Barbus plebejus* bireyleri üzerinde araştırmışlardır. Genotoksik etkilerin tespiti için mikronükleus frekansları ve çekirdek anormallikleri değerlendirilmiştir. Balıkların eritrositlerinde, solungaç epiteli ve karaciğer hücrelerinde mikronükleus oluşumları tespit edilmiştir. Ayrıca çeşitli tiplerde çekirdek anormallikleri de gözlemlenmiştir. Referans olarak kullanılan kirlenmemiş alan ile kirli alan karşılaştırıldığında, kirli alanda mikronükleus ve çekirdek anormallikleri frekanslarında artış gözlemlenmiştir. Ağır metallerin konsantrasyonlarındaki artışın genotoksik etkilere neden olduğu ve ağır metallerin tarımsal, endüstriyel ve evsel atıklardan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, Melet Irmağı'nın jeomorfolojik yapısı, maden işletmeleri, tarımsal faaliyetler amacıyla kullanılan pestisitler, hayvancılık, HES'ler gibi kirletici kaynaklarından gelen ağır metal kontaminasyonu dikkate alınmıştır. Ordu ilinin en önemli akarsuyu olan ve Karadeniz'in Orta ve Doğu Karadeniz bölümleri arasında doğal bir sınır oluşturan Melet Irmağı'nın su ve sediment kalitesinin ortaya konulması ve bu istasyonlarda örneklenen türlerin farklı dokularında element birikimlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ek olarak, istasyonlara ait su örneklerinin kirlilik düzeyleri standartlarda verilen limit değerlerle ve sediment numuneleri yer kabuğunda doğal olarak bulunması gereken limitlerle karşılaştırılmıştır.

Melet Irmağı'nda yaşayan *C. banarescui*, *V. vimba* ve *A. chalcoides* türlerinin kas dokusu, solungaç ve karaciğerlerindeki metal birikimlerinin mevsimsel olarak ayrı ayrı değerlendirilmesi yapılmıştır. Balıkların farklı doku ve organlarındaki metallerin konsantrasyonları, örnekleme alanlarındaki kirlilik aktiviteleriyle ilişkili olabilmektedir. Bu çalışmada, Melet Irmağı'ndaki balık türlerinin doku ve organlarındaki metal içeriği hakkında bilgiler sağlanması ve dolaylı olarak da çevresel kirlenme hakkında ilişkili veriler elde edilmesi amaçlanmıştır.

Ayrıca, ağır metal birikiminin balıkta genotoksik etkisinin olup olmadığının da araştırılması amaçlanmıştır. Planlanan çalışmanın bu bölümü, Melet Irmağı'ndaki kirliliğin tespit edilmesine yönelik olarak ırmakta yaşayan ve incelemeye alınan istasyonlardaki balıklarda yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlarla, ilgili istasyonlardaki element kontaminasyonunun, bu istasyonlarda yaşayan balıklar üzerindeki biyolojik etkilerine yönelik ilk ve önemli verilerin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilecek bilgiler, çevre açısından risk taşıyan pek çok faktörün elimine edilmesinde güçlü bir kanıt olarak kullanılabilir. Ağır metal kontaminasyonunun, gerek sucul sistem canlıları gerekse insanlar için oluşturacağı sağlık risklerinin belirlenip önceden önlemler alınması açısından, ortaya çıkarılması gereklidir. Bunun yanı sıra planlanan çalışmanın sonuçlarının değerlendirilmesiyle, yurdumuzda ağır metallerin neden olduğu çevre kirlenmesine yönelik bilinçlenmeye de katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı, su ve sedimentte var olan elementlerin balık dokularında birikmesinin yanında, hücre düzeyinde DNA’da meydana getirebileceği genotoksik etkilerin ortaya konmasıdır. Balıkların eritrositlerinden faydalanılarak mikronükleus oluşumları ve bazı comet parametrelerinin yardımıyla ırmağın genotoksik potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hücrelerde meydana gelen genetik değişiklikler, genotoksik birer belirteç olduğundan ve Ordu ilinin ana içme suyu olarak yararlanılan Melet Irmağı’nın bu anlamda öneminden dolayı, bu testlerin sonuçlarından elde edilecek bilgilerin önemi tartışılmazdır. Genotoksik etkiye sahip ağır metaller gibi maddelerin bulunduğu ortamlardan uzaklaştırılması ve su ortamına karışmasının önüne geçilmesi adına da, bu çalışmadan elde edilecek sonuçların erken bir uyarı sistemi olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1 Çalışma Alanı Tanımı ve Örnek Toplama İstasyonları

Kuzeyde Karadeniz, doğuda Giresun, güneyde Sivas ve Tokat ile batıda Samsun illeri tarafından çevrili olan Ordu ilinin yüzölçümü 5952 km<sup>2</sup>, rakımı ise 500 metredir. Genel topografik yapısı içerisinde büyüklükleri değişen akarsular, göller ve dağlar ile bu yeryüzü şekillerinin oluşturduğu ovalar ve yaylalar bulunmaktadır. İlde, kaynağı dağlardan gelen 34 adet akarsu bulunmaktadır. İldeki en büyük akarsu Melet Irmağı'dır ve uzunluğu 161 km'dir (Anonim, 2016). Melet Irmağı, Orta ve Doğu Karadeniz bölümleri arasında doğal bir sınır oluşturmaktadır. Konumu 40°18'-41°08' kuzey paralelleri ile 36°52'-38°12' doğu meridyenleri arasındadır (Anonim, 2004; Turan ve ark., 2008).

Melet Irmağı'nın geçtiği Ordu ilinin jeolojik konumu göz önüne alındığında, maden yataklarınca zengin bir bölgede olduğu, Maden Tetkik ve Arama (MTA) tarafından belirtildiği üzere, zengin maden yataklarının yanısıra, bölgede volkanik kayaların da yaygın olduğu bildirilmektedir (Özbucak ve ark., 2018). Bu bölgede özellikle bakır (Cu), kurşun (Pb), gümüş (Ag), çinko (Zn), demir (Fe), altın (Au) ve mangan (Mn) maden yatakları dikkat çekmektedir (Anonim, 2011a).

Evsel atıklar önceden Ordu ili merkezinde ön işleme tabi tutulmadan Melet Irmağı'nın denize döküldüğü kıyı şeridinde bırakılmaktaydı. Ancak yapılan rehabilitasyon çalışmalarından sonra bu bölge ıslah edilmiştir. Bu durum aynı zamanda, yüksek düzeyde taban suyu kirliliğinin de önüne geçirilmesini sağlamıştır. Tarım arazileri, Melet Irmağı'nın oluşturduğu havzanın batı kıyısından itibaren bulunmaktadır. Tarım arazilerini genellikle ağaççık formunda fındık bitkisi oluşturmaktadır. Yüksek kesimlerde bulunan ilçelerde oluşan atıklar, genellikle vadi tabanı ve ırmak ağızlarına bırakıldıklarından su kirliliğinin oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2011a).

Bu çalışmada, Ordu ilinin önemli akarsularından biri olan, içme ve sulama suyu kaynağı olarak kullanılan (Anonim, 2016), Karadeniz'e dökülen ve ağır metal içeriği yönünden genotoksitesisi araştırılan Melet Irmağı üzerinde 4 istasyon belirlenmiştir. Belirlenen istasyonlar Melet Irmağı'nı temsil edebilecek şekilde seçilmiştir. Irmak, nehir, göl gibi tatlı su ortamlarında ve özellikle Melet Irmağı örneğinde olduğu gibi



akarsularda yapılan doğrudan kimyasallarla kontaminasyonun izlenmesi çalışmalarında, kontrol grubunun oluşturulması gibi bir problem bulunmaktadır. Temiz ve kirli bölge ayrımının yapılmasındaki zorluk, akarsuyun daha temiz olduğu düşünülen üst bölgelerinin ve çeşitli nedenlerle birikimin ve karışımın fazla olduğu alt bölgelerin seçimiyle, bu problem ortadan kalkmaktadır. Bu durumla ilgili olarak Çavaş, (2004) akarsuyun üst bölgelerinin daha temiz olacağı için referans bir bölge olarak, deşarj noktaları olan orta ve alt bölgelerinin ise daha kirli olacağından esas analiz bölgeleri olarak kullanıldığını bildirmiştir. Ağır metallere bağlı olarak MN frekanslarında ortaya çıkan yükselmeler çeşitli çalışmalarla da gösterilmiştir. Summak, (2009) yaptığı çalışmada, Nilüfer Çayı üzerinde gerek endüstriyel gerekse evsel atıklarla önemli ölçüde kirlendiği düşünülen üç bölgeyi ve kontrol grubu olarak da Nilüfer Çayı'nın kaynağına yakın bir bölgesini çalışma istasyonları olarak belirlemiştir. Yazıcı, (2012)'nin araştırmasında ise, kirliliğin fazla ve az olma durumlarına göre üç istasyon seçilmiştir. Bunlardan birisi, kirliliği oldukça yüksek olan, ikincisi gerisinde çok az yerleşim yeri bulunan ve üçüncüsü gerisinde yerleşim bölgesi olmayan ve üzerinde Kuzgun Barajı inşa edilmiş olan istasyonlardır. Yapılan bu çalışmada, Melet Irmağı üzerindeki istasyon seçimleri bu problem göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir.

Genel olarak arazi çalışmaları; su, sediment ve balık dokularında ağır metal birikimi tespitlerini, örneklenen balık türlerinin kan dokularında meydana gelebilecek mikronükleus oluşumlarını ve genotoksik hasarla ortaya çıkan DNA kırıklarının belirlenmesini sağlamak üzere, mevsimlik olarak, Ocak 2015 - Aralık 2017 tarihleri arasında Melet Irmağı üzerinde belirlenen 4 istasyonda gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktaları Mahmudiye istasyonu (1. İstasyon), Kıranyağmur istasyonu (2. İstasyon), Kocaali istasyonu (3. İstasyon) ve Nehir ağzı istasyonu (4. İstasyon) şeklindedir. Örnekleme istasyonlarının özellikleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

### **3.1.1 Mahmudiye İstasyonu (1. İstasyon)**

Mesudiye ilçesine yakın ve Topçam Barajı'nın üst bölümünde yer almaktadır. Çevresinde fındık tarımının yapıldığı arazilerin bulunduğu, pestisit girdisi olan bir istasyondur. Ayrıca, bu bölgede pek fazla yerleşim alanı bulunmadığından, evsel atık girdisi çok azdır (Şekil 3.1.1.1). Melet Irmağı'nın üst bölgesinin ağır metal

konsantrasyonunun tespiti amacıyla seçilmiştir. Bu bölgede popülasyon yoğunluğu en fazla olan tür *Capoeta banarescui*'dur (Şekil 3.1.1.2). Bu tür, hem bölgeyi temsil edebilecek hem de metal konsantrasyonuna bağlı olarak oluşması beklenen DNA hasarı ve mikronükleus oluşumunun takibini yapmamızı sağlayacak tür olarak seçilmiştir.



Şekil 3.1.1.1 Mahmudiye istasyonunun genel görünüşü



Şekil 3.1.1.2 Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui*'nin genel görünüşü

### 3.1.2 Kıranyağmur İstasyonu (2. İstasyon)

Topçam Barajı'nın alt bölümünde kalan istasyonlar arasında baraja en yakın olan istasyondur. Çevresinde fındık bahçelerinden oluşan tarım arazileri ve yer yer yerleşim alanları bulunmaktadır. Bu nedenle, pestisitler, deterjanlar gibi maddelerden kaynaklı kimyasal girdinin mümkün olduğu bir istasyondur. Ayrıca, ırmağın bu kısmı yerleşim bölgeleri içerisinde akıp gelmektedir. Bu bölgede aynı zamanda hayvancılık da yapılmaktadır (Şekil 3.1.2.1). Arazi çalışmaları esnasında, bu bölgede popülasyon yoğunluğu en fazla olan tür *Vimba vimba* olarak dikkat çekmiştir (Şekil 3.1.2.2). Bölgenin metal konsantrasyonuna bağlı olarak, canlıda meydana gelebilecek genotoksik etkiler, bu bölge için, *V. vimba* türünün bireyleri kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 3.1.2.1 Kıranyağmur istasyonunun genel görünüşü



**Şekil 3.1.2.2** Kıranyağmur istasyonundan yakalanan *V. vimba*'nın genel görünüşü

### **3.1.3 Kocaali İstasyonu (3. İstasyon)**

Irmağın üzerine bulunan Topçam Barajı ile denizle birleştiği kısım olan nehir ağzı bölgeleri arasında kalan istasyondur. Çevresinde yoğun fındık bahçeleri ve diğer tarım arazileri bulunmaktadır, tarımın yoğun olarak yapıldığı bir bölgedir. Yağmur suyu, sızıntı gibi sebeplerle tarımsal ilaçların bu bölgede suya karıştığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu bölgede hayvancılık faaliyetleri de sürmektedir. Irmağın bu bölgesinde yerleşim alanları da oldukça yoğundur. İstasyona yakın bir bölgede taş ocağı işletmesi bulunmaktadır. Burada, taş kırma işlemleri yoğun bir şekilde yapılmakta ve işlemler sonucu oluşan toz havaya, oradan da suya karışmaktadır. Tüm bu etkenlerin yanında en önemlisi, istasyonun Kabadüz ilçesinde bulunan maden (bakır, kurşun ve çinko) işletmesinin etkisi altında olduğudur. Ayrıca, iş kamyonlarının bu bölgedeki toprak yolu sık kullanması, toz kütlelerinin sürekli bir şekilde havaya ve suya karışmasına neden olmaktadır (Şekil 3.1.3.1). Belirlenen bu bölgede, *Alburnus chalcoides* türünün popülasyon yoğunluğu en fazladır (Şekil 3.1.3.2). Bölgedeki metal konsantrasyonu birikiminin ve meydana gelmesi muhtemel genotoksik etkilerin takibinde, *A. chalcoides* türü üzerinden değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1.3.1 Kocaali istasyonunun genel görünüşü



Şekil 3.1.3.2 Kocaali istasyonundan yakalanan *A. chalcoides*'in genel görünüşü

#### 3.1.4 Nehir Ağız İstasyonu (4. İstasyon)

Irmağın deniz ile birleştiği ve yukarı bölgelerden aşağılara doğru suyla taşınarak gelen ağır metal ve diğer kimyasal maddelerin yoğun olduğu bölgedir. Irmağın tüm metal yükünün taşınarak bir noktada toplandığı alandır. Ayrıca, denize döküldüğü yerden taşıt trafiğinin yoğun olduğu bir anayol geçmektedir. Bu bölgede, hayvanlar otlatılmaktadır ve tarımsal bazı faaliyetlerin de yürütüldüğü küçük bahçeler mevcuttur. Tür yoğunluğunun fazla olması beklenen, ancak dip çamurunun yoğun ve bulanıklığın genel olarak devam ettiği bir alandır (Şekil 3.1.4.1). Bu bölgede en fazla

popülasyon yoğunluğu gösteren tür *A. chalcoides* türü olmuştur (Şekil 3.1.4.2). Değerlendirmeler *A. chalcoides* türü bireyleri üzerinden yürütülmüştür.



Şekil 3.1.4.1 Nehir ağız istasyonunun genel görünüşü



Şekil 3.1.4.2 Nehir ağız istasyonundan yakalanan *A. chalcoides*'in genel görünüşü

Balık örneklerinin toplandığı çalışma istasyonlarının genel görünüşü Şekil 3.1.5'te sunulmuştur.



Şekil 3.1.5 Çalışma alanı ve istasyonların genel görünüşü (Anonim, 2018a)

### 3.2 Irmak Suyu Örneklerinin Toplanması ve Analizleri

Ocak 2015-Aralık 2015 tarihleri arasında Melet Irmağı üzerinde belirlenen 4 istasyonun her birinden, fiziko-kimyasal parametrelerin belirlenmesi amacıyla su örnekleri alınmıştır. Kullanılan numune kapları, örnekleme çalışmalarından bir gün önce ilk olarak asit banyosundan (%1-2 HCl), ardından saf sudan geçirilerek temizliği sağlanmış ve hazır hale getirilmiştir (Boyd ve Tucker, 1992). Su örneklerinin toplanması mevsimlik olarak gerçekleştirilmiştir.

Her bir istasyonda gerçekleştirilen örnek alımları sırasında su numunelerinin sıcaklık (°C), pH, iletkenlik ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), tuzluluk (%), çözülmüş oksijen (mg/L), oksijen doygunluğu (%), TDS (mg/L) ve direnç ( $\text{k}\Omega.\text{cm}$ ) değerleri Hach Lange marka çoklu ölçüm cihazı ile arazide ölçülmüştür. Aynı gün içerisinde, laboratuvara getirilen su örneklerinde nitrit azotu (mg/L), nitrat azotu (mg/L), sülfat (mg/L) ve fosfat (mg/L) seviyeleri spektrofotometre ile belirlenmiştir.

Ağır metal birikim düzeylerinin araştırılması amacıyla, her mevsimin ortasına gelen ayda her bir istasyondan 3 tekerrürlü olmak üzere yüzeyden itibaren uygun derinlikten teleskopik numune alma aparatı yardımıyla su örnekleri alınmıştır. Alınan su numuneleri, 0.45 µm'lik Whatman GF/C tipi membran filtrelerle süzülerek toplama kaplarına konulmuştur. Örneklerin toplanmasından hemen önce toplama kapları ortam suyuyla en az üç defa çalkalanmıştır (Alam ve ark., 2001).

Su örnekleri, buz korumalı kaplarda laboratuvara getirilmiştir. İndükleyici Çift Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazında analiz yapılncaya kadar +4 °C'de buzdolabında bekletilmiştir. Analiz işlemi esnasında standartlar eşliğinde her bir örneğin en az 3 tekrarlı okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Su numunelerindeki ağır metal miktarları ICP-MS spektroskopik metoduyla Giresun Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan Bruker marka 820-MS model ICP-MS Spektrometresi ile µg/L düzeyinde belirlenmiştir. Analiz edilen elementler Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Al, Ni, As, Cr, Cd, Pb şeklindedir.

### **3.3 Irmak Sedimenti Örneklerinin Toplanması ve Analizi**

Irmak üzerinde belirlenen istasyonlara ait sediment numuneleri, su örnekleriyle aynı zaman diliminde mevsimsel olarak alınmıştır. Her bir istasyonun dip kısmından 0-10 cm'lik tabakadan alınan sediment örnekleri 0,5 µm'lik elek kullanılarak elenmiştir. Ağır metal analizleri için elenen örnekler, 105 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurumaya bırakılmıştır. Her bir numuneye ait kuruyan örneklerden 0,5 g alınarak üzerlerine 3 mL HCl ve 1 mL HNO<sub>3</sub> eklenerek 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra örnekler ısı tablası üzerine alınarak 120 °C'de berraklaşana kadar kimyasallarla muamale edilmiştir. Hazır hale getirilen örnekler deiyonize su ile 50 mL'ye seyreltilmiştir. Mavi bant süzme kâğıtlarından süzülerek okunmaya hazır hale getirilmiştir (Dural ve Göksu, 2006). Analiz edilen elementler Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Al, Ni, As, Cr, Cd, Pb şeklindedir. Örneklerin element içerikleri, Bruker marka 820-MS model ICP-MS Spektrometresi ile ppm düzeyinde belirlenmiştir.

### **3.4 Irmaktaki Balık Örneklerinin Toplanması ve Analizi**

Numunelerin alınması ve laboratuvar çalışmaları süresince gerekli olan Etik Kurulu İzni Ordu Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan, araştırma izni ise



Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'ndan, örnekleme ve laboratuvar çalışmalarına başlanmadan önce ilgili birimlere müracaat edilerek alınmıştır.

Belirlenen istasyonlara ait balık türlerinin dokularındaki ağır metal birikimlerinin çalışılması amacıyla, balıklar (*C. banarescui*, *V. vimba* ve *A. chalcoides* türlerine ait bireyler) örnekleme noktalarından gerek doğrudan gerekse balıkçılar yardımıyla serpme ağ kullanılarak yakalanmıştır. İstasyonlardan toplanıp taşıma kaplarında laboratuvara getirilen balık örneklerinin tür tayinleri yapılmıştır. Tür tayinleri yapılan balık örneklerinin boy ve ağırlık değerleri ölçülüp kataloglara kaydedilmiştir. Dokuların metal kontaminasyonuna maruz kalmalarını engellemek amacıyla laboratuvar ekipmanları kullanılmadan önce 48 saat süre ile 2 M HNO<sub>3</sub>'e batırılmıştır (Akaydın, 2014). Bu ekipmanlar deiyonize su ile beş kez durulandıktan sonra beş kez daha damıtılmış su ile durulanmış ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. İstasyonlara ve türlere göre tasnif edilen her bir örnekten, solungaç ve karaciğerin tamamı ile kas dokusunun yanıl çizgi ile sırt yüzgeci arasında kalan kısımları alınmıştır. Her birine katalog numarası yazılmış kilitli poşetler içinde ağır metal analizleri yapılana kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

Ağır metal analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla, dondurulmuş doku örnekleri oda sıcaklığında bekletildikten sonra mikser ile parçalanarak homojenize edilmiştir. Homojenize etme aşamasından önce, aynı türe ait bireyler boy gruplarına ayrılmıştır. Her bir boy grubuna ait bireylerin karaciğer, solungaç ve kas dokuları birleştirilerek boy gruplarına göre ağır metal birikiminin durumu araştırılmıştır. Tüm istasyonlar ve mevsimler için aynı işlem gerçekleştirilmiştir. Birleştirme ve homojenizasyon işleminden sonra, tüm doku örnekleri 100 mL'lik teflon beherlere aktarılmıştır. 10 mL ultra saf konsantre HNO<sub>3</sub>, örneklerin üzerine yavaş yavaş ilave edilmiştir. Saat camı ile üstü kapatılmış teflon beherler 3 saat süreyle sıcak bir plaka üzerinde 200 °C'de çözelti tortu haline gelinceye kadar yavaşça ısıtılmıştır. 2 mL 1 N HNO<sub>3</sub> tekrar tortu üzerine ilave edilmiş ve bu çözelti, sıcak plaka üzerinde bir sefer daha buharlaştırılmıştır. Teflon beherlerin soğuması sağlandıktan sonra 2.5 mL 1 N HNO<sub>3</sub> sindirilmiş artığa eklenmiş ve bu çözelti volümetrik şişelere aktarılarak deiyonize su ile 50 mL seviyesine kadar seyreltilmiştir (Şekil 3.4.1-3.4.2). Numuneler analizlerinden önce 0.45 µm nitroselüloz zar filtre kullanılarak filtre edilmiştir (Akaydın, 2014). Daha sonra, ICP-MS cihazında ağır metal elementlerinin varlığı üç

paralelli şekilde analiz edilmiştir. Analiz edilen elementler Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Al, Ni, As, Cr, Cd, Pb şeklindedir. Element konsantrasyonları mg/kg yaş ağırlık olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.4.1 Balık dokularının ICP-MS okumalarına hazırlanması



Şekil 3.4.2 ICP-MS okumalarına hazırlanan numuneler

Balıklara ait kas dokusundaki ağır metal konsantrasyonları (FAO, 1983; FAO, 1989), Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 1989); Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (Anonim, 2002; 2011b); IAEA, (2003) ve Avrupa Komisyonuna (EC, 2008) göre insan tüketimi için maksimum kabul edilir konsantrasyonlarla karşılaştırılmıştır.

### **3.5 Ekotoksikolojik Analizler**

Akarsuların genotoksisitesinin belirlenmesinde mikronükleus (MN) frekanslarının tespiti ve comet analizi, özellikle son yıllarda, birçok organizma grubuna uyarlanarak başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Bu çalışmada değerlendirmeler için, balıkların seçilmesinin nedenleri arasında, hem uygulama kolaylığı sağlaması hem de preparasyon aşamasında pratik olması bulunmaktadır.

Mikronükleus (MN) testi ve comet analizi, sucul sistemlerin genotoksisitesini belirleyen biyo-belirteçlerin etkin bir şekilde değerlendirilmesinde, duyarlı araçlar olarak kullanılmaktadır. Mikronükleus testi ise, mikronükleusların ortaya çıkmasına kadar mitoz yoluyla mutlaka bir süreç gerektiren kromozom kırılmalarının (veya mitotik anomalilerin) bir sonucunda hücrede gözlemlenebilen oluşumların tespitine dayanmaktadır. Mikronükleus testi, sefalik böbrek kök hücrelerinde ortaya çıkan kromozom kırılmalarını veya mitotik anomalileri de ortaya çıkarmaktadır. Bu sayede, dolaşımdaki eritrositler, sonunda mikro çekirdekli olarak, çok yavaş bir şekilde dolaşıma salınırlar. Comet analizi, genotoksinlere maruz kalan bireylerde, maruziyeti takiben çok erken uyarılabilen ve doğrudan gerçekleşen DNA zincir kırılmalarını tespit edebilmektedir. Ayrıca, comet analizi, araştırmada kullanılan balıkların dolaşım sistemlerindeki eritrositlerde meydana gelen DNA kırılmalarını doğrudan tespit edebilmektedir (Buschini ve ark., 2004).

#### **3.5.1 *In-situ* Arazi Çalışmaları**

*In-situ* arazi çalışmaları, Melet Irmağı'nda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde, belirlenen dört bölgeden (Mahmudiye: *C. banarescui* (n=20); Kıranyağmur: *V. vimba* (n=20); Kocaali: *A. chalcoides* (n=20) ve Nehir ağzı: *A. chalcoides* (n=20)) örneklenen toplam 80 birey üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekleme bölgelerindeki suyun ağır metal konsantrasyonu değerlerine bağlı olarak ortaya çıkması muhtemel olan genotoksik etkiler, her bölge için tüm mevsimlerde ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Balık türlerine ait kan numunelerindeki mikronükleus

oluşumunun varlığı ve comet analizi parametreleri hem bölgesel hem de mevsimsel olarak araştırılmıştır. Balık örnekleri ırmağa ait su ve sediment numunelerinin alındığı istasyonlar ve çevresinden yakalanmıştır.

Örneklemeler Ocak 2015- Aralık 2017 boyunca ilkbahar (Mayıs), yaz (Temmuz), sonbahar (Ekim) ve kış (Şubat) dönemlerinde gerçekleştirilmiştir. *In situ* çalışmaları gerçekleştirmek üzere yakalanan balık örnekleri, nehir boyunca bölgesel olarak değişen popülasyon dağılımından dolayı üç farklı türden oluşmaktadır. Her bir popülasyona ait balık numuneleri, o bölgeyi temsil etmektedir. İstasyonların mevsimsel olarak değerlendirilmesi, mikronükleus (MN) testi ve comet analizi için her istasyondan yakalanan 5 birey üzerinden yapılmıştır.

Mikronükleus (MN) testi ve Comet analizi için, yakalanan bireylerin kalplerinden derhal heparinize şırınga yardımıyla kan numuneleri alınmış ve soğuk zincir şeklinde laboratuvara getirilmiştir. Kan numuneleri mümkün olan en kısa sürede mikronükleus testi ve comet analizinde kullanılacak preparatlar haline getirilmiştir. Mikronükleus testi için preparatlar derhal bir damla kan lam üzerine damlatılarak yayma suretiyle hazırlanmıştır. Comet analizi için kullanılan kan numunelerinin buzdolabı koşullarında +4 °C’de bekleme süreleri 1 haftayı geçmemiştir. Yakalanan her birey için 2 adet preparat hazırlanmıştır.

### **3.5.1.1 Mikronükleus (MN) Testi**

Mikronükleus analizleri, örneklenen balıkların periferik kan hücrelerinde gerçekleştirilmiştir. Mikronükleus incelemeleri için, bireyler yakalanır yakalanmaz kalplerinden heparinize şırınga yardımıyla kan numuneleri alınmıştır. Her bireyden toplanan kan örnekleri, etiketlenmiş temiz lamlar üzerine damlatılarak derhal ince bir tabaka şeklinde yayılmıştır. Yakalanan her bireyden 2 adet kan preparatı hazırlanmıştır. Çavaş, (2004)’ın belirttiği metot, laboratuvar şartlarına uygun şekilde değiştirilerek uygulanmış, kuruması sağlanan lamlar % 98’lik etil alkol içerisinde 20 dakika boyunca fikse edilmiştir. Tekrar kuruması sağlanan lamlar daha sonra % 5’lik Giemsa solüsyonu ile dolu şaleler içerisinde 15 dakika boyunca bekletilerek boyanması sağlanmıştır. Boyama işlemi tamamlandıktan sonra preparatlar saf sudan geçirilerek boyanın fazlası akıtılmıştır. Havada kurutulan preparatlar daha sonra ışık mikroskobu altında incelemeye alınmıştır. Her birey için 2000 hücre sayılarak

mikronükleus oluşumu değerlendirilmiştir. Mikronükleus incelemeleri amacıyla toplam 80 birey analiz edilmiş ve 160000 hücre sayılarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.5.1.1.1 Mikronükleus incelemeleri için preparat hazırlama aşamaları

Işık mikroskobu altında mikronükleus incelemelerinin gerçekleştirilmesi esnasında preparatlarda görülebilecek bazı olumsuzluklar olabilir. Boya partikülleri veya diğer bazı kirlenici etkenler, mikronükleuslar ile karıştırılabilmektedir. Bu hataların ortadan kaldırılması adına, genel olarak dikkat edilmesi gereken ve standardize edilmiş kriterler aşağıda şu şekilde sıralanabilir:

- Gözlenen mikronükleuslar, ana çekirdek ile aynı yansıma özelliğinde olmalıdır.
- Mikronükleuslar ana çekirdek ile aynı oranda boyanmış olmalıdır.
- Mikronükleusların yeri ana çekirdeğin yanındadır.
- Gözlenen mikronükleusun büyüklüğü, ana çekirdeğin 1/3'ünden daha küçük olmalıdır.
- Mikronükleus sayımının gerçekleştirildiği hücreler, diğer hücrelerden izole olmuş halde bulunmalıdır (Çavaş, 2004).

### 3.5.1.2 Comet Analizi (Tek Hücre Jel Elektroforezi, SCGE)

Analize başlamadan önce, laboratuvar şartlarında çalışılması en uygun metodun oluşturulması adına comet analizinin basamakları Tice ve ark., (2000)'ndan değiştirilerek uygulanmıştır.

#### 3.5.1.2.1 Kullanılan Çözeltiler

**-Fosfat Tamponu:** Stok PBS (Phosphate Buffered Saline, Fosfat Tamponlu Tuz Çözeltisi) solüsyonundan 100 mL alınmış, üzeri 900 mL distile su ile tamamlanarak hazırlanmıştır.

**-Normal Erime Isılı Agar (NMPA):** Normal erime ısılı agarın hazırlanması için, 1 g NMPA tartılmıştır ve 100 mL distile su eklenerek mikrodalga fırında iyice erimesi sağlanarak kaynatılmıştır.

**-Düşük Erime Isılı Agar (LMPA):** Düşük erime ısılı agarı hazırlamak için, 0.15 g LMPA tartılmıştır ve üzeri 20 mL PBS ile tamamlanarak mikrodalgada kaynatılmıştır.

**-Stok Lizis Solüsyonu (pH 10):** 100 mL solüsyon hazırlamak için; 2.5 M NaCl, 100 mM EDTA, 100 µM Tris-HCl ile pH'ın 10'a ayarlanması için 10 M'lık NaOH çözeltisi kullanılmıştır. pH sabitlendiğinde çözeltinin son hacmi distile suyla 100 mL'ye tamamlanmıştır. Kullanımına kadar geçen sürede buzdolabında +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

**-Lizis Çözeltisi:** Stok lisiz solüsyonundan 89 mL alınmıştır. Üzeri 1 mL Triton X (%1) ve 10 mL DMSO (%10) ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Kullanılmadan hemen önce hazırlanılmasına ve soğuk olmasına dikkat edilmiştir.

**-Elektroforez Tamponu:** 700 mL elektroforez solüsyonu için, 21 mL 10 N NaOH çözeltisi ile 3.5 mL 200 mM EDTA (pH: 10) karıştırılarak, üzeri 700 mL'ye distile su ile tamamlanarak hazırlanmıştır. Çözeltinin pH'sı en az 13 ( $\text{pH} \geq 13$ ) olacak şekilde ayarlanmıştır. Çözeltinin buz soğukunda olmasına dikkat edilmiştir.

**-Nötralizasyon Tamponu:** 1000 mL 0.4 M Tris HCl hazırlanmıştır. Çözeltinin pH'sını ayarlamak için, 1 N HCl kullanılmıştır. pH 7.5'a ayarlanmış ve buzdolabında +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

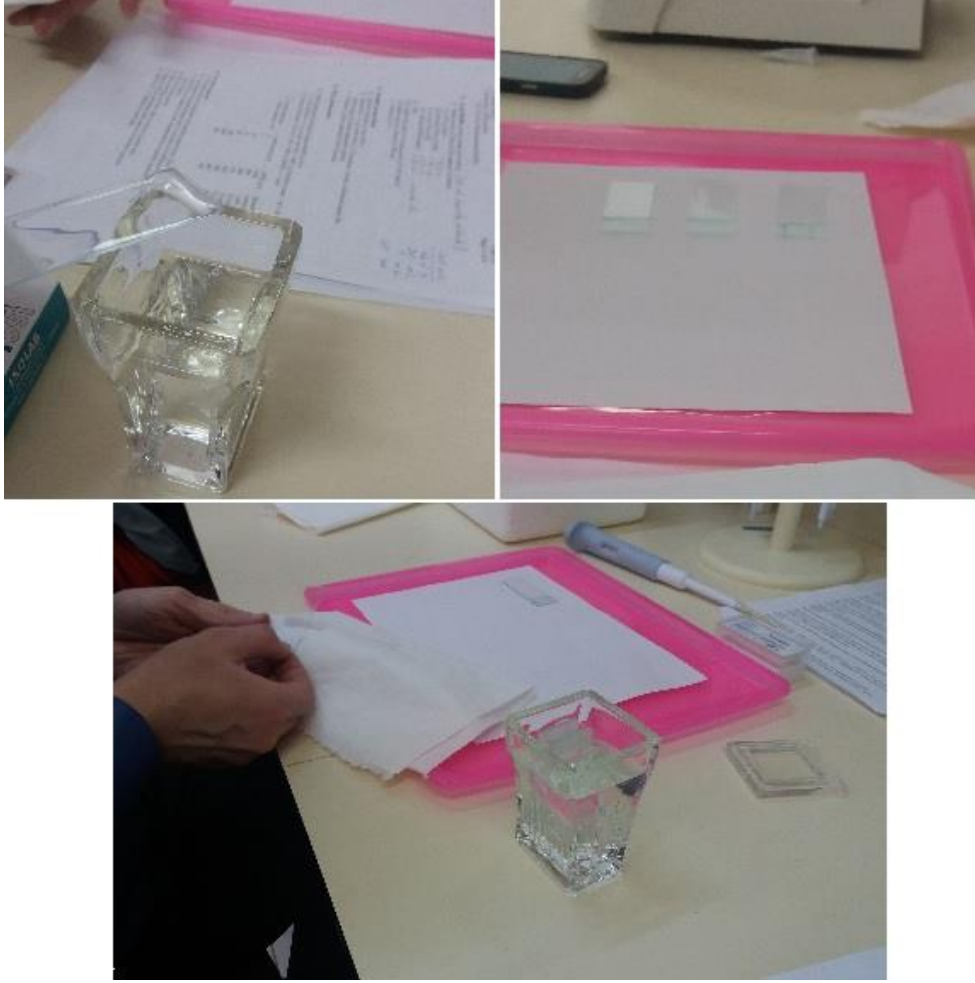
**-Stok Etidyum Bromid Çözeltisi:** Toz halindeki etidyum bromidden 10 mg alınmıştır. Üzeri 50 ml distile su ile tamamlanarak hazırlanmıştır.

**-Boyama Çözeltisi:** Preparatları incelemeyen hemen önce boyamak amacıyla, 100 mL distile su şaleye alınmıştır. Daha sonra içerisine, hazırlanan stok etidyum bromid solüsyonundan 1 damla damlatılarak preparatların boyanması sağlanmıştır.

#### 3.5.1.2.2 Analizin Uygulanması

Metot, laboratuvar şartlarımıza uygun şekilde değiştirilerek uygulanmıştır. Preparatların hazırlanması süreci boyunca, işlemler mümkün olan en karanlık ortamda gerçekleştirilmiştir.

**-Lamların Hazırlanması:** Preparatları hazırlamak amacıyla kullanılacak lamlar, % 1'lik normal erime ısıyla agarla kaplanmıştır (Tice ve ark., 2000). Normal erime ısıyla agar kaynatılarak hazırlandıktan sonra, sıcak su banyosu içerisine yerleştirilmiş şaleye aktarılmıştır. Agarla kaplanacak lamlar, şale içerisindeki agara daldırılıp 45° açıyla çekilerek fazlasının hafifçe sızması sağlanmıştır. Daha sonra lamların alt kısmı peçete yardımıyla temizlenerek düz bir yüzey üzerine dizilmiştir (Şekil 3.5.1.2.2.1). Bir gün boyunca donması sağlandıktan sonra, kullanıma hazır şekilde, preparat kutusu içerisinde muhafaza edilmiştir. Lamlar üzerine hücreler yayılmadan hemen önce, örneğe ait katalog numaraları yazılmış ve numaralandırılmıştır.



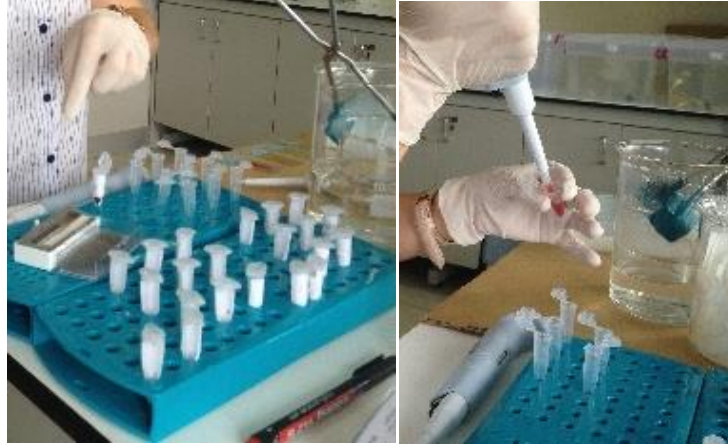
Şekil 3.5.1.2.2.1 Lamaların agarla kaplanması

**-Hücrelerin Hazırlanması:** Her bir balığın kalbinden şırınga yardımıyla alınıp muhafaza edilen kan numuneleri (Şekil 3.5.1.2.2.2), şırıngaların içerisinde örnek numaralarının yazdığı 1.5 mL'lik ependorf tüplerine boşaltılmıştır. Daha sonra, örnek numaralarının yazılı olduğu 0.5 mL'lik ependorf tüpleri kan ve agar karışımının donmasını engellemek amacıyla 37 °C'lik su banyosu içerisine oturtularak hazırlanmıştır. Hazırlanan ependorflar içerisine 50 µL kan ve 150 µL % 0.75'lik LMPA mikropipetler yardımıyla aktarılmıştır (Şekil 3.5.1.2.2.3). Kan + LMPA karışımından 90 µL alınarak, her bir lama yayılmıştır. Üzeri derhal lamelle kapatılmış ve soğuk zemin üzerine yerleştirilmiştir. Donmasını sağlamak amacıyla 5 dakika beklenmiştir. Her bir balık örneği için 2 preparat hazırlanmıştır. Bu şekilde her örnek için tüm yaymalar tamamlanmıştır (Tice ve ark., 2000) (Şekil 3.5.1.2.2.4).





**Şekil 3.5.1.2.2.2** Balıklardan kan örneklerinin şırınga yardımıyla toplanması



**Şekil 3.5.1.2.2.3** Eritrosit hücrelerinin hazırlanması



Şekil 3.5.1.2.2.4 Hücrelerinin agar kaplı lam üzerine yayılması

**-Lizis:** Üzeri lamel ile kapatılarak soğuk zemin üzerinde donmaya bırakılmış kan + LMPA kaplı lamalar, lizis solüsyonuna aktarılmadan önce, üzerlerindeki lameller bir seferde çekilip alınmıştır. Daha sonra lamalar, şale içerisindeki lisiz solüsyonuna, birbirine temas etmeyecek şekilde sırt sırta konulmuştur. Lizis işleminin tamamlanması için, +4 °C'de

buzdolabında en az 1 saat bekletilmiştir (Şekil 3.5.1.2.2.5) (Tice ve ark., 2000).

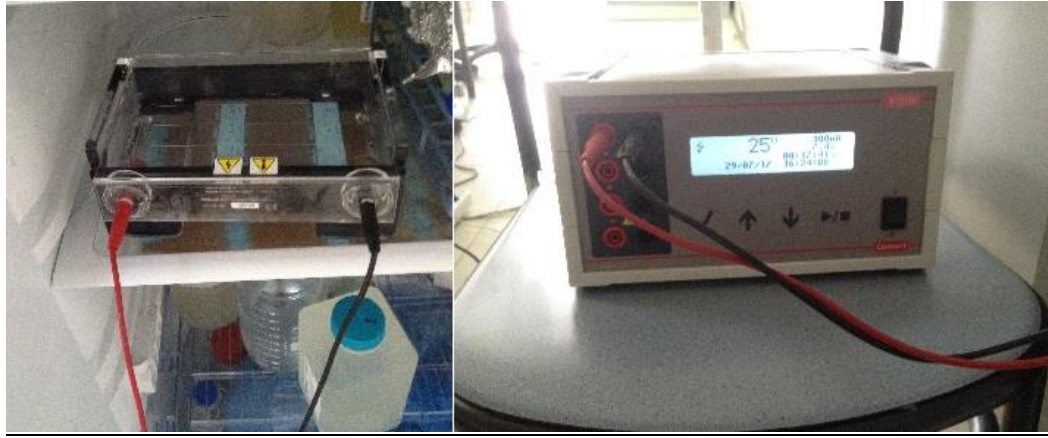


**Şekil 3.5.1.2.2.5** Hazırlanan lamaların lizis solüsyonuna aktarılması

**-Elektroforez:** Kullanıma hazırlanmış olan elektroforez solüsyonu soğuk olarak, yürütmenin yapılacağı elektroforez tankına aktarılmıştır. Lizis solüsyonundan çıkarılan lamalar, rodajsız tarafları kırmızı kutba doğru olacak şekilde tanka yerleştirilmiştir. Tank içerisindeki lamalar buzdolabı içerisinde sıcaklık dengelenmesi için 20 dakika bekletilmiştir (Şekil 3.6.1.2.2.6). Daha sonra, +4 °C’de karanlık ortamda 20 dakika 25 V 300 mA akımda yürütme işlemi yapılmıştır (Şekil 3.5.1.2.2.7) (Tice ve ark., 2000).



Şekil 3.5.1.2.2.6 Lizis solüsyonundan çıkarılan lamaların elektroforeze hazırlanması



Şekil 3.5.1.2.2.7 Elektroforez aşaması

**-Nötralizasyon:** Yürütmeden sonra preparatlar elektroforez tankı içerisinden çıkarılarak şale içerisine yerleştirilmiştir. Nötralizasyon tamponuyla 10 dakika muamele edilen lamalar, distile su ile yıkanmıştır. Yıkama işlemi dikkatli bir şekilde yapılmıştır. Daha sonra preparatlar, 1 gün boyunca oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.5.1.2.2.8) (Tice ve ark., 2000).



Şekil 3.5.1.2.2.8 Nötralizasyon aşaması

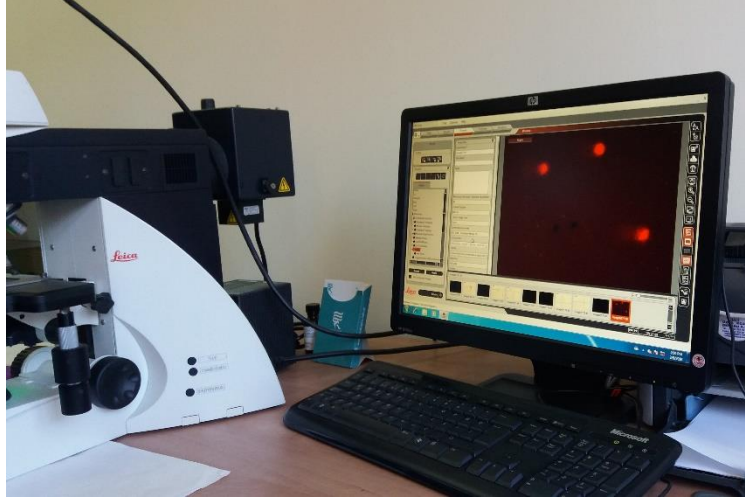
**-Boyama:** Oda sıcaklığında kurumaya bırakılan preparatlar, incelenmek üzere şale içerisinde hazırlanmış etidyum bromid içerisinde daldırılmıştır (Şekil 3.5.1.2.2.9). Boyanması için kısa bir süre beklendikten sonra, floresan mikroskop altında incelenmeye hazır hale gelmiştir (Tice ve ark., 2000).



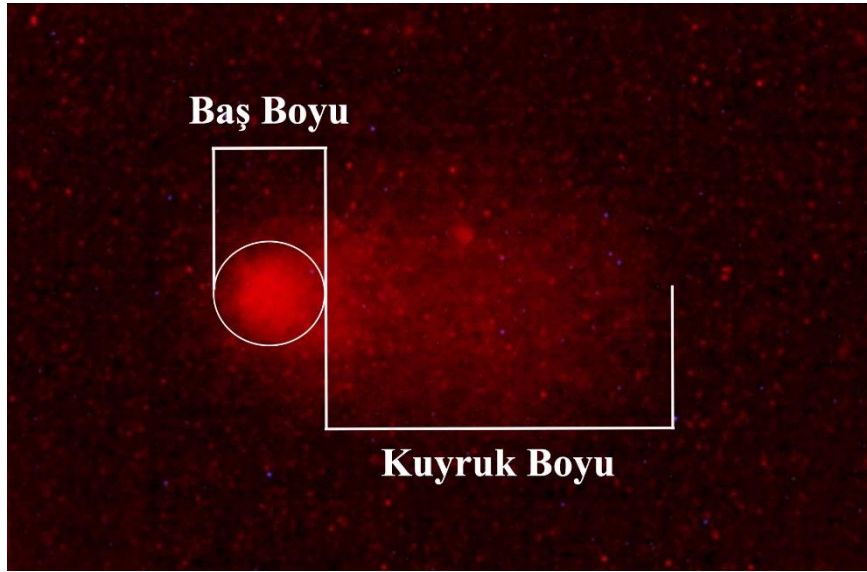
Şekil 3.5.1.2.2.9 Preparatların boyanması

**-Preparatların İncelenmesi:** Hazırlanan preparatların incelenmesi sırasında, floresan mikroskopta kullanılan filtre Texas Red olarak seçilmiştir. Preparatlardaki Comet oluşumu floresan mikroskop altında ve X20 büyütmede incelenmiş ve fotoğraflanmıştır (Şekil 3.5.1.2.2.10). Her birey için rastgele toplam 100 eritrosit hücresi sayılmıştır (Tice ve ark.,

2000). Comet oluşumlarının incelenmesi amacıyla toplam 80 birey analiz edilmiş ve 8000 eritrosit hücresi sayılarak değerlendirilmiştir.



şekil 3.5.1.2.2.10 Preparatların incelenmesi



şekil 3.5.1.2.2.11 Baş ve kuyruk kısımlarından oluşan tipik bir Comet görüntüsü

İncelemelerde her birey için 100 hücre sayılmıştır. Hücrelerin seçiminde ve değerlendirilmesi aşamasında, hem çalışmanın hassaslığını desteklemek hem de objektif bir bakış açısıyla yaklaşılmasını sağlamak amacıyla, aşağıdaki hususlara dikkat edilmiştir:

- Değerlendirmek amacıyla preparatların kenar blgelerindekilerden ziyade orta kısımlarındaki hücreler tercih edilmiştir.

- Hazırlanan tüm preparatlar mutlaka incelenmiştir.
- Değerlendirilmek üzere seçilen hücrelerin mutlaka tek tek düşmesine dikkat edilmiştir.
- Preparatlarda sayılan hücreler rasgele olarak seçilmiştir.
- Tüm preparatlar aynı ışımaya derecesinde değerlendirilmiş ve fotoğraflanmıştır.

Hücrelerin sayımı ve değerlendirilmesi amacıyla Comet Score programı kullanılmıştır. Preparat incelemelerinin sonucunda kuyruk boyu, ortalama kuyruk yoğunluğu (%), ortalama baş yoğunluğu (%), kuyruktaki % DNA miktarı, baştaki % DNA miktarı ve kuyruk momenti değerleri TriTek CometScore 2.0 yazılımı kullanılarak ölçülmüş ve hesaplanmıştır.

### 3.5.1.2.3 TriTek CometScore 2.0 Yazılımı

Bu yazılım, geometrik şekil özelliklerine ve parçalara ayrılmış comet başlarının fotoğraf yoğunluğu üzerinden profil analizine dayanan comet bulguları için, özgün ve güçlü bir metot kullanmaktadır. Otomatik kontrolünden dolayı, CometScore yazılımı daha doğru, kişinin önyargısına daha az eğilimli ve manuel analizden daha hızlı sonuçlar verir. Canlı analiz işlevselliği, kullanıcıların doğrudan bir mikroskoptan çekilen görüntüleri analiz etmelerini sağlamaktadır (Gyori ve ark., 2014).

Bir "comet", her piksel yoğunluğunun söz konusu lokasyondaki DNA miktarına karşılık geldiği segmentasyon işleminden sonra belirlenmiş bir şekildeki tüm birleştirilmiş piksel konumları olarak tanımlanır. CometScore yazılımı için skorlama denklemleri aşağıda tanımlanmıştır. Ölçümler yapılırken elde edilen algoritmalar aşağıda açıklanan denklemlere dayanmaktadır (Anonim, 2017):

**-Kuyruk Boyu:** Comet kuyruğunun uzunluğu, comet başı uzunluğunun, tüm comet boyundan çıkarılmasıyla hesaplanır.

$$L_t = L_c - L_h \quad (2.1)$$

**-Ortalama Kuyruk Yoğunluğu:** Ortalama comet kuyruğu yoğunluğu, comet kuyruğundaki tüm piksel yoğunluğu değerlerinin ortalamasıdır.

$$\mu_I = \frac{I_t}{A_t} \quad (2.2)$$

**-Ortalama Baş Yoğunluğu:** Ortalama comet başı yoğunluğu, comet başı içerisindeki tüm piksel yoğunluğu değerlerinin ortalamasıdır.

$$\mu_I = \frac{I_h}{A_h} \quad (2.3)$$

**-Kuyruktaki % DNA:** Comet kuyruğundaki DNA yüzdesi, toplam comet kuyruğu yoğunluğunun, toplam comet yoğunluğuna bölünüp, 100 ile çarpılmasıyla hesaplanır.

$$\%DNA_t = 100 \times \frac{I_t}{I_c} \quad (2.4)$$

**-Baştaki % DNA:** Comet başı içerisindeki DNA yüzdesidir. Toplam comet başı yoğunluğunun, toplam comet yoğunluğuna bölünüp, 100 ile çarpılmasıyla hesaplanır.

$$\%DNA_h = 100 \times \frac{I_h}{I_c} \quad (2.5)$$

**-Kuyruk Momenti:** Kuyruk momenti, comet kuyruğundaki DNA yüzdesinin, kuyruk uzunluğu ile çarpılmasıyla hesaplanır.

$$M_t = \%DNA_t \times L_t \quad (2.6)$$

### 3.6. İstatistiksel Analizler

İstasyonlardan alınan suyun fiziko-kimyasal parametrelerinin ve element seviyelerinin, su, sediment ve balık dokularında ölçülen element konsantrasyonlarının istasyonlara ve metallere göre mevsimsel ve yıllık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler MİNİTAB 16 paket programı ile hesaplanmıştır.

İncelemeler sonucunda MN testi ve comet analizlerinden elde edilen verilerin değerlendirilmesinde öncelikle verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığı Kolmogorov-Smirnov testi kullanılarak araştırılmıştır. Normal dağılıma sahip veri gruplarının değerlendirilmesi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. İstatistiksel testler SPSS 21 paket programı kullanılarak uygulanmıştır.



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1 Suyun Fiziko-Kimyasal Değerleri

Melet Irmağı boyunca suyun fiziko-kimyasal özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde, ırmak üzerinde belirlenen dört istasyonda, suyun sıcaklık, pH, iletkenlik, tuzluluk, çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, TDS ve direnç değerleri belirlenmiştir. Buna ek olarak, dört istasyondan tüm mevsimlerde su örnekleri alınarak nitrit azotu, nitrat azotu, sülfat ve fosfat seviyeleri ile 11 elementin varlığı araştırılmıştır.

Elde edilen parametrelerin değerleri, Türk Çevre Mevzuatının, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan "Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" (SKKY, 2004) ve "Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fiziko-kimyasal Parametreler açısından sınıflarına göre kalite kriterleri" (YSKY, 2012) değerleriyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.1.1-4.1.2). Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda Ocak 2015-Aralık 2015 tarihleri arasında Mahmudiye, Kıranyağmur, Kocaali ve Nehir ağız istasyonları için ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde ölçümü yapılan tüm parametrelerden elde edilen fiziko-kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1.3-4.1.6'da verilmiştir.

Gerek içme suyu elde edilebilirlik durumu gerekse balıkların yaşam ortamı olmasından dolayı, ırmak suyunun I. ve II. sınıf su kalitesi değerleri aralığında olması önemlidir. Bu değerlerin üzerindeki III. ve IV. sınıf su kimyasal değerleri yüksek kabul edilmektedir. Belirtilen kriterlere (Çizelge 4.1.1-4.1.2) ve elde edilen su değerlerine göre (Çizelge 4.1.3), belirlenen sıcaklık değerleri Mahmudiye istasyonunda ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde I. sınıf, yaz mevsiminde III. sınıf su kalitesi değerlerindedir. pH değerleri SKKY, (2004)'e göre ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde I. sınıf, kış mevsiminde III. sınıf su kalitesindedir; (YSKY, 2012)'ya göre, tüm mevsimlerde belirlenen limit değerler aralığındadır. Çözülmüş oksijen değerleri belirtilen kriterlere göre, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde II. sınıf, sonbahar ve kış mevsimlerinde ise I. sınıf su kalitesindedir. Oksijen doygunluğu, TDS ve iletkenlik değerleri tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir. Bunun yanında, nitrit azotu değerleri tüm mevsimlerde II. sınıf; nitrat azotu değerleri ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerine I. sınıf, yaz mevsiminde

II. sınıf; sülfat iyonu değerleri de tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir.

**Çizelge 4.1.1** Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan “Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” (SKKY, 2004)

	1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf	4. Sınıf
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	>30
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 8	6 - 8	3 - 6	< 3
Oksijen Doygunluğu (%)	90	70 - 90	40 - 70	< 40
TDS (mg/L)	< 500	500 - 1500	1500 - 5000	> 5000
İletkenlik (µs/cm)	< 400	400 - 1000	1001 - 3000	> 3000
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N (mg/L)	< 0.002	0.002 - 0.010	0.010 - 0.050	> 0.050
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N (mg/L)	< 5	5 - 10	10 - 20	> 20
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	< 200	< 200	200 - 400	> 400

**Çizelge 4.1.2** “Kıtaıçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fiziko-kimyasal Parametreler açısından sınıflarına göre kalite kriterleri” (YSKY, 2012)

	1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf	4. Sınıf
pH	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	> 8	6 - 8	3 - 6	< 3
İletkenlik (µs/cm)	< 400	400 - 1000	1001 - 3000	> 3000
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N (mg/L)	< 3	3 - 10	10 - 20	> 20

**Çizelge 4.1.3** Mahmudiye istasyonunda tespit edilen fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değerleri

Fiziko-kimyasal Parametreler	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Sıcaklık (°C)	22.1	<b>28.3</b>	10.7	5.0
pH	7.94	8.20	7.62	<b>8.58</b>
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	<b>7.03</b>	<b>7.40</b>	10.11	10.09
Oksijen Doygunluğu (%)	90.1	107.4	102.0	100.0
Tuzluluk (‰)	0.13	0.18	0.14	0.15
TDS (mg/L)	143.4	185.9	148.3	147.1
İletkenlik (µs/cm)	280	376	298	302
Direnç (kΩ.cm)	3.32	2.73	3.42	3.25
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N (mg/L)	<b>0.006</b>	<b>0.005</b>	<b>0.003</b>	<b>0.007</b>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0.020	0.015	0.011	0.022
NaNO <sub>2</sub> (mg/L)	0.031	0.022	0.016	0.033
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N (mg/L)	0.5	<b>8.4</b>	0.4	0.4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	2.4	3.7	1.7	1.6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	8	19	28	18
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	1.18	0.65	4.07	0.26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/L)	0.88	0.49	3.04	0.20

Belirtilen kriterlere (Çizelge 4.1.1-4.1.2) ve elde edilen su değerlerine göre (Çizelge 4.1.4), kaydedilen sıcaklık değerleri Kıranyağmur istasyonunda tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesindedir. pH değerleri SKKY, (2004)'ye göre ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde I. sınıf, kış mevsiminde III. sınıf su kalitesinde; yerüstü su kalitesi yönetmeliği (YSKY, 2012)'ne göre, tüm mevsimlerde belirtilen limit değerler aralığında tespit edilmiştir. Çözünmüş oksijen değerleri belirtilen kriterlere göre, ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde I. sınıf, yaz mevsiminde ise II. sınıf su kalitesindedir. Oksijen doygunluğu, TDS ve iletkenlik değerlerinin tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesi özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Bunun yanında, nitrit azotu değerleri ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde II. sınıf, yaz mevsiminde I sınıf; nitrat azotu değerleri tüm mevsimlerde I. sınıf; sülfat iyonu değerleri de tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir.

**Çizelge 4.1.4** Kıranyağmur istasyonunda tespit edilen fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değerleri (Ö.A.D.: ölçüm aralığının dışında)

Fiziko-kimyasal Parametreler	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Sıcaklık (°C)	10.6	23.6	12.8	9.7
pH	7.95	8.17	7.95	<b>8.65</b>
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	10.29	<b>7.72</b>	9.97	10.11
Oksijen Doygunluğu (%)	97.0	96.5	95.5	98.0
Tuzluluk (%)	0.08	0.11	0.07	0.08
TDS (mg/L)	81.5	114.7	75.6	81.1
İletkenlik (µs/cm)	172.0	227.0	151.4	172.2
Direnç (kΩ.cm)	5.85	4.35	6.61	5.84
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N (mg/L)	<b>0.002</b>	Ö.A.D.	<b>0.004</b>	<b>0.003</b>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0.008	Ö.A.D.	0.012	0.01
NaNO <sub>2</sub> (mg/L)	0.012	Ö.A.D.	0.018	0.015
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N (mg/L)	0.7	0.3	1.6	0.6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	3.1	1.3	6.9	2.5
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/L)	10	13	16	13
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/L)	0.81	Ö.A.D.	3.40	1.31
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/L)	0.60	Ö.A.D.	2.54	0.98

Yönetmeliklerde belirtilen kriterlere (Çizelge 4.1.1-4.1.2) ve elde edilen su değerlerine göre (Çizelge 4.1.5), sıcaklık değerleri Kocaali istasyonunda ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde I. sınıf, yaz mevsiminde III. sınıf su kalitesindedir. pH değerleri SKKY, (2004)'ye göre tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesinde; YSKY, (2012)'ne göre tüm mevsimlerde belirtilen limit değer aralığındadır. Çözünmüş oksijen değerleri belirtilen kriterlere göre, tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesindedir.

Oksijen doygunluğu, TDS ve iletkenlik değerlerinin tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesi özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Bunun yanında, nitrit azotu değerleri tüm mevsimlerde II. sınıf; nitrat azotu ve sülfat iyonu değerleri tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir.

**Çizelge 4.1.5.** Kocaali istasyonunda tespit edilen fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değerleri

<b>Fiziko-kimyasal Parametreler</b>	<b>İlkbahar</b>	<b>Yaz</b>	<b>Sonbahar</b>	<b>Kış</b>
<b>Sıcaklık (°C)</b>	12.0	<b>27.1</b>	12.9	10.0
<b>pH</b>	7.93	7.99	8.10	8.20
<b>Çözünmüş Oksijen (mg/L)</b>	10.82	8.56	10.30	9.90
<b>Oksijen Doygunluğu (%)</b>	100.2	108.9	97.5	105.0
<b>Tuzluluk (‰)</b>	0.013	0.120	0.110	0.130
<b>TDS (mg/L)</b>	128.3	124.5	115.9	130.9
<b>İletkenlik (µs/cm)</b>	269	252	231	277
<b>Direnç (kΩ.cm)</b>	3.72	3.91	4.31	3.69
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup>N (mg/L)</b>	<b>0.007</b>	<b>0.005</b>	<b>0.004</b>	<b>0.005</b>
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	0.022	0.015	0.012	0.018
<b>NaNO<sub>2</sub> (mg/L)</b>	0.033	0.023	0.019	0.027
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>N (mg/L)</b>	1.0	0.1	1.4	1.4
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	4.5	0.5	6.1	6.2
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (mg/L)</b>	19	17	18	24
<b>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (mg/L)</b>	1.09	0.30	4.55	0.10
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mg/L)</b>	0.81	0.22	3.40	0.07

Elde edilen su değerleri (Çizelge 4.1.6) ve belirtilen kriterlere (Çizelge 4.1.1-4.1.2) göre, belirlenen sıcaklık değerleri Nehir ağzı istasyonunda ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde I. sınıf, yaz mevsiminde III. sınıf su kalitesi değerlerindedir. pH değerleri SKKY, (2004)'ye göre tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesinde; YSKY, (2012)'ne göre, tüm mevsimlerde belirlenen limit değerler aralığındadır. Çözünmüş oksijen değerleri, tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesindedir. Oksijen doygunluğu, TDS ve iletkenlik değerleri tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir. Bunun yanında, nitrit azotu değerleri tüm mevsimlerde II. sınıf; nitrat azotu ve sülfat iyonu değerleri tüm mevsimlerde I. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir.

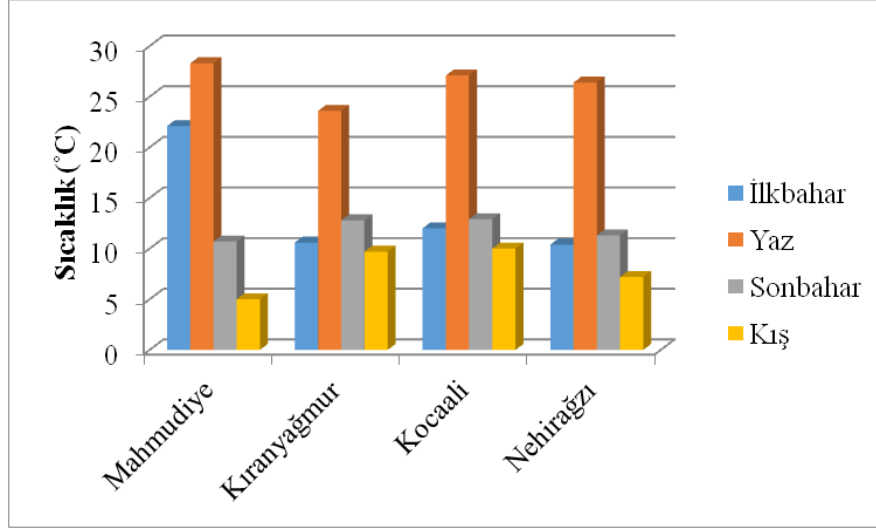
**Çizelge 4.1.6** Nehir ağzı istasyonunda tespit edilen fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değerleri

<b>Fiziko-kimyasal Parametreler</b>	<b>İlkbahar</b>	<b>Yaz</b>	<b>Sonbahar</b>	<b>Kış</b>
Sıcaklık (°C)	10.4	<b>26.4</b>	11.3	7.2
pH	7.45	7.84	7.92	7.95
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	10.74	8.20	10.83	10.80
Oksijen Doygunluğu (%)	96.4	102.8	99.8	104.2
Tuzluluk (‰)	0.09	0.12	0.09	0.08
TDS (mg/L)	92.5	129.0	94.8	86.4
İletkenlik (µs/cm)	194.8	260.0	191.3	119.7
Direnç (kΩ.cm)	5.14	3.84	5.27	5.50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N (mg/L)	<b>0.005</b>	<b>0.004</b>	<b>0.005</b>	<b>0.003</b>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0.016	0.013	0.016	0.011
NaNO <sub>2</sub> (mg/L)	0.024	0.020	0.024	0.017
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N (mg/L)	0.6	0.3	1.3	0.9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	2.9	1.3	5.6	4.0
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/L)	12	13	12	13
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/L)	0.74	0.18	5.50	0.12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/L)	0.56	0.42	4.11	0.09

Araştırılan tüm parametrelerin değerlendirilmesi aşağıda ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

#### **4.1.1 Su sıcaklığı**

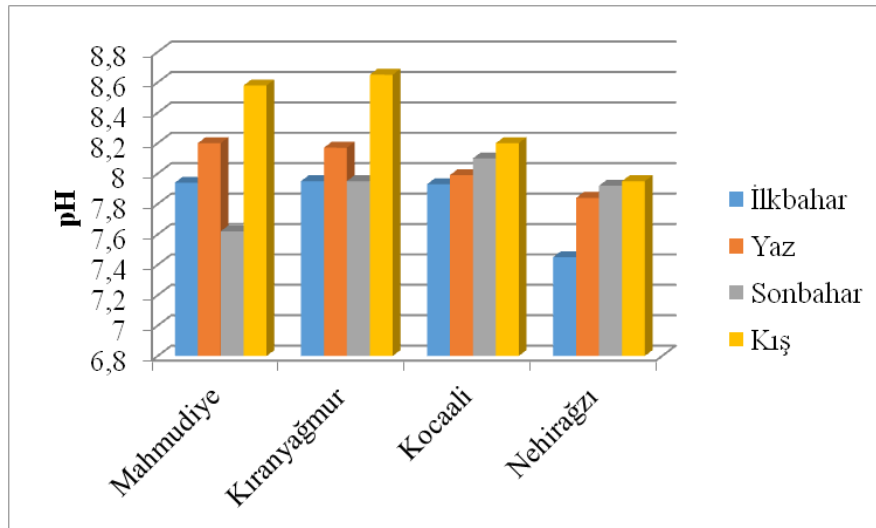
Araştırmanın yapıldığı dönem boyunca (Çizelge 4.1.3-4.1.6) ölçülen en düşük su sıcaklığı değeri kış mevsiminde 5 °C olarak Mahmudiye istasyonunda kaydedilmiştir. En yüksek su sıcaklığı değeri ise yaz mevsiminde 28.3 °C olarak yine Mahmudiye istasyonunda tespit edilmiştir. Kıranyağmur istasyonunda tespit edilen en yüksek ve en düşük su sıcaklığı değerleri sırasıyla yaz mevsiminde 23.6 °C ve kış mevsiminde 9.7 °C olarak ölçülmüştür. Kocaali istasyonunda en düşük ilkbahar (12 °C) en yüksek yaz (27.1 °C) mevsimlerinde belirlenmiştir. Nehir ağzı istasyonunda belirlenen en yüksek (yaz mevsimi) ve en düşük su sıcaklığı (kış mevsimi) değerleri ise sırasıyla 26.4 °C ve 7.2 °C'dir. Sıcaklık değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.1.1'de sunulmuştur.



Şekil 4.1.1.1 İstasyonlara göre sıcaklık değerinin mevsimsel değişimi

#### 4.1.2 pH

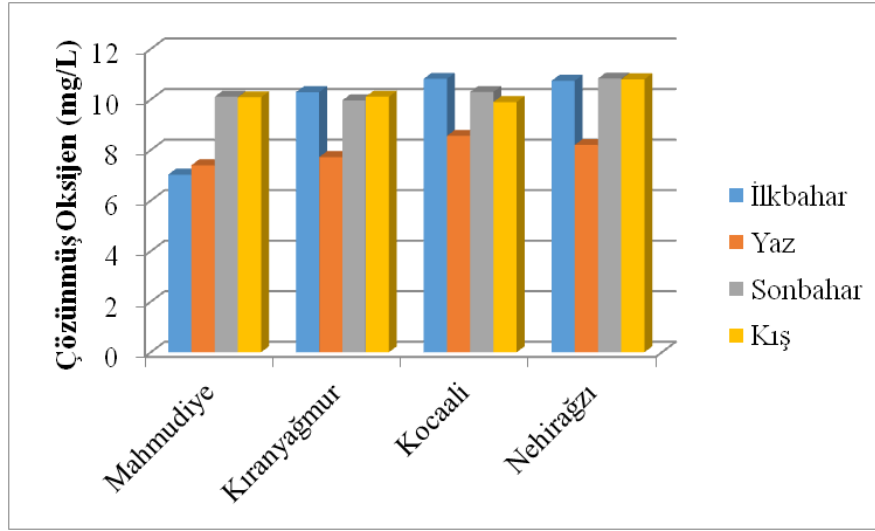
Yapılan araştırma süresince (Çizelge 4.1.3-4.1.6) ölçülen pH değerleri, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri boyunca Mahmudiye istasyonunda; 7.62-8.58, Kıranyağmur istasyonunda; 7.95-8.65, Kocaali istasyonunda; 7.93-8.20 ve nehir ağzında 7.45-7.95 aralığında belirlenmiştir. Yıl boyunca en düşük pH değeri 7.45 ile Nehir ağzı istasyonunda ilkbahar mevsiminde, en yüksek pH değeri ise 8.65 ile Kıranyağmur istasyonunda kış mevsiminde tespit edilmiştir. pH değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.2.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1.2.1 İstasyonlara göre pH değerinin mevsimsel değişimi

### 4.1.3 Çözünmüş Oksijen (ÇO)

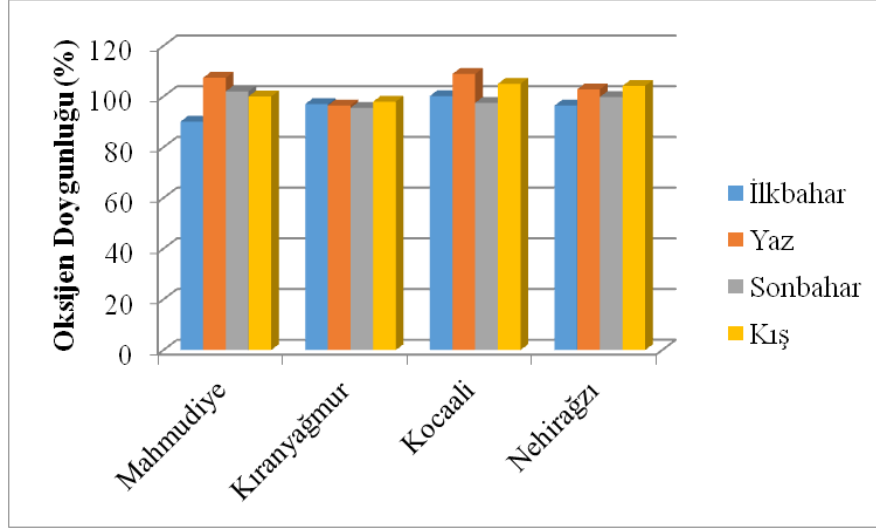
Yapılan araştırma süresince (Çizelge 4.1.3-4.1.6) ölçülen ÇO değerleri, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri boyunca Mahmudiye istasyonunda; 7.03-10.11 mg/L, Kıranyağmur istasyonunda; 7.72-10.29 mg/L, Kocaali istasyonunda; 8.56-10.82 mg/L ve Nehir ağzında 8.20-10.83 mg/L aralığında belirlenmiştir. Yıl boyunca en düşük ÇO değeri 7.03 mg/L ile Mahmudiye istasyonunda ilkbahar mevsiminde, en yüksek ÇO değeri ise 10.83 mg/L ile Nehir ağzı istasyonunda sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. ÇO değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.3.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1.3.1 İstasyonlara göre ÇO değerinin mevsimsel değişimi

### 4.1.4 Oksijen Doygunluğu (%)

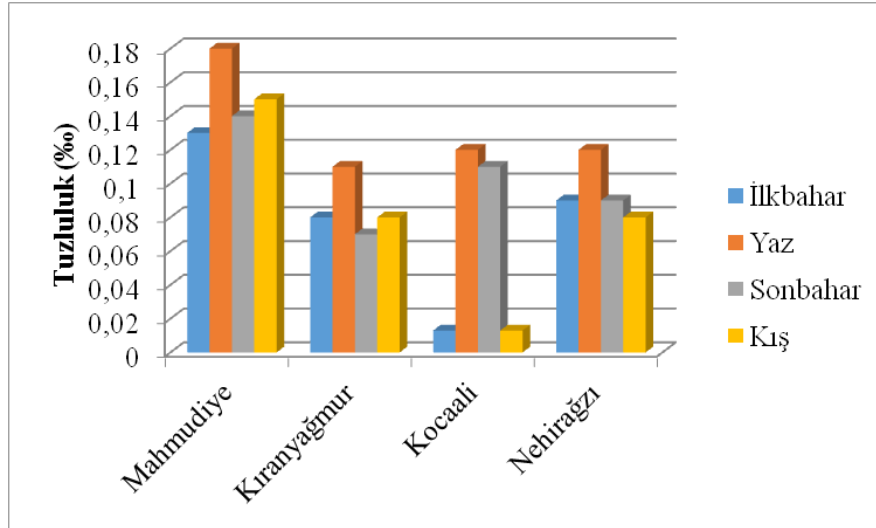
Araştırmanın yapıldığı dönem boyunca (Çizelge 4.1.3-4.1.6) ölçülen en düşük oksijen doygunluğu değeri ilkbahar mevsiminde % 90.1 olarak Mahmudiye istasyonunda ölçülmüştür. En yüksek oksijen doygunluğu değeri ise yaz mevsiminde %108.9 olarak Kocaali istasyonunda tespit edilmiştir. Oksijen doygunluğu değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1.4.1 İstasyonlara göre oksijen doygunluğu değerinin mevsimsel değişimi

#### 4.1.5 Tuzluluk (%)

Araştırma boyunca (Çizelge 4.1.3-4.1.6) en düşük tuzluluk değeri sonbaharda % 0.07 olarak Kiranyağmur istasyonunda, en yüksek tuzluluk değeri ise % 0.18 olarak Mahmudiye istasyonunda yaz mevsiminde ölçülmüştür. Tuzluluk değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.5.1’de verilmiştir.

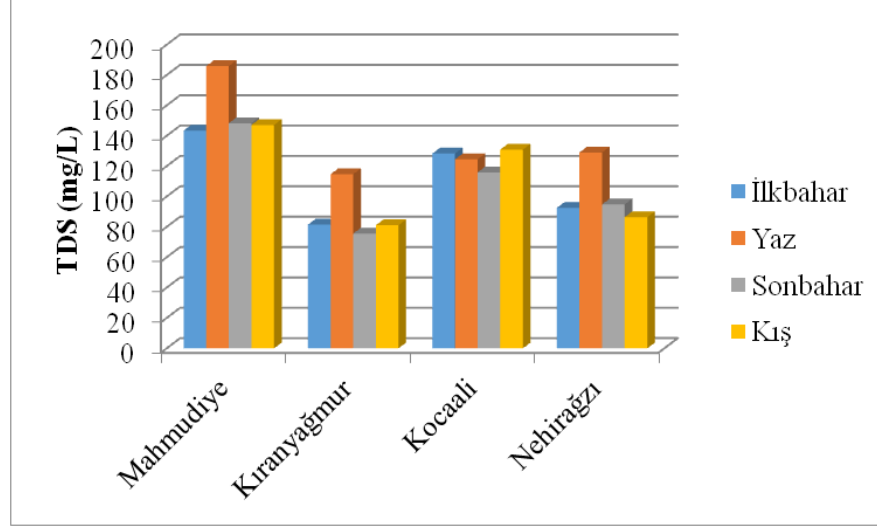


Şekil 4.1.5.1 İstasyonlara göre tuzluluk değerinin mevsimsel değişimi



#### 4.1.6 Toplam Çözünmüş Madde (TDS)

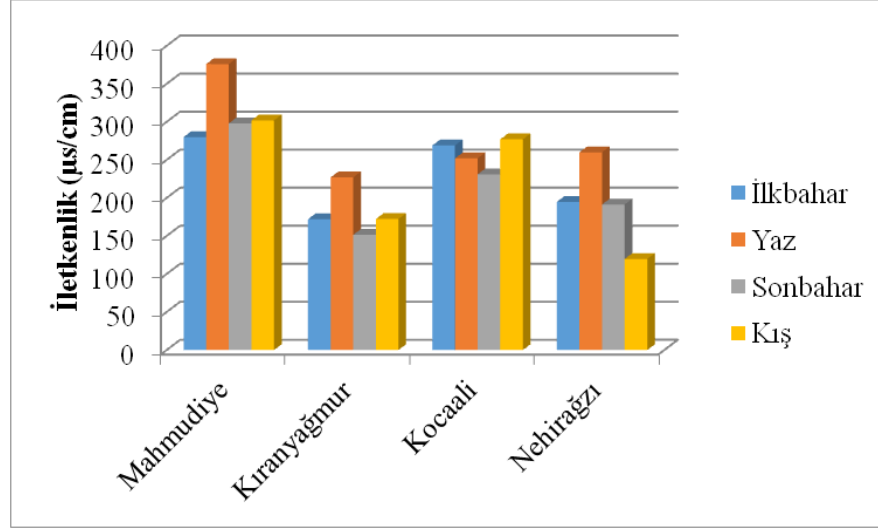
Çizelge 4.1.3-4.1.6 incelendiğinde, yıl boyu en düşük TDS değeri Kıranyağmur istasyonunda sonbahar mevsiminde (75.6 mg/L) belirlenirken, en yüksek değer yaz mevsiminde Mahmudiye istasyonunda (185.9 mg/L) ölçülmüştür. TDS değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.6.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1.6.1 İstasyonlara göre TDS değerinin mevsimsel değişimi

#### 4.1.7 İletkenlik

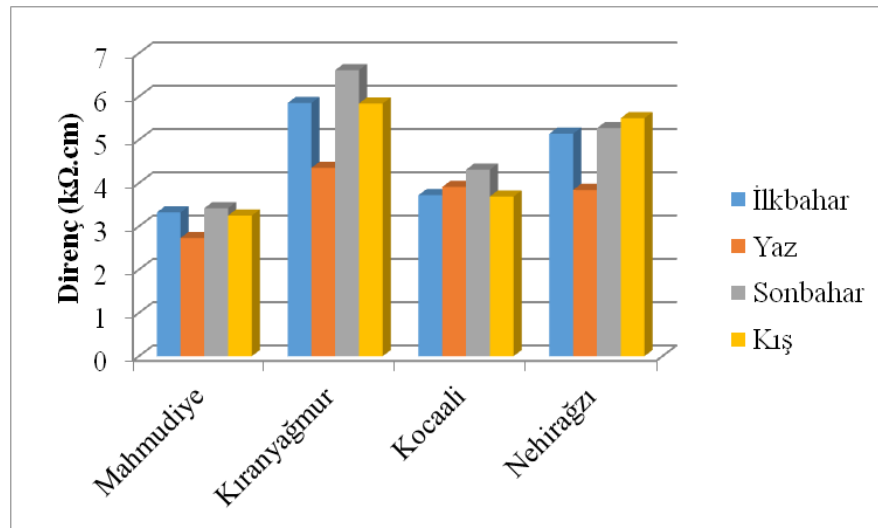
Araştırmanın devam ettiği süre boyunca ölçülen en yüksek iletkenlik değeri 376  $\mu\text{s}/\text{cm}$  olarak yaz ayında Mahmudiye istasyonunda tespit edilmiştir. Nehir boyunca belirlenen istasyonlardaki en düşük iletkenlik değeri 119.7  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ölçülmüştür. İletkenlik değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.7.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1.7.1 İstasyonlara göre iletkenlik değerinin mevsimsel değişimi

#### 4.1.8 Direnç (kΩ.cm)

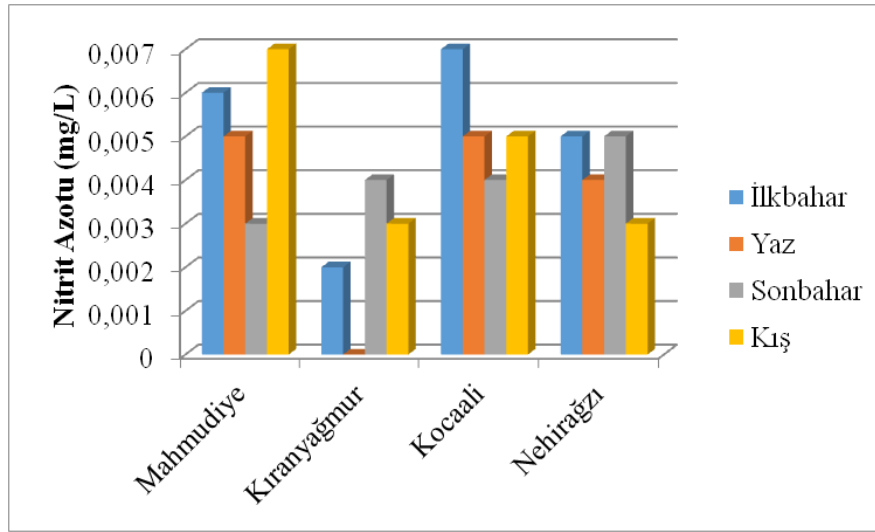
Araştırma boyunca (Çizelge 4.1.3-4.1.6) en düşük direnç değeri yaz mevsiminde 2.73 kΩ.cm olarak Mahmudiye istasyonunda, en yüksek direnç değeri ise 6.61 kΩ.cm olarak Kıranyağmur istasyonunda sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Direnç değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.8.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1.8.1 İstasyonlara göre direnç değerinin mevsimsel değişimi

#### 4.1.9 Nitrit Azotu (NO<sub>2</sub>-N)

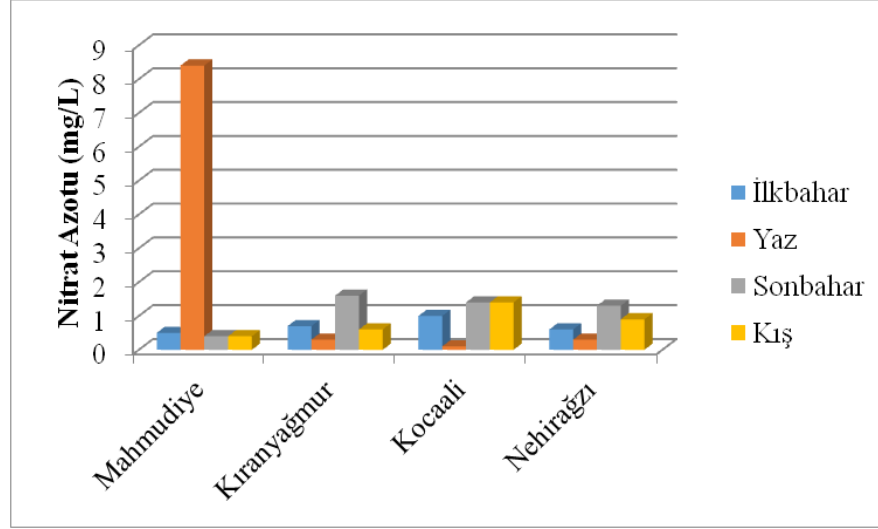
Araştırmanın devam ettiği süre boyunca (Çizelge 4.1.3-4.1.6) mevsimsel olarak ölçülen nitrit azotu (NO<sub>2</sub>-N) değerleri Mahmudiye istasyonu için 0.003-0.007 mg/L, Kıranyağmur istasyonu için Ö.A.D.-0.004 mg/L, Kocaali istasyonu için 0.004-0.007 mg/L ve Nehir ağzı istasyonu için 0.003-0.005 mg/L aralıklarında ölçülmüştür. Kıranyağmur istasyonunda yaz mevsiminde ölçülen nitrit azotu değeri ölçüm aralığının dışında (Ö.A.D.) bulunmuştur. Nitrit azotu değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.9.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1.9.1 İstasyonlara göre nitrit azotu değerinin mevsimsel değişimi

#### 4.1.10 Nitrat Azotu (NO<sub>3</sub>-N)

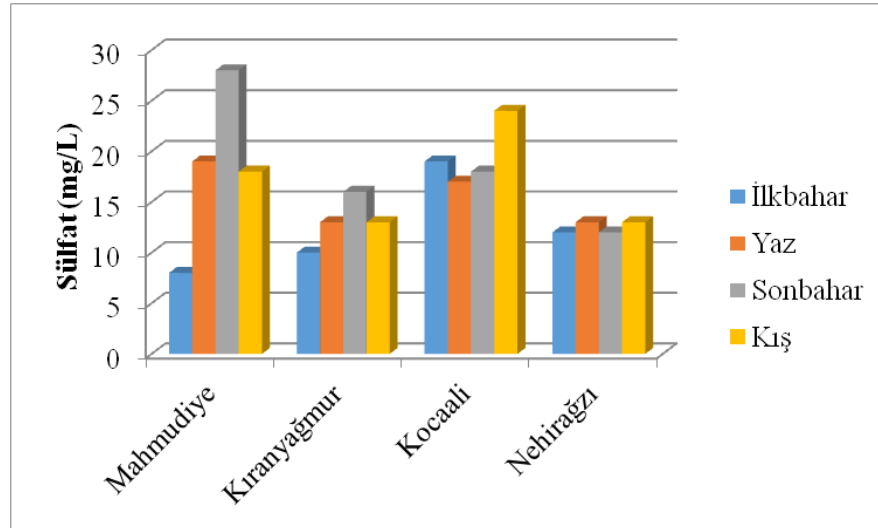
Yıl boyu en düşük NO<sub>3</sub>-N değeri Kocaali istasyonunda yaz mevsiminde (0.1 mg/L) belirlenirken, en yüksek değer yaz mevsiminde Mahmudiye istasyonunda (8.4 mg/L) ölçülmüştür (Çizelge 4.1.3-4.1.6). Nitrat azotu değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.10.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1.10.1 İstasyonlara göre nitrat azotu değerinin mevsimsel değişimi

#### 4.1.11 Sülfat ( $SO_4^{2-}$ )

Melet Irmağı'nda araştırma boyunca (Çizelge 4.1.3-4.1.6) en düşük sülfat ( $SO_4^{2-}$ ) değeri ilkbahar mevsiminde (8 mg/L), en yüksek sülfat değeri ise sonbahar mevsiminde (28 mg/L) Mahmudiye istasyonunda ölçülmüştür. Sülfat değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.11.1'de verilmiştir.

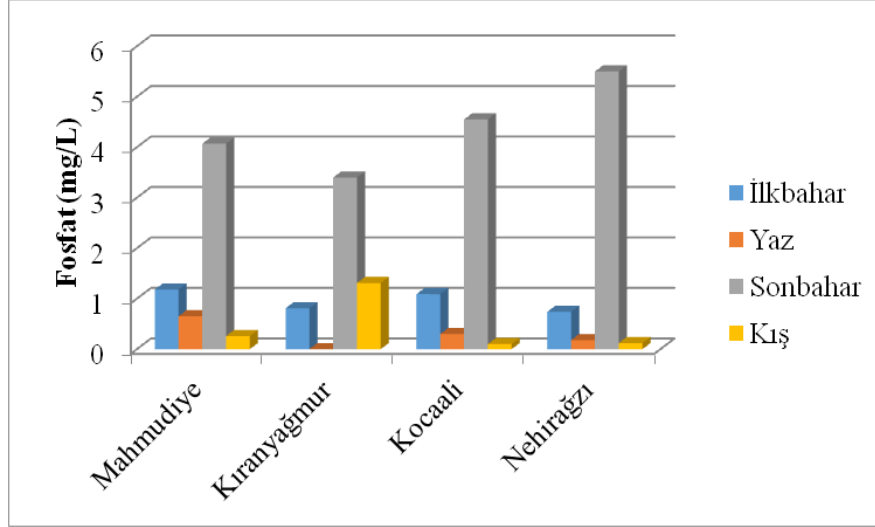


Şekil 4.1.11.1 İstasyonlara göre sülfat değerinin mevsimsel değişimi

#### 4.1.12 Fosfat ( $PO_4^{3-}$ )

Araştırma boyunca (Çizelge 4.1.3-4.1.6) ölçülen en yüksek fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) değeri 5.5 mg/L olarak Nehir ağzı istasyonunda sonbahar mevsiminde ölçülmüştür. Kıranyağmur istasyonunda yaz mevsiminde sonuç kaydedilmemiştir. En düşük fosfat

değeri ise Kocaali istasyonunda kış mevsiminde 0.10 mg/L olarak tespit edilmiştir. Fosfat değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1.12.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1.12.1 İstasyonlara göre fosfat değerinin mevsimsel değişimi

#### 4.2 Suda Tespit Edilen Element Konsantrasyonları

İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde Melet Irmağı'nda belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerinin element konsantrasyonları SKKY, (2004) ve YSKY, (2012)'ne göre değerlendirilmiştir (Çizelge 4.2.1-4.2.2). İstasyonlara ait sonuçlar, her mevsim için ayrı ayrı Çizelge 4.2.3-4.2.6'da sunulmuştur. Ayrıca, elementler esansiyel olma ve esansiyel olmama durumları göz önünde bulundurularak gruplandırılmış, mevsimlere (Çizelge 4.2.7-4.2.8) ve istasyonlara (Çizelge 4.2.9-4.2.10) göre yıllık ortalama element konsantrasyonları hesaplanmıştır.

Değerlendirilen su numunelerinin analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.2.3-4.2.6), Co dört mevsimde de istasyonların hiçbirinde tespit edilememiştir. Cd, suda yalnızca Kocaali istasyonunda ve kış mevsiminde 1.316 µg/L olarak belirlenmiş, diğer istasyonlarda ve mevsimlerde tespit edilememiştir. Pb elementi ise suda yalnızca Nehir ağzı istasyonunda sonbahar mevsiminde (0.494 µg/L) belirlenmiştir. Kurşuna diğer istasyonlar ve mevsimlerde suda rastlanmamıştır. Ni elementi, ilkbahar mevsiminde Kıranyağmur, sonbaharda Kıranyağmur ve Kocaali, kışın ise Kocaali ve Nehir ağzı istasyonlarında tespit edilememiştir.

**Çizelge 4.2.1** Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan "Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" (SKKY, 2004)

Element (µg/L)	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
<b>Alüminyum (Al)</b>	< 300	< 300	300 - 1000	> 1000
<b>Arsenik (As)</b>	< 20	20 - 50	50 - 100	> 100
<b>Krom (Cr)</b>	< 20	20 - 50	50 - 200	> 200
<b>Kadmiyum (Cd)</b>	< 3	3 - 5	5 - 10	> 10
<b>Kurşun (Pb)</b>	< 10	10 - 20	20 - 50	> 50
<b>Mangan (Mn)</b>	< 100	100 - 500	500 - 3000	> 3000
<b>Demir (Fe)</b>	< 300	300 - 1000	1000 - 5000	> 5000
<b>Kobalt (Co)</b>	< 10	10 - 20	20 - 200	> 200
<b>Bakır (Cu)</b>	< 20	20 - 50	50 - 200	> 200
<b>Çinko (Zn)</b>	< 200	200 - 500	500 - 2000	> 2000
<b>Nikel (Ni)</b>	< 20	20 - 50	50 - 200	> 200

**Çizelge 4.2.2** Kıtaıçi Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları Kalite Kriterleri (YSKY, 2012)

Element (µg/L)	YO-ÇKS	MAK-ÇKS
<b>Alüminyum (Al)</b>	2.2	27
<b>Arsenik (As)</b>	53	53
<b>Krom (Cr)</b>	1.6	142
<b>Kadmiyum (Cd)</b>	<0.08 (Sınıf I)	<0.45 (Sınıf I)
	0.08 (Sınıf II)	0.45 (Sınıf II)
	0.09 (Sınıf III)	0.6 (Sınıf III)
	0.15 (Sınıf IV)	0.9 (Sınıf IV)
	0.25 (Sınıf V)	1.5 (Sınıf V)
<b>Kurşun (Pb)</b>	1.2	14
<b>Mangan (Mn)</b>	-	-
<b>Demir (Fe)</b>	36	101
<b>Kobalt (Co)</b>	0.3	2.6
<b>Bakır (Cu)</b>	1.6	3.1
<b>Çinko (Zn)</b>	5.9	231
<b>Nikel (Ni)</b>	4	34

İlkbahar mevsiminde istasyonlardan elde edilen su değerleri, belirtilen yönetmeliklere göre değerlendirildiğinde (Çizelge 4.2.3), Al elementi Mahmudiye (52.008 µg/L), As elementi Kıranyağmur (20.945 µg/L) ve Nehir ağzı (23.062 µg/L), Fe elementi ise Mahmudiye istasyonunda her iki yönetmeliğe göre, Kıranyağmur, Kocaali ve Nehir ağzı istasyonlarında ise YSKY, (2012)'ne göre maksimum çevresel kalite standardı değerinin üzerinde bulunmuştur. Çizelge 4.2.1. incelendiğinde, Mahmudiye ve Kocaali istasyonları As bakımından I. sınıf su kalitesinde, Kıranyağmur ve Nehir ağzı istasyonlarında ise II. sınıf su kalitesindedir. Fe bakımından değerlendirilecek olursa, Mahmudiye istasyonunun II. sınıf,

Kıryanyağmur, Kocaali ve Nehir ağızı istasyonlarının ise I. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir.

Yaz mevsiminde su numunelerinde tespit edilen element sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.2.4), alüminyum konsantrasyonu Kıryanyağmur (30.185 µg/L) ve Nehir ağızı (34.864 µg/L) istasyonlarında olsa da, YSKY, (2012)'ne göre (Çizelge 4.2.2) maksimum çevresel kalite standardı değerinin üzerindedir. Arsenik ise, Mahmudiye (22.223 µg/L) ve Nehir ağızı (20.951 µg/L) istasyonlarında yüksektir ve bu istasyonların suları As bakımından II. sınıf su kalitesi göstermektedir (Çizelge 4.2.1). Fe elementi Mahmudiye, Kıryanyağmur, Kocaali ve Nehir ağızı istasyonlarının tümünde SKKY, (2004)'ne göre (Çizelge 4.2.1) I. sınıf su kalitesi özelliğinde olmasına rağmen, YSKY, (2012)'ne göre (Çizelge 4.2.2) maksimum çevresel kalite standardı değerinin üzerindedir.

Sonbahar mevsiminde istasyonlardan toplanan su numunelerinin element analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.2.5), Mahmudiye (28.768 µg/L), Kıryanyağmur (49.967 µg/L) ve Kocaali (87.423 µg/L) istasyonlarında Al bakımından su kalitesi I. sınıf, Nehir ağızı (1332.788 µg/L) istasyonunda ise IV. sınıf olarak belirlenmiştir. Al elementinin nehir ağızında oldukça yüksek konsantrasyonda olduğu dikkat çekmektedir. Arsenik Mahmudiye, Kıryanyağmur, Kocaali ve Nehir ağızında sırasıyla 27.230 µg/L, 20.398 µg/L, 26.908 µg/L ve 37.140 µg/L olarak belirlenmiştir. İstasyonların tamamının su kalitesinin, As elementi bakımından II. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Demir elementi açısından incelendiğinde (Çizelge 4.2.1), Mahmudiye (210.037 µg/L) ve Kıryanyağmur (240.647 µg/L) istasyonları I. sınıf, Kocaali (451.372 µg/L) II. sınıf ve Nehir ağızı (3091.824 µg/L) III. sınıf su kalitesindedir. Ayrıca, Nehir ağızı istasyonunda Cu elementinin konsantrasyonu (5.868 µg/L) belirtilen maksimum çevresel kalite standardı değerinin üzerinde tespit edilmiştir.

Kış mevsiminde suda elde edilen element değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.2.6), Al, Kıryanyağmur (240.322 µg/L), Kocaali (168.815 µg/L) ve Nehir ağızında (169.728 µg/L) maksimum çevresel kalite standardı değerinin üzerinde tespit edilmiştir. Arsenik konsantrasyonu Kıryanyağmur ve Nehir ağızı istasyonlarında sırasıyla 20.053 µg/L ve 20.664 µg/L olarak belirlenmiş, istasyonlara ait suların II. sınıf su

kalitesinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2.1). Kadmiyumun, Kocaali'de 1.316 µg/L olduğu ve belirlenen limit değeri aştığı görülmektedir. Demir, Mahmudiye ve Kıranyağmurda sırasıyla 268.130 µg/L ve 280.582 µg/L olarak belirlenmiş, Fe bakımından su kalitesinin I. sınıf olduğu tespit edilmiştir. Kocaali (371.016 µg/L) ve Nehir ağzı (340.470 µg/L) istasyonlarının ise II. sınıf su kalitesinde olduğu görülmektedir. Cu, Kocaali (14.538 µg/L) ve Nehir ağzı (3.960 µg/L)'nda; Zn ise Kocaali (255.580 µg/L)'de maksimum çevresel kalite standardı değerini aşmıştır. Kocaali istasyonu Zn bakımından II. sınıf su kalitesindedir.

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonların su numunelerinde araştırılan esansiyel (Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ni) elementlerin mevsimlere göre yıllık ortalama element konsantrasyonları Çizelge 4.2.7'de sunulmuştur. Buna göre, Mn elementi yıl boyunca istasyonlarda belirli bir konsantrasyonda bulunmaktadır. Fe elementinin konsantrasyonu yıl boyunca limit değerin üzerindeyken, suda büyükten küçüğe sonbahar (998.000 µg/L), kış (315.000 µg/L), yaz (248.150 µg/L) ve ilkbahar (208.500 µg/L) mevsimlerinde tespit edilmiştir. Cu elementi yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 1.810 µg/L, 2.750 µg/L ve 5.800 µg/L olarak belirlenmiştir ve bu mevsimlerde limit değeri aştığı saptanmıştır. Zn elementi ise ilkbahar (14.840 µg/L), sonbahar (18.100 µg/L) ve kış (71.900 µg/L) mevsimlerinde belirtilen yıllık ortalama çevresel kalite standardı değerinin üzerindedir. Nikel elementine ise suda yıl boyunca rastlanmamıştır.

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonların su numunelerinde araştırılan esansiyel olmayan (Al, As, Cr, Cd, Pb) elementlerin mevsimlere göre yıllık ortalama element konsantrasyonları Çizelge 4.2.8'de sunulmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde, Al sonbaharda (375.000 µg/L) en yüksek değerdedir. İlkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde ise sırasıyla 18.400 µg/L, 22.700 µg/L, 147.300 µg/L olarak tespit edilmiştir. Alüminyum tüm mevsimlerde yıllık ortalama çevresel kalite standardı değerinin üzerindedir. Arsenik, ilkbaharda 20.150 µg/L ve sonbaharda 27.920 µg/L olarak bulunmuştur ve bulunan bu değerler yıllık ortalama çevresel kalite standardı değerinin üzerindedir. Krom ise yalnızca yaz mevsiminde yıllık ortalama çevresel kalite standardı değerinin üzerinde bulunmuş ve 2.275 µg/L olarak belirlenmiştir. Kadmiyum ve kurşun elementlerine ise suda yıl boyunca rastlanmamıştır.



Belirlenen istasyonların su numunelerinde araştırılan esansiyel (Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ni) elementlerin istasyonlara göre yıllık ortalama element konsantrasyonları Çizelge 4.2.9'da sunulmuştur. Değerlendirmelere göre, Fe tüm mevsimlerde yıllık ortalama çevresel kalite standardı değerinin üzerinde bulunmuştur. Mahmudiye, Kıranyağmur, Kocaali ve Nehir ağızı istasyonlarının suyundaki demir konsantrasyonları sırasıyla 261.200 µg/L, 224.200 µg/L, 319.500 µg/L ve 965.000 µg/L'dir. Bakır, yıl boyunca Mahmudiye (1.931 µg/L), Kocaali (5.040 µg/L) ve Nehir ağızı (3.420 µg/L) istasyonlarında yıllık ortalama çevresel kalite standardı değerinin üzerindedir. Çinko, Kocaali (82.600 µg/L) ve Nehir ağızı (19.000 µg/L) istasyonlarında, yönetmelikte belirtilen değerin üzerinde tespit edilmiştir. Ni elementine ise suda yıl boyunca hiçbir istasyonda rastlanmamıştır.

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonların su numunelerinde araştırılan esansiyel olmayan (Al, As, Cr, Cd, Pb) elementlerin istasyonlara göre yıllık ortalama element konsantrasyonları Çizelge 4.2.10'da sunulmuştur. Al, Nehir ağızında 387.000 µg/L olarak belirlenmiştir ve istasyonlar arasında en yüksek değerdedir. Mahmudiye, Kıranyağmur ve Kocaali istasyonlarında ise Al değerleri sırasıyla 23.500 µg/L, 82.000 µg/L, 70.500 µg/L olarak tespit edilmiştir. Alüminyum, tüm istasyonlarda yıllık ortalama çevresel kalite standardı değerinin üzerindedir. Arsenik, Mahmudiye'de 21.300 µg/L, Kıranyağmur'da 20.281 µg/L, Kocaali'de 20.400 µg/L ve Nehir ağızında 25.450 µg/L olarak bulunmuştur ve yıl boyunca ırmak As bakımından II. sınıf su kalitesi göstermiştir. Cr elementi, sadece Mahmudiye istasyonunda (1.612 µg/L) yıllık ortalama çevresel kalite standardı değeri sınırındadır. Cd ve Pb elementlerine ise suda yıl boyunca hiçbir istasyonda rastlanmamıştır.

**Çizelge 4.2.3** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda ilkbahar mevsiminde alınan su numunelerinde tespit edilen element konsantrasyonları (µg/L) (L.D.A.: Limit değerin altında)

Element (µg/L)	Mahmudiye	Kıranyağmur	Kocaali	Nehir ağzı	SKKY, (2004)	YO-ÇKS (YSKY, 2012)	MAK-ÇKS (YSKY, 2012)
Al	<b>52.008**</b>	7.334	2.643	11.681	< 300	2.2	<b>27**</b>
As	17.387	<b>20.945*</b>	19.214	<b>23.062*</b>	< <b>20*</b>	53	53
Cr	0.889	1.014	0.918	0.996	< 20	1.6	142
Cd	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 3	<0.08 (Sınıf I)	<0.45 (Sınıf I)
						0.08 (Sınıf II)	0.45 (Sınıf II)
						0.09 (Sınıf III)	0.6 (Sınıf III)
						0.15 (Sınıf IV)	0.9 (Sınıf IV)
						0.25 (Sınıf V)	1.5 (Sınıf V)
Pb	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 10	1.2	14
Mn	16.810	17.486	8.156	0.812	< 100	-	-
Fe	<b>312.773**/**</b>	<b>135.870**</b>	<b>209.022**</b>	<b>176.409**</b>	< <b>300*</b>	36	<b>101**</b>
Co	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 10	0.3	2.6
Cu	1.186	1.765	1.788	1.389	< 20	1.6	3.1
Zn	5.295	3.208	23.265	27.573	< 200	5.9	231
Ni	1.187	L.D.A	2.484	1.706	< 20	4	34

\*: SKKY, (2004)'e göre yüksek değerler, \*\*: YSKY, (2012)'ya göre yüksek değerler

**Çizelge 4.2.4** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda yaz mevsiminde alınan su numunelerinde tespit edilen element konsantrasyonları (µg/L) (L.D.A.: Limit değerin altında)

Element (µg/L)	Mahmudiye	Kırayağmur	Kocaali	Nehir ağzı	SKKY, (2004)	YO-ÇKS (YSKY, 2012)	MAK-ÇKS (YSKY, 2012)
Al	2.710	<b>30.185**</b>	23.057	<b>34.864**</b>	< 300	2.2	<b>27**</b>
As	<b>22.223*</b>	19.745	16.935	<b>20.951*</b>	< <b>20*</b>	53	53
Cr	3.878	1.925	1.372	1.924	< 20	1.6	142
Cd	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 3	<0.08 (Sınıf I)	<0.45 (Sınıf I)
						0.08 (Sınıf II)	0.45 (Sınıf II)
						0.09 (Sınıf III)	0.6 (Sınıf III)
						0.15 (Sınıf IV)	0.9 (Sınıf IV)
						0.25 (Sınıf V)	1.5 (Sınıf V)
Pb	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 10	1.2	14
Mn	L.D.A	1.191	1.399	1.823	< 100	-	-
Fe	<b>253.661**</b>	<b>239.571**</b>	<b>246.730**</b>	<b>252.623**</b>	< 300	36	<b>101**</b>
Co	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 10	0.3	2.6
Cu	2.323	0.814	1.641	2.460	< 20	1.6	3.1
Zn	L.D.A	3.044	8.876	3.004	< 200	5.9	231
Ni	2.227	0.029	0.286	1.882	< 20	4	34

\*: SKKY, (2004)'e göre yüksek değerler, \*\*: YSKY, (2012)'ya göre yüksek değerler

**Çizelge 4.2.5** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda sonbahar mevsiminde alınan su numunelerinde tespit edilen element konsantrasyonları (µg/L) (L.D.A.: Limit değerin altında)

Element (µg/L)	Mahmudiye	Kıranyağmur	Kocaali	Nehir ağzı	SKKY, (2004)	YO-ÇKS (YSKY, 2012)	MAK-ÇKS (YSKY, 2012)
Al	28.768**	49.967**	87.423**	1332.788*/**	< 300*	2.2	27**
As	27.230**	20.398**	26.908**	37.140**	< 20**	53	53
Cr	0.929	1.274	1.310	2.356	< 20	1.6	142
Cd	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 3	<0.08 (Sınıf I)	<0.45 (Sınıf I)
						0.08 (Sınıf II)	0.45 (Sınıf II)
						0.09 (Sınıf III)	0.6 (Sınıf III)
						0.15 (Sınıf IV)	0.9 (Sınıf IV)
						0.25 (Sınıf V)	1.5 (Sınıf V)
Pb	L.D.A	L.D.A	L.D.A	0.494	< 10	1.2	14
Mn	1.794	3.038	6.465	82.016	< 100	-	-
Fe	210.037**	240.647**	451.372*/**	3091.824*/**	< 300*	36	101**
Co	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 10	0.3	2.6
Cu	1.884	1.043	2.201	5.868**	< 20	1.6	3.1**
Zn	L.D.A	3.760	42.854	26.274	< 200	5.9	231
Ni	0.465	L.D.A	L.D.A	2.545	< 20	4	34

\*: SKKY, (2004)'e göre yüksek değerler, \*\*: YSKY, (2012)'ya göre yüksek değerler

**Çizelge 4.2.6** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda kış mevsiminde alınan su numunelerinde tespit edilen element konsantrasyonları (µg/L) (L.D.A.: Limit değerin altında)

Element (µg/L)	Mahmudiye	Kırayağmur	Kocaali	Nehir ağzı	SKKY, (2004)	YO-ÇKS (YSKY, 2012)	MAK-ÇKS (YSKY, 2012)
<b>Al</b>	10.322	<b>240.322**</b>	<b>168.815**</b>	<b>169.728**</b>	< 300	2.2	<b>27**</b>
<b>As</b>	18.348	<b>20.035*</b>	18.543	<b>20.664*</b>	< <b>20*</b>	53	53
<b>Cr</b>	0.749	0.941	0.889	1.111	< 20	1.6	142
<b>Cd</b>	L.D.A.	L.D.A.	<b>1.316**</b>	L.D.A.	< 3	<0.08 (Sınıf I)	<0.45 (Sınıf I)
						0.08 (Sınıf II)	0.45 (Sınıf II)
						0.09 (Sınıf III)	0.6 (Sınıf III)
						0.15 (Sınıf IV)	<b>0.9 (Sınıf IV)**</b>
						0.25 (Sınıf V)	1.5 (Sınıf V)
<b>Pb</b>	L.D.A.	L.D.A.	L.D.A.	L.D.A.	< 10	1.2	14
<b>Mn</b>	13.569	25.192	45.175	37.404	< 100	-	-
<b>Fe</b>	<b>268.130**</b>	<b>280.582**</b>	<b>371.016**/**</b>	<b>340.470**/**</b>	< <b>300*</b>	36	<b>101**</b>
<b>Co</b>	L.D.A.	L.D.A.	L.D.A.	L.D.A.	< 10	0.3	2.6
<b>Cu</b>	2.329	2.376	<b>14.538**</b>	<b>3.960**</b>	< 20	1.6	<b>3.1**</b>
<b>Zn</b>	6.448	6.326	<b>255.580**/**</b>	19.148	< <b>200*</b>	5.9	<b>231**</b>
<b>Ni</b>	1.062	0.606	L.D.A.	L.D.A.	< 20	4	34

\*: SKKY, (2004)'e göre yüksek değerler, \*\*: YSKY, (2012)'ya göre yüksek değerler

**Çizelge 4.2.7** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su numunelerinde tespit edilen bazı esansiyel metallerin mevsimlere göre yıllık ortalama element konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ ; L.D.A.: Limit değerin altında)

Element ( $\mu\text{g/L}$ )	İlkbahar (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Yaz (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Sonbahar (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Kış (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	SKKY, (2004)	YO-ÇKS (YSKY, 2012)
<b>Mn</b>	10.820 $\pm$ 3.950 0.810 - 17.490	1.070 $\pm$ 0.423 L.D.A - 1.823	23.300 $\pm$ 19.600 1.800 - 82.000	30.340 $\pm$ 6.940 13.570- 45.180	< 100	-
<b>Fe</b>	<b>208.500**</b> $\pm$ 37.800 135.900 - 312.800	<b>248.150**</b> $\pm$ 3.240 239.570 - 253.660	<b>998.000**/**</b> $\pm$ 700.000 210.000 - 3092.000	<b>315.000**/**</b> $\pm$ 24.400 268.100 - 371.000	< <b>300*</b>	<b>36**</b>
<b>Co</b>	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 10	0.3
<b>Cu</b>	1.533 $\pm$ 0.147 1.187 - 1.788	<b>1.810**</b> $\pm$ 0.377 0.815 - 2.460	<b>2.750**</b> $\pm$ 1.070 1.040 - 5.870	<b>5.800**</b> $\pm$ 2.940 2.330 - 14.540	< 20	<b>1.6**</b>
<b>Zn</b>	<b>14.840**</b> $\pm$ 6.190 3.210 - 23.060	3.610 $\pm$ 1.940 L.D.A - 8.880	<b>18.100**</b> $\pm$ 10.100 L.D.A - 42.900	<b>71.900**</b> $\pm$ 61.300 6.300 - 255.600	< 200	<b>5.9**</b>
<b>Ni</b>	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 20	4

\*: SKKY, (2004)'e göre yüksek değerler, \*\*: YSKY, (2012)'ya göre yüksek değerler

**Çizelge 4.2.8** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su numunelerinde tespit edilen bazı esansiyel olmayan metallerin mevsimlere göre yıllık ortalama element konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ ; L.D.A.: Limit değerin altında)

Element ( $\mu\text{g/L}$ )	İlkbahar (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Yaz (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Sonbahar (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Kış (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	SKKY, (2004)	YO-ÇKS (YSKY, 2012)
Al	<b>18.400**</b> $\pm$ 11.300 2.600 - 52.000	<b>22.700**</b> $\pm$ 7.090 2.710 - 34.860	<b>375.000**</b> $\pm$ 320.000 29.000 - 1333.000	<b>147.300**</b> $\pm$ 48.600 10.300 - 240.300	< <b>300*</b>	<b>2.2**</b>
As	<b>20.150*</b> $\pm$ 1.210 17.390 - 23.060	19.960 $\pm$ 1.130 16.940 - 22.220	<b>27.920*</b> $\pm$ 3.450 20.400 - 37.140	19.398 $\pm$ 0.566 18.349 - 20.664	< <b>20*</b>	53
Cr	0.954 $\pm$ 0.030 0.889 - 1.014	<b>2.275**</b> $\pm$ 0.550 1.373 - 3.879	1.468 $\pm$ 0.308 0.930 - 2.356	0.920 $\pm$ 0.074 0.749 - 1.111	< 20	<b>1.6**</b>
Cd	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 3	<0.08 (Sınıf I) 0.08 (Sınıf II) 0.09 (Sınıf III) 0.15 (Sınıf IV) 0.25 (Sınıf V)
Pb	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 10	1.2

\*: SKKY, (2004)'e göre yüksek değerler, \*\*: YSKY, (2012)'ya göre yüksek değerler

**Çizelge 4.2.9** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su numunelerinde tespit edilen bazı esansiyel metallerin istasyonlara göre yıllık ortalama element konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ ; L.D.A.: Limit değerin altında)

Element ( $\mu\text{g/L}$ )	Mahmudiye (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Kıranyağmur (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Kocaali (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Nehir ağzı (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	SKKY, (2004)	YO-ÇKS (YSKY, 2012)
Mn	8.010 $\pm$ 4.220 L.D.A - 16.810	11.730 $\pm$ 5.780 1.190 - 25.190	15.300 $\pm$ 10.100 1.400 - 45.200	30.500 $\pm$ 19.200 0.800 - 82.000	< 100	-
Fe	<b>261.200**</b> $\pm$ 21.200 210.000 - 312.800	<b>224.200**</b> $\pm$ 30.900 135.900 - 280.600	<b>319.500**</b> $\pm$ 55.900 209.000 - 451.400	<b>965.000**</b> $\pm$ 710.000 176.000 - 3092.000	< <b>300*</b>	<b>36**</b>
Co	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 10	0.3
Cu	<b>1.931**</b> $\pm$ 0.269 1.187 - 2.329	1.500 $\pm$ 0.356 0.815 - 2.376	<b>5.040**</b> $\pm$ 3.170 1.640 - 14.540	<b>3.420**</b> $\pm$ 0.972 1.390 - 5.869	< 20	<b>1.6**</b>
Zn	2.740 $\pm$ 1.820 L.D.A - 6.450	4.085 $\pm$ 0.763 3.045 - 6.327	<b>82.600**</b> $\pm$ 58.100 8.900 - 255.600	<b>19.000**</b> $\pm$ 5.640 3.000 - 27.570	< 200	<b>5.9**</b>
Ni	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 20	4

\*: SKKY, (2004)'e göre yüksek değerler, \*\*: YSKY, (2012)'ya göre yüksek değerler



**Çizelge 4.2.10** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su numunelerinde tespit edilen bazı esansiyel olmayan metallerin istasyonlara göre yıllık ortalama element konsantrasyonları (µg/L; L.D.A.: Limit değerin altında)

Element (µg/L)	Mahmudiye (Ort±SH Min-Maks)	Kıranyağmur (Ort±SH Min-Maks)	Kocaali (Ort±SH Min-Maks)	Nehir ağzı (Ort±SH Min-Maks)	SKKY, (2004)	YO-ÇKS (YSKY, 2012)
Al	<b>23.500**</b> ± 11.000 2.700 - 52.000	<b>82.000**</b> ± 53.500 7.300 - 240.300	<b>70.500**</b> ± 37.400 2.600 - 168.800	<b>387.000*/**</b> ± 317.000 12.000 - 1333.000	< <b>300*</b>	<b>2.2**</b>
As	<b>21.300*</b> ± 2.240 17.390 - 27.230	<b>20.281*</b> ± 0.259 19.745 - 20.946	<b>20.400*</b> ± 2.220 16.940 - 26.910	<b>25.450*</b> ± 3.930 20.660 - 37.140	< <b>20*</b>	53
Cr	<b>1.612**</b> ± 0.757 0.749 - 3.879	1.289 ± 0.224 0.941 - 1.926	1.123 ± 0.127 0.889 - 1.373	1.597 ± 0.327 0.996 - 2.356	< 20	<b>1.6**</b>
Cd	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 3	<0.08 (Sınıf I) 0.08 (Sınıf II) 0.09 (Sınıf III) 0.15 (Sınıf IV) 0.25 (Sınıf V)
Pb	L.D.A	L.D.A	L.D.A	L.D.A	< 10	1.2

\*: SKKY, (2004)'e göre yüksek değerler, \*\*: YSKY, (2012)'ya göre yüksek değerler

### 4.3 Sedimentte Tespit Edilen Element Konsantrasyonları

İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde Melet Irmağı'nda belirlenen istasyonlardan alınan sediment örneklerinin element konsantrasyonları yer kabuğu içeriğinde doğal olarak bulunan element konsantrasyonu değerleriyle karşılaştırılmıştır. İstasyonlarda tespit edilen element konsantrasyonları ve yer kabuğunun içerdiği metal konsantrasyonu değerleri (Turekian ve Wedepohl, 1961), her mevsim için ayrı ayrı Çizelge 4.3.1-4.3.4'te verilmiştir. Ayrıca, tüm istasyonların mevsimlere (Çizelge 4.3.5-4.3.6) ve istasyonlara (Çizelge 4.3.7-4.3.8) göre yıllık ortalama element konsantrasyonları sunulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, araştırılan tüm elementlerin, tüm istasyonlar ve mevsimlerde sedimentte varlığı tespit edilmiştir.

Dünya genelinde yer kabuğu element içeriklerine göre değerlendirildiğinde (Çizelge 4.3.1), istasyonların ilkbahar mevsiminde metal konsantrasyonlarında bir yükselme belirlenmemiştir. Al, en fazla Nehir ağzı (4756.93 µg/g) ve en az Kıranyağmur (4037.39 µg/g) istasyonunda bulunmuştur. Benzer şekilde, As en yüksek Nehir ağzında (5.55 µg/g) ve en düşük Kıranyağmur'da (4.35 µg/g) tespit edilmiştir. Cd konsantrasyonu Mahmudiye, Kocaali ve Nehir ağzında sırasıyla 0.11 µg/g, 0.17 µg/g ve 0.17 µg/g olarak belirlenmiştir. Kıranyağmur istasyonunda ise Cd eser miktardadır. İlkbahar mevsiminde Mahmudiye, Kıranyağmur, Kocaali ve Nehir ağzı istasyonlarında tespit edilen Fe konsantrasyonları sırasıyla 10653.76 µg/g, 15888.82 µg/g, 9257.03 µg/g ve 11273.55 µg/g'dır.

Yaz mevsiminde Melet Irmağı istasyonlarında tespit edilen element konsantrasyonları, yer kabuğunun içerdiği değerlere göre incelendiğinde (Çizelge 4.3.2), As en fazla Mahmudiye (7.00 µg/g) ve Nehir ağzı (6.27 µg/g) istasyonlarında birikim göstermiş, Kıranyağmur'da 4.24 µg/g ve Kocaali'de 3.87 µg/g olarak belirlenmiştir. Zn elementi, Kocaali istasyonunda 99.38 µg/g konsantrasyonda bulunmuş ve yer kabuğu değerleri üzerinde olduğu görülmüştür. Cd, Kıranyağmur istasyonunda eser miktardadır ancak Kocaali'de en yüksek konsantrasyonda (0.46 µg/g) tespit edilmiştir ve bu miktar yer kabuğu değerinin üzerindedir. Pb metali, yer kabuğu değerlerini aşmamış olsa da Mahmudiye (19.42 µg/g), Kocaali (17.10 µg/g) ve Nehir ağzı (18.12 µg/g) istasyonlarında yer kabuğu değerlerine çok yaklaşmıştır.

Sonbahar mevsiminde örnekleme istasyonlarında belirlenen sediment değerleri, yer kabuğunun içerdiği metal konsantrasyonu değerleriyle karşılaştırıldığında (Çizelge 4.3.3), Al konsantrasyonları Mahmudiye, Kıranyağmur, Kocaali ve Nehir ağzında sırasıyla 4500.66 µg/g, 3848.86 µg/g, 4086.40 µg/g ve 4032.67 µg/g olarak tespit edilmiştir. As elementi en fazla Kocaali sedimentinde (6.10 µg/g), en az Nehir ağzı sedimentinde (4.85 µg/g) bulunmuştur. Cu, en yüksek Kocaali istasyonunda birikim göstermiştir. Cu konsantrasyonu 43.38 µg/g olarak tespit edilmiştir ve yer kabuğu değerine (45.00 µg/g) çok yakın bir değere sahiptir. Nehir ağzındaki konsantrasyonu ise, 24.92 µg/g olarak belirlenmiştir. Cd, Kıranyağmur'da eser miktarda bulunurken, Kocaali (0.47 µg/g) ve Nehir ağzı (0.31 µg/g) istasyonlarında yer kabuğu değerlerinin üzerinde tespit edilmiştir. Pb, Kocaali istasyonunda 22.46 µg/g olarak bulunmuştur ve yer kabuğu değerinin üzerindedir. Pb konsantrasyonu, Mahmudiye (19.41 µg/g) ve Nehir ağzında (17.23 µg/g) yer kabuğu değerine yakın bir konsantrasyondadır ancak bu değeri aşmadığı görülmektedir.

Kış mevsiminde elementlere ait elde edilen sediment sonuçları ve yer kabuğunun içerdiği metal konsantrasyonu değerleri göz önüne alındığında (Çizelge 4.3.4), Zn (105.80 µg/g), Cd (0.52 µg/g) ve Pb (22.06 µg/g) konsantrasyonları Kocaali istasyonunda yer kabuğu değerlerinin üzerinde tespit edilmiştir. Cd elementi Kıranyağmur'da eser miktarda bulunmaktadır. Pb elementi, Mahmudiye (19.02 µg/g) ve Nehir ağzı (19.07 µg/g) istasyonlarında yer kabuğu değerlerine çok yakın tespit edilmiş ancak bu değerleri aşmamıştır. Arsenik, en yüksek Nehir ağzı istasyonunda (5.64 µg/g), en düşük Mahmudiye istasyonunda (4.33 µg/g) tespit edilmiştir. Cu, en fazla Kocaali'de (20.19 µg/g), daha sonra sırasıyla Mahmudiye (17.78 µg/g), Nehir ağzı (16.22 µg/g) ve Kıranyağmur'da (10.55 µg/g) birikim göstermiştir.

Melet Irmağı istasyonlarından alınan sediment numunelerinde tespit edilen esansiyel elementlerin yıllık ortalama konsantrasyonları mevsimlere göre Çizelge 4.3.5'te sunulmuştur. Demir ve çinko konsantrasyonları en yüksek kış mevsiminde en düşük ise ilkbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Demir ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 11768.00 µg/g, 12356.00 µg/g, 13094.00 µg/g ve 14973.00 µg/g olarak belirlenmiştir. Çinko ise ilkbaharda 45.95 µg/g, yazın 60.10 µg/g, sonbaharda 62.20 µg/g ve kışın 69.70 µg/g olarak bulunmuştur. Ni, en yüksek sonbahar (4.88 µg/g) ve en düşük ilkbahar (3.45 µg/g) mevsiminde tespit edilmiştir.

Melet Irmağı istasyonlarından alınan sediment numunelerinde belirlenen esansiyel olmayan elementlerin yıllık ortalama konsantrasyonları mevsimlere göre Çizelge 4.3.6'da sunulmuştur. Al elementi, en yüksek yaz mevsiminde (4523.00 µg/g), en düşük kış mevsiminde (4013.00 µg/g); As elementi, en yüksek sonbaharda (5.43 µg/g), en düşük ilkbaharda (4.90 µg/g); Cr elementi en yüksek kış mevsiminde (5.66 µg/g), en düşük ilkbaharda (4.76 µg/g); Cd elementi, en yüksek kış mevsiminde (0.25 µg/g), en düşük ilkbaharda (0.11 µg/g) ve Pb elementi en yüksek kış mevsiminde (16.80 µg/g), en düşük ilkbaharda (12.97 µg/g) tespit edilmiştir.

Melet Irmağı istasyonlarına ait sediment numunelerinde tespit edilen istasyonlara göre yıllık ortalama esansiyel element konsantrasyonları Çizelge 4.3.7'de verilmiştir. Buna göre, Fe en fazla Kıranyağmur'da (17659.00 µg/g), en az Kocaali'de (10956.00 µg/g) birikim göstermiştir. Cu, en yüksek Kocaali'de (28.42 µg/g), en düşük Kıranyağmur'da (10.92 µg/g); Zn, en yüksek Kocaali'de (84.10 µg/g), en düşük Kıranyağmur'da (31.74 µg/g) tespit edilmiştir. Ni değerleri Mahmudiye, Kıranyağmur, Kocaali ve Nehir ağız istasyonlarında sınır değeri aşmamıştır.

Melet Irmağı istasyonlarına ait sediment numunelerinde tespit edilen istasyonlara göre yıllık ortalama esansiyel olmayan element konsantrasyonları Çizelge 4.3.8'de verilmiştir. Buna göre, Al, Cr, As ve Pb değerleri Mahmudiye, Kıranyağmur, Kocaali ve Nehir ağız istasyonlarında sınır değerleri aşmamıştır. Ancak, Cd elementi Kıranyağmur istasyonunda eser miktarda belirlenirken, Kocaali istasyonunda yer kabuğu değerinden daha yüksek (0.40 µg/g) bulunmuştur.

**Çizelge 4.3.1** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda ilkbahar mevsiminde alınan sediment numunelerinde tespit edilen elementlerin konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ) (E.M.: Eser miktarda)

Element ( $\mu\text{g/g}$ )		Mahmudiye	Kıranyağmur	Kocaali	Nehir ağızı	Limit Değerler (Yer Kabuğu) (Turekian ve Wedepohl, 1961)
Mn		296.00	290.68	286.61	318.66	850.00
Fe		10653.76	15888.82	9257.03	11273.55	47200.00
Co	Esansiyel	5.23	5.26	3.77	4.40	19.00
Cu	Elementler	12.09	12.68	18.48	19.05	45.00
Zn		53.58	29.91	47.39	52.89	95.00
Ni		4.05	2.90	2.97	3.86	68.00
Al		4093.95	4037.39	4256.17	4756.93	80000.00
As	Esansiyel	5.02	4.35	4.70	5.55	13.00
Cr	Olmayan	3.04	5.39	4.62	5.97	90.00
Cd	Elementler	0.11	E.M.	0.17	0.17	0.30
Pb		16.01	6.46	14.33	15.07	20.00

**Çizelge 4.3.2** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda yaz mevsiminde alınan sediment numunelerinde tespit edilen elementlerin konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ) (E.M.: Eser miktarda)

Element ( $\mu\text{g/g}$ )		Mahmudiye	Kıranyağmur	Kocaali	Nehir ağzı	Limit Değerler (Yer Kabuğu) (Turekian ve Wedepohl, 1961)
Mn		306.18	299.98	248.93	303.86	850.00
Fe		12230.09	14360.87	11711.03	11121.13	47200.00
Co	<b>Esansiyel</b>	5.84	4.57	4.25	4.81	19.00
Cu	<b>Elementler</b>	14.53	9.84	31.62	17.87	45.00
Zn		62.27	27.51	<b>99.38*</b>	51.17	95.00
Ni		5.35	3.42	3.21	3.50	68.00
Al		5903.33	3575.90	3867.11	4743.83	80000.00
As	<b>Esansiyel</b>	7.00	4.24	3.87	6.27	13.00
Cr	<b>Olmayan</b>	4.25	5.41	4.84	5.58	90.00
Cd	<b>Elementler</b>	0.17	E.M.	<b>0.46*</b>	0.19	0.30
Pb		19.42	6.53	17.10	18.12	20.00

\*:Yer kabuğunda doğal olarak bulunan miktarlara göre yüksek değerler

**Çizelge 4.3.3** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda sonbahar mevsiminde alınan sediment numunelerinde tespit edilen elementlerin konsantrasyonları (µg/g) (E.M.: Eser miktarda)

Element (µg/g)		Mahmudiye	Kıranyağmur	Kocaali	Nehir ağzı	Limit Değerler (Yer Kabuğu) (Turekian ve Wedepohl, 1961)
<b>Mn</b>		342.75	310.01	295.01	349.14	850.00
<b>Fe</b>		12417.23	15086.44	10671.16	14202.21	47200.00
<b>Co</b>	<b>Esansiyel Elementler</b>	5.25	4.71	4.36	4.80	19.00
<b>Cu</b>		12.41	10.61	43.38	24.92	45.00
<b>Zn</b>		69.54	27.82	83.63	67.72	95.00
<b>Ni</b>		6.51	3.83	3.62	5.58	68.00
<b>Al</b>		4500.66	3848.86	4086.40	4032.67	80000.00
<b>As</b>	<b>Esansiyel Olmayan Elementler</b>	5.63	5.13	6.10	4.85	13.00
<b>Cr</b>		5.14	4.96	3.89	6.54	90.00
<b>Cd</b>		0.20	E.M.	<b>0.47*</b>	<b>0.31*</b>	0.30
<b>Pb</b>		19.41	6.44	<b>22.46</b>	17.23	20.00

\*:Yer kabuğunda doğal olarak bulunan miktarlara göre yüksek değerler

**Çizelge 4.3.4** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda kış mevsiminde alınan sediment numunelerinde tespit edilen elementlerin konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ) (E.M.: Eser miktarda)

Element ( $\mu\text{g/g}$ )		Mahmudiye	Kıranyağmur	Kocaali	Nehir ağzı	Limit Değerler (Yer Kabuğu) (Turekian ve Wedepohl, 1961)
Mn		291.31	375.57	271.39	317.09	850.00
Fe		12031.46	25301.72	12184.78	10374.33	47200.00
Co	<b>Esansiyel Elementler</b>	4.62	6.91	4.48	4.14	19.00
Cu		17.78	10.55	20.19	16.22	45.00
Zn		73.46	41.70	<b>105.80*</b>	57.95	95.00
Ni		3.38	4.31	3.86	3.46	68.00
Al		3286.02	4359.77	4026.60	4380.96	80000.00
As	<b>Esansiyel Olmayan Elementler</b>	4.33	4.35	5.35	5.64	13.00
Cr		3.88	8.78	5.09	4.87	90.00
Cd		0.25	E.M.	<b>0.52*</b>	0.24	0.30
Pb		19.02	7.01	<b>22.06*</b>	19.07	20.00

\*:Yer kabuğunda doğal olarak bulunan miktarlara göre yüksek değerler



**Çizelge 4.3.5** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan sediment numunelerinde tespit edilen mevsimlere göre yıllık ortalama esansiyel element konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ )

Element ( $\mu\text{g/g}$ )	İlkbahar (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Yaz (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Sonbahar (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Kış (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Limit Değerler (Yer Kabuğu) (Turekian ve Wedepohl, 1961)
<b>Mn</b>	297.99 $\pm$ 7.15 286.61 - 318.66	289.70 $\pm$ 13.7 248.90 - 306.20	324.20 $\pm$ 13.0 295.00 - 349.10	313.80 $\pm$ 22.6 271.40 - 375.60	850.00
<b>Fe</b>	11768.00 $\pm$ 1437 9257.00 - 15889.00	12356.00 $\pm$ 706 11121.00 - 14361.00	13094.00 $\pm$ 980 10671.00 - 15086.00	14973.00 $\pm$ 3467 10374.00 - 25302.00	47200.00
<b>Co</b>	4.67 $\pm$ 0.359 3.77 - 5.26	4.87 $\pm$ 0.345 4.25 - 5.84	4.78 $\pm$ 0.184 4.36 - 5.25	5.04 $\pm$ 0.632 4.14 - 6.91	19.00
<b>Cu</b>	15.58 $\pm$ 1.85 12.10 - 19.06	18.47 $\pm$ 4.68 9.85 - 31.63	22.84 $\pm$ 7.55 10.61 - 43.39	16.19 $\pm$ 2.05 10.56 - 20.20	45.00
<b>Zn</b>	45.95 $\pm$ 5.52 29.92 - 53.59	60.10 $\pm$ 15.0 27.50 - 99.40	62.20 $\pm$ 12.0 27.80 - 83.60	69.70 $\pm$ 13.7 41.70 - 105.80	95.00
<b>Ni</b>	3.45 $\pm$ 0.296 2.90 - 4.05	3.87 $\pm$ 0.498 3.21 - 5.35	4.88 $\pm$ 0.697 3.62 - 6.51	3.75 $\pm$ 0.213 3.39 - 4.31	68.00

**Çizelge 4.3.6** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan sediment numunelerinde tespit edilen mevsimlere göre yıllık ortalama esansiyel olmayan element konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ; E.M.: Eser miktarda)

Element ( $\mu\text{g/g}$ )	İlkbahar (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Yaz (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Sonbahar (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Kış (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Limit Değerler (Yer Kabuğu) (Turekian ve Wedepohl, 1961)
<b>Al</b>	4286.00 $\pm$ 164 4037.00 - 4757.00	4523.00 $\pm$ 523 3576.00 - 5903.00	4117.00 $\pm$ 138 3849.00 - 4501.00	4013.00 $\pm$ 256 3286.00 - 4381.00	80000.00
<b>As</b>	4.90 $\pm$ 0.254 4.35 - 5.55	5.34 $\pm$ 0.764 3.87 - 7.00	5.43 $\pm$ 0.276 4.85 - 6.10	4.92 $\pm$ 0.339 4.33 - 5.65	13.00
<b>Cr</b>	4.76 $\pm$ 0.636 3.04 - 5.97	5.02 $\pm$ 0.303 4.25 - 5.58	5.13 $\pm$ 0.545 3.89 - 6.54	5.66 $\pm$ 1.07 3.88 - 8.79	90.00
<b>Cd</b>	0.11 $\pm$ 0.0384 E.M. - 0.17	0.20 $\pm$ 0.0957 E.M. - 0.46	0.24 $\pm$ 0.0989 E.M. - 0.47	0.25 $\pm$ 0.106 E.M. - 0.52	0.30
<b>Pb</b>	12.97 $\pm$ 2.20 6.47 - 16.01	15.30 $\pm$ 2.96 6.53 - 19.43	16.39 $\pm$ 3.48 6.44 - 22.46	16.80 $\pm$ 3.34 7.02 - 22.07	20.00

**Çizelge 4.3.7** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan sediment numunelerinde tespit edilen istasyonlara göre yıllık ortalama esansiyel element konsantrasyonları (µg/g)

<b>Element (µg/g)</b>	<b>Mahmudiye (Ort±SH Min-Maks)</b>	<b>Kıranyağmur (Ort±SH Min-Maks)</b>	<b>Kocaali (Ort±SH Min-Maks)</b>	<b>Nehir ağzı (Ort±SH Min-Maks)</b>	<b>Limit Değerler (Yer Kabuğu) (Turekian ve Wedepohl, 1961)</b>
<b>Mn</b>	309.10 ± 11.7 291.30 - 342.80	319.10 ± 19.2 290.70 - 375.60	275.50 ± 10.1 248.90- 295.00	322.19 ± 9.58 303.87 – 349.14	850.00
<b>Fe</b>	11833.00 ± 401 10654.00 - 12417.00	17659.00 ± 256 14361.00 - 25302.00	10956.00 ± 649 9257.00 - 12185.00	11743.00 ± 843 10374.00- 14202.00	47200.00
<b>Co</b>	5.24 ± 0.249 4.62 - 5.84	5.37 ± 0.537 4.57 - 6.91	4.21 ± 0.156 3.77 - 4.49	4.54 ± 0.136 4.14 - 4.81	19.00
<b>Cu</b>	14.21 ± 1.31 12.10 - 17.78	10.92 ± 0.612 9.84 - 12.68	28.42 ± 5.78 18.48 - 43.39	19.52 ± 1.89 16.23 – 24.93	45.00
<b>Zn</b>	64.72 ± 4.37 53.59 - 73.46	31.74 ± 3.36 27.52 - 41.70	84.10 ± 13.1 47.40 - 105.80	57.43 ± 3.72 51.17 – 67.72	95.00
<b>Ni</b>	4.82 ± 0.695 3.39 - 6.51	3.61 ± 0.299 2.90 - 4.31	3.42 ± 0.200 2.97 - 3.86	4.10 ± 0.501 3.46 – 5.58	68.00

**Çizelge 4.3.8.** Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan sediment numunelerinde tespit edilen istasyonlara göre yıllık ortalama esansiyel olmayan element konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ; E.M.: Eser miktarda)

Element ( $\mu\text{g/g}$ )	Mahmudiye (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Kıranyağmur (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Kocaali (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Nehir ağzı (Ort $\pm$ SH Min-Maks)	Limit Değerler (Yer Kabuğu) (Turekian ve Wedepohl, 1961)
<b>Al</b>	4446.00 $\pm$ 547 3286.00 - 5903.00	3955.00 $\pm$ 165 3576.00 - 4360.00	4059.10 $\pm$ 80.4 3867.10 - 4256.20	4479.00 $\pm$ 172 4033.00 - 4757.00	80000.00
<b>As</b>	5.49 $\pm$ 0.567 4.33 - 7.00	4.52 $\pm$ 0.207 4.24 - 5.13	5.00 $\pm$ 0.474 3.87 - 6.10	5.58 $\pm$ 0.291 4.85 - 6.27	13.00
<b>Cr</b>	4.08 $\pm$ 0.434 3.04 - 5.14	6.14 $\pm$ 0.888 4.96 - 8.78	4.61 $\pm$ 0.260 3.89 - 5.09	5.74 $\pm$ 0.351 4.87 - 6.54	90.00
<b>Cd</b>	0.18 $\pm$ 0.030 0.11 - 0.25	E.M. $\pm$ 0.002 E.M. - 0.01	<b>0.40*</b> $\pm$ 0.078 0.17 - 0.52	0.23 $\pm$ 0.030 0.17 - 0.31	<b>0.30*</b>
<b>Pb</b>	18.47 $\pm$ 0.824 16.01 - 19.42	6.61 $\pm$ 0.135 6.44 - 7.01	18.99 $\pm$ 1.970 14.33 - 22.46	17.37 $\pm$ 0.854 15.07 - 19.07	20.00

\*:Yer kabuğunda doğal olarak bulunan miktarlara göre yüksek değerler

#### 4.4 Balık Dokularına Ait Verilerin Değerlendirilmesi

##### 4.4.1 İstasyonlardan Yakalanan Balıkların Boy ve Ağırlık Değerleri

Melet Irmağı üzerinde Mahmudiye'den *C. banarescui*, Kıranyağmur'dan *V. vimba*, Kocaali'den *A. chalcoides* ve Nehir ağzından *A. chalcoides* türlerine ait bireyler ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinin tümünde yakalanmıştır. Belirlenen istasyonlardan yakalanan bireylerin örnek sayıları ile boy ve ağırlık değerleri Çizelge 4.4.1.1-4.4.1.4'te sunulmuştur.

Mahmudiye istasyonundan ilkbaharda 8, yaz mevsiminde 22, sonbaharda 10 ve kış mevsiminde 30 birey yakalanmıştır. Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin ortalama boy ve ağırlık değerleri sırasıyla ilkbahar mevsiminde  $14.68 \pm 0.888$  ve  $30.60 \pm 6.390$ ; yaz mevsiminde  $15.40 \pm 0.228$  ve  $36.80 \pm 2.040$ ; sonbahar mevsiminde  $17.71 \pm 0.988$  ve  $62.30 \pm 10.800$ ; kış mevsiminde  $14.87 \pm 0.418$  ve  $35.92 \pm 2.420$  olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.4.1.1).

**Çizelge 4.4.1.1** Mahmudiye istasyonundan örneklenen balıkların mevsimlere göre boy ve ağırlık değerleri

Tür	Mevsim	n	Boy (cm) (Ort. $\pm$ SH) (Min.-Maks.)	Ağırlık (g) (Ort. $\pm$ SH) (Min.-Maks.)
<i>C. banarescui</i>	İlkbahar	8	$14.68 \pm 0.888$ 12.10 - 19.70	$30.60 \pm 6.390$ 16.20 - 71.40
	Yaz	22	$15.40 \pm 0.228$ 13.20 - 17.70	$36.80 \pm 2.040$ 21.80 - 59.60
	Sonbahar	10	$17.71 \pm 0.988$ 13.90 - 24.20	$62.30 \pm 10.800$ 29.60 - 142.20
	Kış	30	$14.87 \pm 0.418$ 10.10 - 17.60	$35.92 \pm 2.420$ 11.60 - 53.40

Kıranyağmur istasyonundan ilkbaharda 8, yaz mevsiminde 10, sonbaharda 7 ve kış mevsiminde 10 birey yakalanmıştır. Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin ortalama boy ve ağırlık değerleri sırasıyla ilkbahar mevsiminde  $11.58 \pm 0.106$  ve  $13.60 \pm 0.351$ ; yaz mevsiminde  $10.92 \pm 0.243$  ve  $11.79 \pm 0.750$ ; sonbahar mevsiminde  $11.50 \pm 0.352$  ve  $14.29 \pm 1.230$ ; kış mevsiminde  $10.84 \pm 0.208$  ve  $12.40 \pm 0.904$  olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.4.1.2).

**Çizelge 4.4.1.2** Kıranyağmur istasyonundan örneklenen balıkların mevsimlere göre boy ve ağırlık değerleri

Tür	Mevsim	n	Boy (cm) (Ort. ± SH) (Min.-Maks.)	Ağırlık (g) (Ort. ± SH) (Min.-Maks.)
<i>V. vimba</i>	İlkbahar	8	11.58 ± 0.106 11.10 - 12.00	13.60 ± 0.351 12.80 - 15.80
	Yaz	10	10.92 ± 0.243 9.80 - 12.20	11.79 ± 0.750 8.90 - 15.80
	Sonbahar	7	11.50 ± 0.352 10.20 - 12.60	14.29 ± 1.230 9.80 - 18.60
	Kış	10	10.84 ± 0.208 10.00 - 11.70	12.40 ± 0.904 9.00 - 16.80

Kocaali istasyonundan ilkbaharda 9, yaz mevsiminde 7, sonbaharda 6 ve kış mevsiminde 7 birey yakalanmıştır. Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin ortalama boy ve ağırlık değerleri sırasıyla ilkbahar mevsiminde  $11.71 \pm 0.181$  ve  $12.31 \pm 0.647$ ; yaz mevsiminde  $11.75 \pm 0.169$  ve  $13.82 \pm 0.760$ ; sonbahar mevsiminde  $11.80 \pm 0.280$  ve  $13.16 \pm 0.993$ ; kış mevsiminde  $11.41 \pm 0.362$  ve  $13.25 \pm 0.849$  olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.4.1.3).

**Çizelge 4.4.1.3** Kocaali istasyonundan örneklenen balıkların mevsimlere göre boy ve ağırlık değerleri

Tür	Mevsim	n	Boy (cm) (Ort. ± SH) (Min.-Maks.)	Ağırlık (g) (Ort. ± SH) (Min.-Maks.)
<i>A. chalcoides</i>	İlkbahar	9	11.71 ± 0.181 11.10 - 12.40	12.31 ± 0.647 9.60 - 14.60
	Yaz	7	11.75 ± 0.169 11.20 - 12.30	13.82 ± 0.760 11.40 - 16.60
	Sonbahar	6	11.80 ± 0.280 10.70 - 12.70	13.16 ± 0.993 9.80 - 16.80
	Kış	7	11.41 ± 0.362 10.60 - 13.30	13.25 ± 0.849 10.80 - 16.80

Nehir ağzı istasyonundan ilkbaharda 11, yaz mevsiminde 24, sonbaharda 14 ve kış mevsiminde 17 birey yakalanmıştır. Nehir ağzı istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin ortalama boy ve ağırlık değerleri sırasıyla ilkbahar mevsiminde  $12.55 \pm 0.247$  ve  $14.64 \pm 1.100$ ; yaz mevsiminde  $12.51 \pm 0.147$  ve  $18.70 \pm 0.795$ ; sonbahar mevsiminde  $12.51 \pm 0.104$  ve  $13.84 \pm 0.518$ ; kış mevsiminde  $12.81 \pm 0.260$  ve  $15.78 \pm 1.070$  olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.4.1.4).

**Çizelge 4.4.1.4** Nehir ağzı istasyonundan örneklenen balıkların mevsimlere göre boy ve ağırlık değerleri

Tür	Mevsim	n	Boy (cm) (Ort. ± SH) (Min.-Maks.)	Ağırlık (g) (Ort. ± SH) (Min.-Maks.)
<i>A. chalcoides</i>	İlkbahar	11	12.55 ± 0.247 11.20 - 13.90	14.64 ± 1.100 10.00 - 20.80
	Yaz	24	12.51 ± 0.147 11.40 - 14.00	18.70 ± 0.795 13.40 - 29.40
	Sonbahar	14	12.51 ± 0.104 12.00 - 13.40	13.84 ± 0.518 11.20 - 17.40
	Kış	17	12.81 ± 0.260 11.10 - 14.90	15.78 ± 1.070 8.60 - 23.80

Melet Irmağı'ndan dört mevsim boyunca örneklenen balıkların istasyonlara göre boy ve ağırlık değerleri Çizelge 4.4.1.5'de sunulmuştur. Melet Irmağı boyunca belirlenen istasyonlardan yakalanan bireylerin ortalama boy ve ağırlık değerleri sırasıyla *C. banarescui* (Mahmudiye) için  $15.42 \pm 0.278$  cm ve  $39.36 \pm 2.330$  g, *V. vimba* (Kıranyağmur) için  $11.16 \pm 0.126$  cm ve  $12.87 \pm 0.437$  g, ve *A. chalcoides* (Kocaali) için  $11.66 \pm 0.122$  cm ve  $13.08 \pm 0.390$  g, *A. chalcoides* (Nehir ağzı) için  $12.59 \pm 0.096$  cm ve  $16.24 \pm 0.506$  g'dır.

**Çizelge 4.4.1.5** Melet Irmağı'ndan örneklenen balıkların istasyonlara göre boy ve ağırlık değerleri

İstasyon	Tür (n)	Total Boy (cm) (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Ağırlık (g) (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Mahmudiye	<i>C. banarescui</i> (n=70)	$15.42 \pm 0.278$ 10.10 - 24.20	$39.36 \pm 2.330$ 11.60 - 142.20
Kıranyağmur	<i>V. vimba</i> (n=35)	$11.16 \pm 0.126$ 9.80 - 12.60	$12.87 \pm 0.437$ 8.90 - 18.60
Kocaali	<i>A. chalcoides</i> (n=29)	$11.66 \pm 0.122$ 10.60 - 13.30	$13.08 \pm 0.390$ 9.60 - 16.80
Nehir ağzı	<i>A. chalcoides</i> (n=66)	$12.59 \pm 0.096$ 11.10 - 14.90	$16.24 \pm 0.506$ 8.60 - 29.40

#### 4.4.2 Balık Dokularında Belirlenen Element Konsantrasyonları

İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde Melet Irmağı istasyonlarından yakalanan balıkların kas doku, karaciğer ve solungaçlarındaki esansiyel ve esansiyel olmayan element konsantrasyonları tespit edilmiş ve mevsimlere göre değişimleri Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.9.4'de sunulmuştur. Elde edilen veriler, balık kasındaki bazı

ağır metallerin ulusal ve uluslararası standart değerleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.4.2.1).

**Çizelge 4.4.2.1** Balık kasında tespit edilen esansiyel ve esansiyel olmayan bazı elementlerin ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri (mg/kg, yaş ağırlık)

Elementler (mg/kg)	Türk Gıda Kodeksi (Anonim, 2002)	Türk Gıda Kodeksi (Anonim, 2011b)	EC, (2008)	FAO / WHO, (1989)	FAO, (1983)	IAEA, (2003)
Mn	-	-	-	-	-	3.52
Fe	-	-	-	-	-	146
Co	-	-	-	-	-	0.1
Cu	20	-	-	30	10	3.28
Zn	50	-	-	40	150	67.1
Ni	-	-	-	-	-	0.6
Al	-	-	-	-	-	13.8
As	-	-	-	-	0.1	-
Cr	-	-	-	-	-	0.73
Cd	0.05-0.1	0.05-0.3	0.05-0.3	0.5	0.2	0.189
Pb	0.2-0.4	0.3	0.3	0.5	-	0.12

#### 4.4.2.1 Mahmudiye İstasyonundaki *C. banarescui* Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Ağır Metallerin Birikimi

Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin mevsimlere göre kas doku, karaciğer ve solungaçlarındaki esansiyel (Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ni) metallerin miktarları Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4'de sunulmuştur.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Mn konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $0.78 \pm 0.094$  mg/kg,  $1.270 \pm 0.408$  mg/kg,  $4.07 \pm 2.620$  mg/kg ve  $4.67 \pm 1.53$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen limit değerlerle karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), ilkbahar ve yaz mevsimlerinde Mn konsantrasyonu limit değerlerin altındayken, sonbahar ve kış mevsimlerinde balıkların kas dokusunda Mn konsantrasyonları limit değerleri geçmiştir. Sonbahar mevsiminde balıklardaki Mn konsantrasyonu değerleri 1.14 - 14.51 mg/kg; kış mevsiminde ise 1.12 - 11.63 mg/kg aralığındadır (Çizelge 4.4.2.1.3-4.4.2.1.4).



Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Mn konsantrasyonu sırasıyla  $2.27 \pm 0.822$  mg/kg,  $4.94 \pm 1.190$  mg/kg,  $13.18 \pm 2.720$  mg/kg ve  $5.51 \pm 1.02$  mg/kg şeklindedir. Karaciğerde biriken Mn miktarlarının örnekleme dönemi boyunca büyükten küçüğe sonbahar > kış > yaz > ilkbahar şeklinde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

*C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Mn birikimi ilkbahar mevsiminde  $8.52 \pm 2.390$  mg/kg, yaz mevsiminde  $6.21 \pm 2.930$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $14.83 \pm 4.790$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $14.83 \pm 1.20$  mg/kg olarak bulunmuştur. Balıkların solungaçlarında biriken Mn miktarları mevsimler arasında büyükten küçüğe sonbahar = kış > yaz > ilkbahar şeklinde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

**Çizelge 4.4.2.1.1** Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel metal konsantrasyonları (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değer altında)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Mn	$0.78 \pm 0.094$	$2.27 \pm 0.822$	$8.52 \pm 2.390$
	0.57 - 1.03	0.02 - 3.92	1.78 - 12.76
Fe	$28.11 \pm 1.830$	$195.00 \pm 73.400$	$155.60 \pm 42.900$
	23.06 - 31.70	L.D.A. - 352.70	50.60 - 253.70
Co	E.M.	$0.02 \pm 0.007$	$0.03 \pm 0.005$
		E.M. - 0.03	0.02 - 0.04
Cu	$0.48 \pm 0.036$	$3.02 \pm 1.000$	$2.50 \pm 1.180$
	0.39 - 0.55	0.03 - 4.14	0.60 - 5.81
Zn	$15.23 \pm 4.830$	$28.80 \pm 12.000$	$26.70 \pm 5.670$
	9.84 - 29.68	0.20 - 55.20	12.89 - 39.14
Ni	$0.16 \pm 0.034$	$1.07 \pm 0.354$	$0.31 \pm 0.038$
	0.11 - 0.26	0.01 - 1.46	0.24 - 0.40

Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Fe konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $28.11 \pm 1.830$  mg/kg,  $39.90 \pm 17.700$  mg/kg,  $74.60 \pm 42.900$  mg/kg ve  $70.40 \pm 22.80$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen limit değerlerle karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde Fe konsantrasyonu limit değerlerin altındadır (Çizelge 4.4.2.1). Ortalama demir

konsantrasyonları ilkbaharda 28.11 mg/kg, yazın 39.90 mg/kg, sonbaharda 74.60 mg/kg ve 70.40 mg/kg şeklindedir (Çizelge 4.4.2.1.3-4.4.2.1.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Fe konsantrasyonu sırasıyla  $195.00 \pm 73.400$  mg/kg,  $163.20 \pm 54.100$  mg/kg,  $519 \pm 314$  mg/kg ve  $193.90 \pm 14.60$  mg/kg şeklindedir (Çizelge 4.4.2.1.3-4.4.2.1.4). Karaciğerde biriken Fe miktarları büyükten küçüğe sonbahar > ilkbahar > kış > yaz şeklinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

*C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Fe birikimi ilkbahar mevsiminde  $155.60 \pm 42.900$  mg/kg, yaz mevsiminde  $99.50 \pm 40.500$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $248.80 \pm 82.200$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $218.30 \pm 14.90$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.1.3-4.4.2.1.4). Solungaçta biriken Fe miktarlarının örnekleme dönemi boyunca büyükten küçüğe sonbahar > kış > ilkbahar > yaz şeklinde olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

**Çizelge 4.4.2.1.2** Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Mn	$1.27 \pm 0.408$	$4.94 \pm 1.190$	$6.21 \pm 2.930$
	0.211 - 3.433	1.26 - 10.70	0.48 - 18.80
Fe	$39.90 \pm 17.700$	$163.20 \pm 54.100$	$99.50 \pm 40.500$
	4.40 - 139.70	33.60 - 435.200	10.50 - 298.400
Co	E.M.	$0.03 \pm 0.008$	$0.02 \pm 0.011$
		E.M. - 0.06	E.M. - 0.08
Cu	$0.44 \pm 0.091$	$2.54 \pm 0.601$	$0.61 \pm 0.137$
	0.21 - 0.80	0.88 - 4.93	0.09 - 1.05
Zn	$10.23 \pm 2.900$	$16.61 \pm 4.720$	$11.42 \pm 3.250$
	3.71 - 25.78	2.46 - 36.65	2.18 - 22.12
Ni	$0.14 \pm 0.044$	$0.54 \pm 0.174$	$0.18 \pm 0.063$
	0.03 - 0.36	0.09 - 1.40	0.02 - 0.53

Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Co konsantrasyonları ilkbahar ve yaz mevsimlerinde eser miktardadır. Sonbahar ve kış mevsimlerinde ise sırasıyla  $0.02 \pm 0.010$  mg/kg ve  $0.02 \pm 0.004$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen limit değerlerle karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde Co konsantrasyonu limit değerlerin altındadır (Çizelge 4.4.2.1).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Co konsantrasyonu sırasıyla  $0.02 \pm 0.007$  mg/kg,  $0.03 \pm 0.008$  mg/kg,  $0.09 \pm 0.016$  mg/kg ve  $0.03 \pm 0.003$  mg/kg şeklindedir. Karaciğerde biriken Co miktarları büyükten küçüğe sonbahar > yaz = kış > ilkbahar şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

*C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Co birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.03 \pm 0.005$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.02 \pm 0.011$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.07 \pm 0.029$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $0.04 \pm 0.003$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4). Solungaçta biriken Co miktarlarının örnekleme dönemi boyunca büyükten küçüğe sonbahar > kış > ilkbahar > yaz şeklinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

Element konsantrasyonlarının sonuçları değerlendirilecek olursa (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4), Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Cu konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $0.48 \pm 0.036$  mg/kg,  $0.44 \pm 0.091$  mg/kg,  $0.77 \pm 0.294$  mg/kg ve  $10.82 \pm 1.91$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen limit değerler incelendiğinde, balıkların kas dokusunda Cu miktarları oldukça düşüktür.

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Cu konsantrasyonu sırasıyla  $3.02 \pm 1.000$  mg/kg,  $2.54 \pm 0.601$  mg/kg,  $3.93 \pm 0.513$  mg/kg ve  $3.27 \pm 0.21$  mg/kg şeklindedir. Karaciğerde biriken Cu miktarları büyükten küçüğe sonbahar > kış > ilkbahar > yaz şeklinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

*C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Cu birikimi ilkbahar mevsiminde  $2.50 \pm 1.180$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.61 \pm 0.137$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $1.16 \pm 0.348$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $1.25 \pm 0.21$  mg/kg olarak bulunmuştur. Solungaçta biriken Cu miktarlarının örnekleme dönemi boyunca büyükten küçüğe ilkbahar > kış > sonbahar > yaz şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

**Çizelge 4.4.2.1.3** Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
<b>Mn</b>	<b>4.07*</b> ± 2.620	13.18 ± 2.720	14.83 ± 4.790
	1.14 - 14.51	7.22 - 20.38	4.99 - 32.97
<b>Fe</b>	74.60 ± 42.900	519 ± 314	248.80 ± 82.200
	23.30 - 244.30	117 - 1761	141.90 - 574.10
<b>Co</b>	0.02 ± 0.010	0.09 ± 0.016	0.07 ± 0.029
	0.01 - 0.06	0.04 - 0.13	0.03 - 0.18
<b>Cu</b>	0.77 ± 0.294	3.93 ± 0.513	1.16 ± 0.348
	0.31 - 1.80	2.57 - 5.60	0.36 - 2.46
<b>Zn</b>	11.40 ± 3.710	31.19 ± 2.110	34.80 ± 9.740
	7.41 - 26.21	25.10 - 37.03	18.01 - 72.79
<b>Ni</b>	0.31 ± 0.205	0.81 ± 0.276	0.56 ± 0.103
	0.09 - 1.13	0.24 - 1.80	0.22 - 0.82

\* limit değerinin üzerindedir (IAEA, 2003).

Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Zn konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $15.23 \pm 4.830$  mg/kg,  $10.23 \pm 2.900$  mg/kg,  $11.40 \pm 3.710$  mg/kg ve  $10.82 \pm 1.91$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen limit değerler incelendiğinde, balıkların kas dokusunda Zn miktarlarının sınır değerleri geçmediği sonucu ortaya çıkmıştır.

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Zn konsantrasyonu sırasıyla  $28.80 \pm 12.000$  mg/kg,  $16.61 \pm 4.720$  mg/kg,  $31.19 \pm 2.110$  mg/kg ve  $41.90 \pm 15.30$  mg/kg şeklindedir. Karaciğerde biriken Zn miktarları büyükten küçüğe kış > sonbahar > ilkbahar > yaz şeklinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

*C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Zn birikimi ilkbahar mevsiminde  $26.70 \pm 5.670$  mg/kg, yaz mevsiminde  $11.42 \pm 3.250$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $34.80 \pm 9.740$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $27.35 \pm 3.67$  mg/kg olarak bulunmuştur. Solungaçta biriken Zn miktarlarının örnekleme dönemi boyunca büyükten küçüğe ilkbahar > kış > sonbahar > yaz şeklinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

Mahmudiye istasyonunda çalışma süresince *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda belirlenen Ni miktarı ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış aylarında sırasıyla  $0.16 \pm 0.034$  mg/kg,  $0.14 \pm 0.044$  mg/kg,  $0.31 \pm 0.205$  mg/kg ve  $0.19 \pm 0.06$  mg/kg olarak bulunmuştur. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen sınır değerler incelendiğinde, balıkların kas dokusundaki Ni miktarlarının sınır değerleri geçmediği tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

Balık örneklerinin karaciğerlerinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Ni konsantrasyonu sırasıyla  $1.07 \pm 0.354$  mg/kg,  $0.54 \pm 0.174$  mg/kg,  $0.81 \pm 0.276$  mg/kg ve  $1.37 \pm 0.26$  mg/kg şeklindedir. Karaciğerlerde biriken Ni miktarları mevsimler arasında büyükten küçüğe kış > ilkbahar > sonbahar > yaz şeklinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

*C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Ni birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.31 \pm 0.038$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.18 \pm 0.063$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.56 \pm 0.103$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $0.57 \pm 0.07$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Balıkların solungaçlarında biriken Ni miktarları mevsimler arasında büyükten küçüğe kış > sonbahar > ilkbahar > yaz şeklinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.1.4).

**Çizelge 4.4.2.1.4** Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel metal konsantrasyonları (mg/kg)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Mn	$4.67^* \pm 1.53$	$5.51 \pm 1.02$	$14.83 \pm 1.20$
	1.12 - 11.63	1.26 - 10.42	10.99 - 19.19
Fe	$70.40 \pm 22.80$	$193.90 \pm 14.60$	$218.30 \pm 14.90$
	15.10 - 148.70	136.50 - 242.60	149.60 - 265.30
Co	$0.02 \pm 0.004$	$0.03 \pm 0.003$	$0.04 \pm 0.003$
	0.01 - 0.03	0.01 - 0.04	0.03 - 0.05
Cu	$0.43 \pm 0.03$	$3.27 \pm 0.21$	$1.25 \pm 0.21$
	0.31 - 0.52	2.66 - 4.08	0.83 - 2.39
Zn	$10.82 \pm 1.91$	$41.90 \pm 15.30$	$27.35 \pm 3.67$
	6.44 - 21.38	10.40 - 126.10	19.27 - 46.40
Ni	$0.19 \pm 0.06$	$1.37 \pm 0.26$	$0.57 \pm 0.07$
	0.06 - 0.55	0.63 - 2.30	0.38 - 0.82

\* limit değerinin üzerindedir (IAEA, 2003).

#### 4.4.2.2 Mahmudiye İstasyonundaki *C. banarescui* Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Olmayan Ağır Metallerin Birikimi

Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin mevsimlere göre kas doku, karaciğer ve solungaçlarındaki esansiyel olmayan (Al, Cr, As, Cd, Pb) metallerinin miktarları Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4’de sunulmuştur.

Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Al konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $1.75 \pm 0.180$  mg/kg,  $1.32 \pm 0.216$  mg/kg,  $8.82 \pm 5.630$  mg/kg ve  $10.92 \pm 4.11$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1’de belirtilen limit değerler incelendiğinde, balıkların kas dokusunda Al miktarlarının sınır değerleri geçmediği görülmektedir. Kas dokusunda biriken Al miktarlarının örnekleme dönemi boyunca büyükten küçüğe kış > sonbahar > ilkbahar > yaz şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Al konsantrasyonu sırasıyla  $15.80 \pm 5.300$  mg/kg,  $11.71 \pm 5.340$  mg/kg,  $6.01 \pm 1.410$  mg/kg ve  $10.16 \pm 1.68$  mg/kg şeklindedir. Karaciğerde biriken Al miktarlarının örnekleme dönemi boyunca büyükten küçüğe ilkbahar > yaz > kış > sonbahar şeklinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4).

*C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Al birikimi ilkbahar mevsiminde  $2.88 \pm 0.474$  mg/kg, yaz mevsiminde  $10.41 \pm 5.630$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $16.60 \pm 9.780$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $17.95 \pm 2.96$  mg/kg olarak bulunmuştur. Solungaçta biriken Al miktarlarının örnekleme dönemi boyunca büyükten küçüğe kış > sonbahar > yaz > ilkbahar şeklinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Mahmudiye istasyonundaki Cr’un ortalama konsantrasyonu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde kas dokusunda sırasıyla  $0.35 \pm 0.076$  mg/kg,  $0.21 \pm 0.069$  mg/kg,  $0.52 \pm 0.115$  mg/kg ve  $0.27 \pm 0.02$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1’de belirtilen sınır değerler incelendiğinde, balıkların kas dokusundaki Cr miktarlarının sınır değerleri geçmediği tespit edilmiştir.

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Cr konsantrasyonu sırasıyla  $0.47 \pm 0.201$  mg/kg,  $0.66 \pm 0.458$  mg/kg,  $0.78 \pm 0.114$  mg/kg ve  $0.47 \pm 0.04$  mg/kg şeklindedir. Karaciğerde biriken Cr miktarlarının örnekleme dönemi boyunca büyükten küçüğe sonbahar > yaz > ilkbahar = kış şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4).

Yakalanan bireylerin solungaçlarında ise Cr birikimi ilkbaharda  $0.33 \pm 0.047$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.18 \pm 0.061$  mg/kg, sonbaharda  $0.60 \pm 0.109$  mg/kg, kış mevsiminde  $0.63 \pm 0.10$  mg/kg olarak bulunmuştur. Solungaçlarda biriken Cr miktarlarının örnekleme dönemi boyunca büyükten küçüğe kış > sonbahar > ilkbahar > yaz şeklinde olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4).

**Çizelge 4.4.2.2.1** Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerinin altında)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	$1.75 \pm 0.180$	$15.80 \pm 5.300$	$2.88 \pm 0.474$
	1.27 - 2.14	0.31 - 23.52	1.97 - 3.84
Cr	$0.35 \pm 0.076$	$0.47 \pm 0.201$	$0.33 \pm 0.047$
	0.23 - 0.57	L.D.A. - 0.91	0.23 - 0.45
As	<b><math>0.39^* \pm 0.046</math></b>	$1.35 \pm 0.482$	$0.77 \pm 0.041$
	0.32 - 0.52	0.11 - 2.467	0.66 - 0.86
Cd	$0.02 \pm 0.006$	$0.05 \pm 0.018$	$0.08 \pm 0.033$
	0.01 - 0.04	E.M. - 0.08	E.M. - 0.17
Pb	<b><math>0.12^{**} \pm 0.009</math></b>	$1.42 \pm 0.663$	$0.69 \pm 0.120$
	0.10 - 0.14	0.05 - 2.85	0.45 - 1.00

\* limit değerinin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.2.2** Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değer altında)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	1.32 ± 0.216 0.25 - 2.04	11.71 ± 5.340 1.59 - 42.37	10.41 ± 5.630 1.55 - 42.62
Cr	0.21 ± 0.069 L.D.A. - 0.43	0.66 ± 0.458 L.D.A. - 3.26	0.18 ± 0.061 L.D.A. - 0.32
As	<b>0.47*</b> ± 0.117 0.10 - 0.84	1.66 ± 0.514 0.40 - 4.18	0.79 ± 0.163 0.17 - 1.33
Cd	E.M.	0.02 ± 0.005 L.D.A. - 0.03733	E.M.
Pb	<b>0.13**</b> ± 0.027 0.05 - 0.24	0.44 ± 0.078 0.17 - 0.68	0.60 ± 0.231 0.15 - 1.78

\* limit değerinin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Mahmudiye istasyonundaki As'in ortalama konsantrasyonu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde kas dokusunda sırasıyla  $0.39 \pm 0.046$  mg/kg,  $0.47 \pm 0.117$  mg/kg,  $1.32 \pm 0.386$  mg/kg ve  $0.99 \pm 0.07$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen sınır değerler incelendiğinde, balıkların kas dokusundaki As miktarlarının FAO, (1983)'nin belirttiği sınır değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. As kas dokusunda en çok sonbahar mevsiminde, daha sonra sırasıyla kış, yaz ve ilkbahar mevsimlerinde birikim göstermiştir.

Karaciğer dokusunda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama As konsantrasyonu sırasıyla  $1.35 \pm 0.482$  mg/kg,  $1.66 \pm 0.514$  mg/kg,  $2.08 \pm 0.457$  mg/kg ve  $1.05 \pm 0.18$  mg/kg şeklindedir. Karaciğerlerde biriken As miktarlarının mevsimler arasında büyükten küçüğe sonbahar > yaz > ilkbahar > kış şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4).

Yakalanan bireylerin solungaçlarında ise As birikimi ilbaharda  $0.77 \pm 0.041$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.79 \pm 0.163$  mg/kg, sonbaharda  $2.32 \pm 0.526$  mg/kg, kış mevsiminde  $2.70 \pm 0.45$  mg/kg olarak bulunmuştur. Balıkların solungaçlarında biriken As miktarları mevsimler arasında büyükten küçüğe kış > sonbahar > yaz > ilkbahar şeklinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4).



**Çizelge 4.4.2.2.3** Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	8.82 ± 5.630	6.01 ± 1.410	16.60 ± 9.780
	1.39 - 30.86	2.79 - 11.25	3.70 - 55.17
Cr	0.52 ± 0.115	0.78 ± 0.114	0.60 ± 0.109
	0.31 - 0.89	0.49 - 1.18	0.32 - 0.94
As	<b>1.32*</b> ± 0.386	2.08 ± 0.457	2.32 ± 0.526
	0.59 - 2.60	1.34 - 3.69	1.08 - 4.25
Cd	0.01 ± 0.008	0.10 ± 0.045	0.04 ± 0.014
	E.M. - 0.04	0.03 - 0.28	E.M. - 0.08
Pb	<b>1.53**</b> ± 1.290	0.79 ± 0.122	0.95 ± 0.218
	0.10 - 6.69	0.49 - 1.16	0.48 - 1.71

\* limit değerin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Mahmudiye istasyonundaki Cd'un ortalama konsantrasyonu kış ve yaz mevsimlerinde kas dokusunda eser miktarda tespit edilmiştir. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ise sırasıyla  $0.02 \pm 0.006$  mg/kg ve  $0.01 \pm 0.008$  mg/kg olarak saptanmıştır. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen sınır değerler incelendiğinde, balıkların kas dokusundaki Cd miktarlarının sınır değerler üzerine çıkmadığı belirlenmiştir.

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Cd konsantrasyonu sırasıyla  $0.05 \pm 0.018$  mg/kg,  $0.02 \pm 0.005$  mg/kg,  $0.10 \pm 0.045$  mg/kg ve  $0.04 \pm 0.007$  mg/kg şeklindedir. Karaciğerlerde biriken Cd miktarlarının mevsimler arasında büyükten küçüğe sonbahar > ilkbahar > kış > yaz şeklinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4).

Balıkların solungaçlarında ise Cd birikimi ilbaharda  $0.08 \pm 0.033$  mg/kg, sonbaharda  $0.04 \pm 0.014$  mg/kg, kışın  $0.03 \pm 0.011$  mg/kg olarak bulunmuştur. Yaz mevsiminde ise *C. banarescui* bireylerinde solungaçta biriken Cd eser miktardadır. Solungaçlarda biriken Cd miktarlarının mevsimler arasında büyükten küçüğe ilkbahar > sonbahar > kış > yaz şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4).

Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Pb konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $0.12 \pm 0.009$  mg/kg,  $0.13 \pm 0.027$  mg/kg,  $1.53 \pm 1.290$  mg/kg ve  $0.49 \pm$

0.176 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1’de belirtilen sınır değerler incelendiğinde, balıkların kas dokusundaki Pb miktarlarının yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde çeşitli ulusal ve uluslararası standartlarda belirlenen sınır değerinin üzerinde, ilkbahar mevsiminde ise IAEA, (2003)’da belirtilen sınır değeriyle aynı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Pb konsantrasyonu sırasıyla  $1.42 \pm 0.663$  mg/kg,  $0.44 \pm 0.078$  mg/kg,  $0.79 \pm 0.122$  mg/kg ve  $0.77 \pm 0.361$  mg/kg şeklindedir. *C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Pb birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.69 \pm 0.120$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.60 \pm 0.231$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.95 \pm 0.218$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $1.34 \pm 0.129$  mg/kg olarak saptanmıştır (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4).

**Çizelge 4.4.2.2.4** Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) E.M.: (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerin altında)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	$10.92 \pm 4.11$ 1.36 - 27.87	$10.16 \pm 1.68$ 4.96 - 18.07	$17.95 \pm 2.96$ 8.57 - 29.79
Cr	$0.27 \pm 0.02$ 0.23 - 0.36	$0.47 \pm 0.04$ 0.32 - 0.66	$0.63 \pm 0.10$ 0.34 - 1.04
As	<b><math>0.99^* \pm 0.07</math></b> 0.75 - 1.40	$1.05 \pm 0.18$ 0.69 - 1.96	$2.70 \pm 0.45$ 1.40 - 4.59
Cd	E.M.	$0.04 \pm 0.007$ 0.02 - 0.07	$0.03 \pm 0.011$ L.D.A. - 0.08
Pb	<b><math>0.49^{**} \pm 0.176</math></b> 0.09 - 1.29	$0.77 \pm 0.361$ 0.27 - 2.91	$1.34 \pm 0.129$ 0.85 - 1.89

\* limit değerin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

#### 4.4.2.3 Kıranyağmur İstasyonundaki *V. vimba* Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Ağır Metallerin Birikimi

Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin mevsimlere göre kas doku, karaciğer ve solungaçlarındaki esansiyel (Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ni) metallerin miktarları Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4’de sunulmuştur.

Kıranyağmur istasyonundan yakalanan *V. vimba* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Mn konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $0.91 \pm 0.312$  mg/kg,  $8.77 \pm 0.868$  mg/kg,  $4.62 \pm 4.300$  mg/kg ve  $0.35 \pm 0.379$  mg/kg

olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), yaz ve sonbahar mevsimlerinde Mn konsantrasyonu limit değerlerin üzerinde, ilkbahar ve kış mevsimlerinde ise balıkların kas dokusunda Mn konsantrasyonları limit değerleri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Mn konsantrasyonu sırasıyla  $5.23 \pm 1.080$  mg/kg,  $12.76 \pm 3.360$  mg/kg,  $3.71 \pm 3.210$  mg/kg ve  $16.70 \pm 14.900$  mg/kg şeklindedir. *V. vimba* bireylerinin solungaçlarında ise Mn birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.29 \pm 0.180$  mg/kg, yaz mevsiminde  $1.695 \pm 0.543$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $7.59 \pm 0.556$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $0.02 \pm 0.037$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4).

Kıranyağmur istasyonundan yakalanan *V. vimba* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Fe konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $36.80 \pm 16.100$  mg/kg,  $186 \pm 46.400$  mg/kg,  $54 \pm 56.300$  mg/kg ve  $131 \pm 135$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), yaz mevsiminde Fe konsantrasyonu limit değerlerin üzerindedir. İlkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde ise balıkların kas dokusunda Mn konsantrasyonları belirtilen sınır değeri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Fe konsantrasyonu sırasıyla  $480 \pm 167$  mg/kg,  $455 \pm 160$  mg/kg,  $33.60 \pm 78.300$  mg/kg ve  $742 \pm 746$  mg/kg şeklindedir. *V. vimba* bireylerinin solungaçlarında ise Fe birikimi ilkbahar mevsiminde  $1.15 \pm 5.450$  mg/kg, yaz mevsiminde  $89.10 \pm 20.500$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $96.90 \pm 25.300$  mg/kg olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde ise, ortalama Fe konsantrasyonu limit değerinin altındadır (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4).

Kıranyağmur istasyonundan yakalanan *V. vimba* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Co konsantrasyonları ilkbahar mevsiminde limit değerinin altındadır. Yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde ise sırasıyla  $0.04 \pm 0.016$  mg/kg,  $0.01 \pm 0.017$  mg/kg ve  $0.02 \pm 0.022$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), balıkların kas dokusundaki Co konsantrasyonu tüm mevsimlerde limit değerleri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz ve kış mevsimlerindeki ortalama Co konsantrasyonu sırasıyla  $0.03 \pm 0.011$  mg/kg,  $0.02 \pm 0.006$  mg/kg ve  $0.04 \pm 0.064$  mg/kg şeklindedir. Ortalama Co konsantrasyonu sonbahar mevsiminde limit değerin altında tespit edilmiştir. *V. vimba* bireylerinin solungaçlarında ise, ortalama Co konsantrasyonu ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde limit değerin altındadır. Yaz mevsiminde ortalama Co konsantrasyonu  $0.01 \pm 0.004$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4).

Kıranyağmur istasyonundan yakalanan *V. vimba* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Cu konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $0.43 \pm 0.188$  mg/kg,  $1.24 \pm 0.026$  mg/kg,  $0.20 \pm 0.183$  mg/kg ve  $0.10 \pm 0.126$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), balıkların kas dokusundaki Cu konsantrasyonu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sınır değerleri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Cu konsantrasyonu sırasıyla  $12.98 \pm 2.500$  mg/kg,  $9.52 \pm 2.310$  mg/kg,  $0.33 \pm 0.613$  mg/kg ve  $14.60 \pm 14.400$  mg/kg şeklindedir. *V. vimba* bireylerinin solungaçlarında ise Cu birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.54 \pm 0.521$  mg/kg, yaz mevsiminde  $5.45 \pm 0.862$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.37 \pm 0.030$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Kış mevsiminde ise ortalama Cu konsantrasyonu limit değerin altındadır (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4).

Kıranyağmur istasyonundan yakalanan *V. vimba* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Zn konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $21.90 \pm 10.700$  mg/kg,  $20.09 \pm 5.250$  mg/kg,  $5.44 \pm 4.450$  mg/kg ve  $0.96 \pm 1.620$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), balıkların kas dokusundaki Zn konsantrasyonunun tüm mevsimlerde limit değerin üzerine çıkmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Zn konsantrasyonu sırasıyla  $353 \pm 112$  mg/kg,  $268.70 \pm 20.800$  mg/kg,  $0.60 \pm 12.400$  mg/kg ve  $114 \pm 116$  mg/kg şeklindedir. *V. vimba* bireylerinin solungaçlarında ise Zn

birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.51 \pm 1.170$  mg/kg, yaz mevsiminde  $20.86 \pm 5.050$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $21.40 \pm 13.700$  mg/kg olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde ortalama Zn konsantrasyonu limit değerinin altındadır (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4)

Kıryanıyağmur istasyonunda çalışma süresince *V. vimba* bireylerinin kas dokusunda belirlenen Ni miktarı ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış aylarında sırasıyla  $0.26 \pm 0.141$  mg/kg,  $0.35 \pm 0.065$  mg/kg,  $0.06 \pm 0.069$  mg/kg ve  $0.40 \pm 0.409$  mg/kg olarak bulunmuştur. Çizelge 4.4.2.1’de belirtilen sınır değerler incelendiğinde, balıkların kas dokusundaki Ni miktarlarının sınır değerleri geçmediği tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4).

Balık örneklerinin karaciğerlerinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Ni konsantrasyonu sırasıyla  $2.73 \pm 0.679$  mg/kg,  $3.09 \pm 0.419$  mg/kg,  $0.06 \pm 0.156$  mg/kg ve  $1.71 \pm 1.700$  mg/kg şeklindedir. *V. vimba* bireylerinin solungaçlarında ise Ni birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.01 \pm 0.023$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.29 \pm 0.034$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.12 \pm 0.049$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Kış mevsiminde ise ortalama Ni konsantrasyonu ölçülebilir limit değerinin altında bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4).

**Çizelge 4.4.2.3.1** Kıryanıyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerinin altında)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
<b>Mn</b>	$0.91 \pm 0.312$	$5.23 \pm 1.080$	$0.29 \pm 0.180$
	L.D.A. - 1.28	2.95 - 7.84	L.D.A. - 0.63
<b>Fe</b>	$36.80 \pm 16.100$	$480 \pm 167$	$1.15 \pm 5.450$
	L.D.A. - 73.80	231 - 965	L.D.A. - 14.09
<b>Co</b>	L.D.A.	$0.03 \pm 0.011$	L.D.A.
		L.D.A. - 0.05	
<b>Cu</b>	$0.43 \pm 0.188$	$12.98 \pm 2.500$	$0.54 \pm 0.521$
	L.D.A. - 0.84	8.07 - 19.96	L.D.A. - 2.10
<b>Zn</b>	$21.90 \pm 10.700$	$353 \pm 112$	$0.51 \pm 1.170$
	L.D.A. - 46.90	144 - 670	L.D.A. - 3.74
<b>Ni</b>	$0.26 \pm 0.141$	$2.73 \pm 0.679$	$0.01 \pm 0.023$
	L.D.A. - 0.64	1.90 - 4.75	L.D.A. - 0.0823

**Çizelge 4.4.2.3.2** Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Mn	8.77* ± 0.868	12.76 ± 3.360	1.695 ± 0.543
	7.53 - 10.44	7.99 - 19.25	0.87 - 2.72
Fe	186.00* ± 46.400	455.00 ± 160	89.10 ± 20.500
	128 - 277.8	263 - 773	55.90 - 126.50
Co	0.04 ± 0.016	0.02 ± 0.006	0.01 ± 0.004
	0.02 - 0.07	0.01 - 0.03	E.M. - 0.02
Cu	1.24 ± 0.026	9.52 ± 2.310	5.45 ± 0.862
	1.19 - 1.28	6.94 - 14.13	4.52 - 7.17
Zn	20.09 ± 5.250	268.70 ± 20.800	20.86 ± 5.050
	11.53 - 29.64	245.20 - 310.20	14.72 - 30.89
Ni	0.35 ± 0.065	3.09 ± 0.419	0.29 ± 0.034
	0.25 - 0.47	2.37 - 3.82	0.24 - 0.36

\* limit değerin üzerindedir (IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.3.3** Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerin altında)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Mn	4.62* ± 4.300	3.71 ± 3.210	7.59 ± 0.556
	0.32 - 8.93	0.50 - 6.92	7.04 - 8.15
Fe	54 ± 56.300	33.60 ± 78.300	96.90 ± 25.300
	L.D.A. - 110.30	L.D.A. - 111.90	71.60 - 122.20
Co	0.01 ± 0.017	L.D.A.	E.M.
	L.D.A. - 0.03		
Cu	0.20 ± 0.183	0.33 ± 0.613	0.37 ± 0.030
	0.02 - 0.38	L.D.A. - 0.946	0.34 - 0.40
Zn	5.44 ± 4.450	0.60 ± 12.400	21.40 ± 13.700
	0.99 - 9.88	L.D.A. - 13.0	7.70 - 35.0
Ni	0.06 ± 0.069	0.06 ± 0.156	0.12 ± 0.049
	L.D.A. - 0.13	L.D.A. - 0.21	0.07 - 0.17

\* limit değerin üzerindedir (IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.3.4** Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (L.D.A: Limit değerinin altında)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Mn	0.35 ± 0.379 L.D.A. - 0.73	16.70 ± 14.900 1.90 - 31.60	0.02 ± 0.037 L.D.A. - 0.05
Fe	131 ± 135 4 - 266	742.0 ± 746.0 5.0 - 1488.0	L.D.A.
Co	0.02 ± 0.022 L.D.A. - 0.041	0.04 ± 0.064 L.D.A. - 0.10	L.D.A.
Cu	0.10 ± 0.126 L.D.A. - 0.23	14.60 ± 14.400 0.20 - 28.90	L.D.A.
Zn	0.96 ± 1.620 L.D.A. - 2.58	114.0 ± 116.0 2.0 - 230.0	L.D.A.
Ni	0.40 ± 0.409 L.D.A. - 0.81	1.71 ± 1.700 0.01 - 3.41	L.D.A.

#### 4.4.2.4 Kıranyağmur İstasyonundaki *V. vimba* Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Olmayan Ağır Metallerin Birikimi

Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin mevsimlere göre kas doku, karaciğer ve solungaçlarındaki esansiyel olmayan (Al, Cr, As, Cd, Pb) metallerinin miktarları Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4'de sunulmuştur.

Kıranyağmur istasyonundan yakalanan *V. vimba* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Al konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $1.38 \pm 0.571$  mg/kg,  $15.88 \pm 9.690$  mg/kg,  $11.20 \pm 11.100$  mg/kg ve  $0.26 \pm 0.491$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen limit değerler incelendiğinde, yaz mevsiminde balıkların kas dokusunda Al miktarlarının IAEA, (2003)'da belirtilen sınır değeri aştığı görülmektedir. İlkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde ise kas dokudaki birikimler sınır değeri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Al konsantrasyonu sırasıyla  $35.20 \pm 13.300$  mg/kg,  $34.70 \pm 11.200$  mg/kg,  $5.55 \pm 9.360$  mg/kg ve  $80.80 \pm 74.300$  mg/kg şeklindedir. *V. vimba* bireylerinin solungaçlarında ise Al birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.49 \pm 0.487$  mg/kg, yaz mevsiminde  $7.07 \pm 3.130$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $12.01 \pm 2.120$  mg/kg olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde ise, limit değerinin altındadır (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Kıranyağmur istasyonundaki Cr'un ortalama konsantrasyonu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde kas dokusunda sırasıyla  $0.34 \pm 0.268$  mg/kg,  $0.23 \pm 0.02$  mg/kg,  $0.01 \pm 0.161$  mg/kg ve  $7.71 \pm 7.770$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), balıkların kas dokusundaki Cr konsantrasyonu kış mevsiminde sınır değerinde oldukça üzerinde tespit edilmiştir. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise birikim limit değerinin altındadır (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz ve kış mevsimlerindeki ortalama Cr konsantrasyonu sırasıyla  $4.54 \pm 2.480$  mg/kg,  $1.34 \pm 0.242$  mg/kg ve  $3.79 \pm 4.130$  mg/kg şeklindeyken, sonbahar mevsiminde limit değerinin altındadır. Yakalanan bireylerin solungaçlarında ise, Cr birikimi ilkbahar ve kış mevsimlerinde limit değerinin altındadır. Yaz mevsiminde  $0.44 \pm 0.079$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.12 \pm 0.063$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Kıranyağmur istasyonundaki As'in ortalama konsantrasyonu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde *V. vimba* bireylerinin kas dokusunda sırasıyla  $0.45 \pm 0.187$  mg/kg,  $0.51 \pm 0.019$  mg/kg,  $0.44 \pm 0.351$  mg/kg ve  $0.07 \pm 0.042$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen sınır değerler incelendiğinde, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde balıkların kas dokusundaki As miktarlarının FAO, (1983)'nin belirttiği sınır değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. As kas dokusunda en çok yaz mevsiminde, daha sonra sırasıyla ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde birikim göstermiştir (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4).

Karaciğer dokusunda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama As konsantrasyonu sırasıyla  $8.22 \pm 3.35$  mg/kg,  $5.85 \pm 0.901$  mg/kg,  $1.87 \pm 0.759$  mg/kg ve  $9.15 \pm 8.540$  mg/kg şeklindedir. Yakalanan *V. vimba* bireylerinin solungaçlarında ise As birikimi ilbaharda  $0.13 \pm 0.047$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.63 \pm 0.106$  mg/kg, sonbaharda  $0.71 \pm 0.231$  mg/kg, kış mevsiminde  $0.04 \pm 0.003$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan örneklenen *V. vimba* bireyleriyle gerçekleştirilen çalışmada, Kıranyağmur istasyonundaki balıkların kas dokusunda



Cd'un ortalama konsantrasyonu, ilkbahar mevsiminde  $0.01 \pm 0.005$  olarak tespit edilmiştir. Sonbahar ve kış mevsimlerinde Cd konsantrasyonu limit değerin altındayken, ilkbahar mevsiminde eser miktarda olduğu belirlenmiştir. Çeşitli ulusal ve uluslararası standartlarda bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), balıkların kas dokusundaki Cd konsantrasyonunun tüm mevsimlerde sınır değerin altında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz ve kış mevsimlerindeki ortalama Cd konsantrasyonu sırasıyla  $0.07 \pm 0.0634$  mg/kg,  $0.03 \pm 0.017$  mg/kg, ve  $0.28 \pm 0.325$  mg/kg şeklindeyken, sonbahar mevsiminde limit değerin altında olduğu tespit edilmiştir. Balıkların solungaçlarında ise Cd birikimi ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde limit değerin altındayken, yaz mevsiminde ise *V. vimba* bireylerinde solungaçta biriken ortalama Cd konsantrasyonu eser miktardadır (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4).

Kıranyağmur istasyonundan yakalanan *V. vimba* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Pb konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $0.24 \pm 0.088$  mg/kg,  $1.53 \pm 0.237$  mg/kg,  $0.53 \pm 0.486$  mg/kg ve  $0.02 \pm 0.028$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çeşitli ulusal ve uluslararası standartlarda bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), balıkların kas dokusundaki Pb konsantrasyonu ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sınır değerlerin üzerindedir. Kış mevsiminde ise sınır değerleri aşmamıştır (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Pb konsantrasyonu sırasıyla  $10.11 \pm 5.370$  mg/kg,  $6.19 \pm 1.700$  mg/kg,  $0.37 \pm 0.339$  mg/kg ve  $14.00 \pm 13.600$  mg/kg şeklindedir. *V. vimba* bireylerinin solungaçlarında ise Pb birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.144 \pm 0.119$  mg/kg, yaz mevsiminde  $1.66 \pm 0.303$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.65 \pm 0.109$  mg/kg olarak tespit edilirken, kış mevsiminde ise eser miktarda bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4).

**Çizelge 4.4.2.4.1** Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (L.D.A: Limit değerin altında)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	1.38 ± 0.571 L.D.A. - 2.41	35.20 ± 13.300 19.40 - 75.00	0.49 ± 0.487 L.D.A. - 1.44
Cr	0.34 ± 0.268 L.D.A. - 1.11	4.54 ± 2.480 1.17 - 11.81	L.D.A.
As	<b>0.45*</b> ± 0.187 0.03 - 0.79	8.22 ± 3.35 4.14 - 18.19	0.13 ± 0.047 0.05 - 0.26
Cd	0.01 ± 0.005 L.D.A. - 0.02	0.07 ± 0.0634 L.D.A. - 0.24	L.D.A.
Pb	<b>0.24**</b> ± 0.088 L.D.A. - 0.38	10.11 ± 5.370 3.57 - 26.05	0.144 ± 0.119 L.D.A. - 0.492

\* limit değerin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.4.2** Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	<b>15.88**</b> ± 9.690 4.59 - 35.16	34.70 ± 11.200 19.10 - 56.30	7.07 ± 3.130 3.88 - 13.33
Cr	0.23 ± 0.02 0.18 - 0.27	1.34 ± 0.242 1.07 - 1.82	0.44 ± 0.079 0.28 - 0.54
As	<b>0.51*</b> ± 0.019 0.48 - 0.55	5.85 ± 0.901 4.09 - 7.04	0.63 ± 0.106 0.50 - 0.84
Cd	E.M.	0.03 ± 0.017 0.01 - 0.06	E.M.
Pb	<b>1.53**</b> ± 0.237 1.24 - 2.00	6.19 ± 1.700 3.61 - 9.40	1.66 ± 0.303 1.27 - 2.26

\* limit değerin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.4.3** Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (L.D.A: Limit değerin altında)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	11.20 ± 11.100 0.10 - 22.30	5.55 ± 9.360 L.D.A. - 14.90	12.01 ± 2.120 9.90 - 14.13
Cr	0.01 ± 0.161 L.D.A. - 0.17	L.D.A.	0.12 ± 0.063 0.06 - 0.18
As	<b>0.44*</b> ± 0.351 0.09 - 0.79	1.87 ± 0.759 1.12 - 2.63	0.71 ± 0.231 0.48 - 0.94
Cd	L.D.A.	L.D.A.	L.D.A.
Pb	<b>0.53**</b> ± 0.486 0.04 - 1.01	0.37 ± 0.339 0.03 - 0.71	0.65 ± 0.109 0.54 - 0.76

\* limit değerin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.4.4** Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değerin altında)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	0.26 ± 0.491 L.D.A. - 0.75	80.80 ± 74.300 6.50 - 155.10	L.D.A.
Cr	<b>7.71*</b> ± 7.770 L.D.A. - 15.48	3.79 ± 4.130 L.D.A. - 7.92	L.D.A.
As	0.07 ± 0.042 0.03 - 0.11	9.15 ± 8.540 0.61 - 17.69	0.04 ± 0.003 0.03 - 0.05
Cd	L.D.A.	0.28 ± 0.325 L.D.A. - 0.60	L.D.A.
Pb	0.02 ± 0.028 L.D.A. - 0.05	14.00 ± 13.600 0.40 - 27.50	E.M.

\* limit değerin üzerindedir (\*IAEA, 2003).

#### 4.4.2.5 Kocaali İstasyonundaki *A. chalcoides* Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Ağır Metallerin Birikimi

Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin mevsimlere göre kas doku, karaciğer ve solungaçlarındaki esansiyel (Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ni) metallerin miktarları Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4’de sunulmuştur.

Kocaali istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Mn konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 1.53 ± 0.338 mg/kg, 1.12 ± 0.222 mg/kg, 0.73 ± 0.279 mg/kg ve 1.66 ± 0.335 mg/kg

olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde Mn konsantrasyonu balıkların kas dokusunda limit değerleri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Mn konsantrasyonu sırasıyla  $20.25 \pm 3.060$  mg/kg,  $7.10 \pm 2.100$  mg/kg,  $2.32 \pm 0.541$  mg/kg ve  $6.24 \pm 1.250$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Mn birikimi ilkbahar mevsiminde  $20.20 \pm 11.200$  mg/kg, yaz mevsiminde  $19.60 \pm 10.500$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $8.32 \pm 0.691$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $8.65 \pm 0.423$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

Kocaali istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Fe konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $45.20 \pm 10.500$  mg/kg,  $49.83 \pm 9.790$  mg/kg,  $46.30 \pm 16.000$  mg/kg ve  $47.22 \pm 6.630$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde Fe konsantrasyonu balıkların kas dokusunda limit değerleri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Fe konsantrasyonu sırasıyla  $273.40 \pm 9.340$  mg/kg,  $597 \pm 177$  mg/kg,  $602 \pm 133$  mg/kg ve  $325.52 \pm 8.080$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Fe birikimi ilkbahar mevsiminde  $574 \pm 414$  mg/kg, yaz mevsiminde  $375 \pm 161$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $190.90 \pm 11.100$  mg/kg olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde ise, ortalama Fe konsantrasyonu  $186.80 \pm 52.300$  mg/kg'dir (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

Kocaali istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Co konsantrasyonları ilkbahar mevsiminde  $0.01 \pm 0.004$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.02 \pm 0.0183$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Yaz ve kış mevsimlerinde ise balıkların kas dokularındaki ortalama Co konsantrasyonu eser miktardadır. IAEA, (2003)'te bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde Co konsantrasyonu balıkların kas dokusunda limit değerleri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Co konsantrasyonu sırasıyla  $0.07 \pm 0.031$  mg/kg,  $0.02 \pm 0.009$  mg/kg,  $0.01 \pm 0.002$  mg/kg ve  $0.03 \pm 0.005$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise, ortalama Co konsantrasyonu ilkbahar mevsiminde  $0.16 \pm 0.123$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.06 \pm 0.031$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.02 \pm 0.002$  mg/kg ve kış mevsiminde  $0.03 \pm 0.007$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

Kocaali istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Cu konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $0.49 \pm 0.029$  mg/kg,  $1.97 \pm 1.120$  mg/kg,  $0.92 \pm 0.253$  mg/kg ve  $0.63 \pm 0.060$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1’de bildirilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde Cu konsantrasyonu balıkların kas dokusunda limit değerleri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Cu konsantrasyonu sırasıyla  $12.26 \pm 2.860$  mg/kg,  $8.90 \pm 2.450$  mg/kg,  $8.16 \pm 0.885$  mg/kg ve  $6.93 \pm 1.360$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Cu birikimi ilkbahar mevsiminde  $1.81 \pm 0.528$  mg/kg, yaz mevsiminde  $2.32 \pm 0.459$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $1.34 \pm 0.259$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Kış mevsiminde ise ortalama Cu konsantrasyonu  $1.23 \pm 0.504$  mg/kg’dir (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

Kocaali istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Zn konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $8.50 \pm 1.130$  mg/kg,  $11.51 \pm 1.210$  mg/kg,  $8.83 \pm 0.407$  mg/kg ve  $47.44 \pm 7.150$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. FAO / WHO, (1989)’da bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), kış mevsiminde Zn konsantrasyonu balıkların kas dokusunda limit değerleri geçmiştir. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise sınır değerlerin altındadır (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Zn konsantrasyonu sırasıyla  $163.20 \pm 23.500$  mg/kg,  $183.70 \pm 84.100$  mg/kg,  $50.63 \pm 2.610$  mg/kg ve  $70.20 \pm 48.500$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Zn birikimi ilkbahar mevsiminde  $43.40 \pm 14.700$  mg/kg, yaz mevsiminde  $96.30 \pm 27.000$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $61.01 \pm 6.740$  mg/kg

olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde ortalama Zn konsantrasyonu  $31.63 \pm 9.680$  mg/kg'dir (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

Kocaali istasyonunda çalışma süresince *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda belirlenen Ni miktarı ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış aylarında sırasıyla  $0.22 \pm 0.094$  mg/kg,  $0.09 \pm 0.004$  mg/kg,  $0.84 \pm 0.753$  mg/kg ve  $0.31 \pm 0.003$  mg/kg olarak bulunmuştur. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen limit değerler incelendiğinde, sonbahar mevsiminde balıkların kas dokusunda Ni miktarlarının IAEA, (2003)'da belirtilen sınır değeri aştığı görülmektedir. İlkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde ise kas dokudaki birikimler sınır değeri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

Balık örneklerinin karaciğerlerinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Ni konsantrasyonu sırasıyla  $1.10 \pm 0.163$  mg/kg,  $3.51 \pm 1.070$  mg/kg,  $4.01 \pm 0.371$  mg/kg ve  $2.04 \pm 0.759$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Ni birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.70 \pm 0.080$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.88 \pm 0.274$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.48 \pm 0.016$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Kış mevsiminde ise ortalama Ni konsantrasyonu  $0.51 \pm 0.247$  mg/kg bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.5.1-4.4.2.5.4).

**Çizelge 4.4.2.5.1** Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
<b>Mn</b>	$1.53 \pm 0.338$	$20.25 \pm 3.060$	$20.20 \pm 11.200$
	1.17 - 2.21	16.18 - 26.24	1.00 - 39.70
<b>Fe</b>	$45.20 \pm 10.500$	$273.40 \pm 9.340$	$574 \pm 414$
	25.00 - 59.90	255.99 - 287.97	40 - 1390
<b>Co</b>	$0.01 \pm 0.004$	$0.07 \pm 0031$	$0.16 \pm 0.123$
	E.M. - 0.02	0.01 - 0.11	0.01 - 0.40
<b>Cu</b>	$0.49 \pm 0.029$	$12.26 \pm 2.860$	$1.81 \pm 0.528$
	0.44 - 0.54	8.92 - 17.95	0.79 - 2.56
<b>Zn</b>	$8.50 \pm 1.130$	$163.20 \pm 23.500$	$43.40 \pm 14.700$
	6.52 - 10.42	124.90 - 205.90	25.70 - 72.70
<b>Ni</b>	$0.22 \pm 0.094$	$1.10 \pm 0.163$	$0.70 \pm 0.080$
	0.11 - 0.41	0.91 - 1.43	0.54 - 0.78

**Çizelge 4.4.2.5.2** Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
<b>Mn</b>	1.12 ± 0.222	7.10 ± 2.100	19.60 ± 10.500
	0.86 - 1.78	1.86 - 11.56	2.60 - 49.80
<b>Fe</b>	49.83 ± 9.790	597 ± 177	375 ± 161
	37.32 - 78.74	238 - 937	122 - 832
<b>Co</b>	E.M.	0.02 ± 0.009	0.06 ± 0.031
		0.01 - 0.05	0.01 - 0.14
<b>Cu</b>	1.97 ± 1.120	8.90 ± 2.450	2.32 ± 0.459
	0.51 - 5.28	5.17 - 16.06	1.76 - 3.69
<b>Zn</b>	11.51 ± 1.210	183.70 ± 84.100	96.30 ± 27.000
	9.17 - 14.89	92.10 - 435.80	41.60 - 158.50
<b>Ni</b>	0.09 ± 0.004	3.51 ± 1.070	0.88 ± 0.274
	0.08 - 0.10	1.28 - 6.32	0.35 - 1.64

**Çizelge 4.4.2.5.3** Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
<b>Mn</b>	0.73 ± 0.279	2.32 ± 0.541	8.32 ± 0.691
	0.28 - 1.24	1.67 - 3.39	7.59 - 9.71
<b>Fe</b>	46.30 ± 16.000	602 ± 133	190.90 ± 11.100
	19.50 - 75.00	450 - 867	179.60 - 213.00
<b>Co</b>	0.02 ± 0.0183	0.01 ± 0.002	0.02 ± 0.002
	E.M. - 0.05	E.M. - 0.013	0.02 - 0.03
<b>Cu</b>	0.92 ± 0.253	8.16 ± 0.885	1.34 ± 0.259
	0.60 - 1.41	6.63 - 9.70	1.07 - 1.86
<b>Zn</b>	8.83 ± 0.407	50.63 ± 2.610	61.01 ± 6.740
	8.02 - 9.23	46.43 - 55.42	49.79 - 73.10
<b>Ni</b>	<b>0.84*</b> ± 0.753	4.01 ± 0.371	0.48 ± 0.016
	0.08 - 2.34	3.39 - 4.67	0.46 - 0.51

\* limit değerin üzerindedir (\*IAEA, 2003)+

**Çizelge 4.4.2.5.4** Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
<b>Mn</b>	1.66 ± 0.335	6.24 ± 1.250	8.65 ± 0.423
	1.32 - 1.99	4.99 - 7.49	8.23 - 9.08
<b>Fe</b>	47.22 ± 6.630	325.52 ± 8.080	186.80 ± 52.300
	40.59 - 53.85	317.44 - 333.60	134.50 - 239.10
<b>Co</b>	E.M.	0.03 ± 0.005	0.03 ± 0.007
		0.02 - 0.04	0.02 - 0.04
<b>Cu</b>	0.63 ± 0.060	6.93 ± 1.360	1.23 ± 0.504
	0.57 - 0.69	5.57 - 8.29	0.73 - 1.73
<b>Zn</b>	<b>47.44*</b> ± 7.150	70.20 ± 48.500	31.63 ± 9.680
	40.29 - 54.59	21.70 - 118.70	21.95 - 41.31
<b>Ni</b>	0.31 ± 0.003	2.04 ± 0.759	0.51 ± 0.247
	0.30 - 0.32	1.28 - 2.80	0.26 - 0.76

\* limit değerinin üzerindedir (\*FAO, 1983).

#### 4.4.2.6 Kocaali İstasyonundaki *A. chalcoides* Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Olmayan Ağır Metallerin Birikimi

Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin mevsimlere göre kas doku, karaciğer ve solungaçlarındaki esansiyel olmayan (Al, Cr, As, Cd, Pb) metallerinin miktarları Çizelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4’de sunulmuştur.

Kocaali istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Al konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $4.59 \pm 3.07$  mg/kg,  $5.11 \pm 1.840$  mg/kg,  $3.32 \pm 1.120$  mg/kg ve  $6.59 \pm 3.500$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1’de belirtilen limit değerler incelendiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde balıkların kas dokusunda Al miktarlarının IAEA, (2003)’da belirtilen sınır değeri geçmediği belirlenmiştir (Çizelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Al konsantrasyonu sırasıyla  $27.75 \pm 8.780$  mg/kg,  $50.60 \pm 23.800$  mg/kg,  $30.99 \pm 6.960$  mg/kg ve  $25.07 \pm 3.170$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Al birikimi ilkbahar mevsiminde  $172 \pm 146$  mg/kg, yaz mevsiminde  $14.75 \pm 2.290$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $15.38 \pm 1.050$  mg/kg olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde ise,  $14.71 \pm 5.490$  mg/kg’dır (Çizelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4).



Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Kocaali istasyonundaki Cr'un ortalama konsantrasyonu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde kas dokusunda sırasıyla  $0.20 \pm 0.039$  mg/kg,  $0.25 \pm 0.025$  mg/kg,  $1.87 \pm 1.680$  mg/kg ve  $0.32 \pm 0.033$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen limit değerler incelendiğinde, sonbahar mevsiminde balıkların kas dokusunda Cr miktarlarının IAEA, (2003)'da belirtilen sınır değeri aştığı görülmektedir. İlkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde ise kas dokudaki birikimler sınır değeri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerindeki ortalama Cr konsantrasyonu sırasıyla  $1.04 \pm 0.118$  mg/kg,  $1.59 \pm 0.748$  mg/kg ve  $0.97 \pm 0.326$  mg/kg şeklindeyken, kış mevsiminde  $0.50 \pm 0.080$  mg/kg'dır. Yakalanan bireylerin solungaçlarında ise, Cr birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.60 \pm 0.179$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.74 \pm 0.301$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.24 \pm 0.035$  mg/kg ve kış mevsiminde  $0.27 \pm 0.045$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Kocaali istasyonundaki As'in ortalama konsantrasyonu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda sırasıyla  $0.41 \pm 0.032$  mg/kg,  $0.35 \pm 0.021$  mg/kg,  $0.30 \pm 0.003$  mg/kg ve  $0.30 \pm 0.026$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen limit değerler incelendiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde balıkların kas dokusunda As miktarlarının IAEA, (2003)'da belirtilen sınır değeri aştığı görülmektedir (Çizelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4).

Karaciğer dokusunda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama As konsantrasyonu sırasıyla  $5.29 \pm 1.360$  mg/kg,  $7.74 \pm 2.950$  mg/kg,  $4.23 \pm 0.610$  mg/kg ve  $2.02 \pm 0.274$  mg/kg şeklindedir. Yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise As birikimi ilkbaharda  $1.52 \pm 0.446$  mg/kg, yaz mevsiminde  $1.49 \pm 0.464$  mg/kg, sonbaharda  $0.66 \pm 0.027$  mg/kg, kış mevsiminde  $0.49 \pm 0.026$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Kocaali istasyonundaki Cd'un ortalama konsantrasyonu, ilkbahar mevsiminde balıkların kas dokusunda  $0.01 \pm 0.009$  mg/kg, kış mevsiminde  $0.01 \pm 0.002$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde Cd konsantrasyonunun eser miktarda

olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.4.2.1’de belirtilen limit değerler incelendiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde kas dokudaki birikimler sınır değeri geçmemiştir (izelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4).

*A. chalcoides* bireylerinin karaciğerlerinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Cd konsantrasyonu sırasıyla  $0.04 \pm 0.025$  mg/kg,  $0.32 \pm 0.252$  mg/kg,  $0.21 \pm 0.014$  mg/kg ve  $0.63 \pm 0.063$  mg/kg şeklinindedir. Balıkların solungaçlarında ise Cd birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.01 \pm 0.003$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.20 \pm 0.076$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.01 \pm 0.006$  mg/kg ve kış mevsiminde  $0.05 \pm 0.012$  mg/kg olarak tespit edilmiştir (izelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4).

Kocaali istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Pb konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $0.40 \pm 0.085$  mg/kg,  $1.13 \pm 0.792$  mg/kg,  $0.45 \pm 0.175$  mg/kg ve  $0.51 \pm 0.005$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1’de belirtilen limit değerler incelendiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde balıkların kas dokusunda Pb miktarlarının ulusal ve uluslararası standartlarda belirtilen sınır değerleri aştığı görülmektedir (izelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Pb konsantrasyonu sırasıyla  $5.51 \pm 1.350$  mg/kg,  $2.27 \pm 1.330$  mg/kg,  $1.11 \pm 0.228$  mg/kg ve  $1.94 \pm 0.137$  mg/kg şeklinindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Pb birikimi ilkbahar mevsiminde  $4.72 \pm 2.890$  mg/kg, yaz mevsiminde  $1.19 \pm 0.312$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $2.02 \pm 0.385$  mg/kg ve kış mevsiminde ise  $2.30 \pm 0.842$  mg/kg olarak bulunmuştur (izelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4).

**Çizelge 4.4.2.6.1** Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda; L.D.A: Limit değer in altında)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	4.59 ± 3.07	27.75 ± 8.780	172 ± 146
	1.33 - 10.73	17.63 - 45.24	3 - 463
Cr	0.20 ± 0.039	1.04 ± 0.118	0.60 ± 0.179
	0.13 - 0.26	0.88 - 1.27	0.32 - 0.93
As	<b>0.41*</b> ± 0.032	5.29 ± 1.360	1.52 ± 0.446
	0.35 - 0.46	3.87 - 8.00	0.63 - 1.98
Cd	0.01 ± 0.009	0.04 ± 0.025	0.01 ± 0.003
	E.M. - 0.03	L.D.A. - 0.08	E.M. - 0.02
Pb	<b>0.40**</b> ± 0.085	5.51 ± 1.350	4.72 ± 2.890
	0.23 - 0.52	3.63 - 8.13	0.61 - 10.30

\* limit değerin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.6.2** Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	5.11 ± 1.840	50.60 ± 23.800	14.75 ± 2.290
	1.67 - 9.56	22.50 - 121.40	9.72 - 19.66
Cr	0.25 ± 0.025	1.59 ± 0.748	0.74 ± 0.301
	0.21 - 0.32	0.62 - 3.81	0.25 - 1.61
As	<b>0.35*</b> ± 0.021	7.74 ± 2.950	1.49 ± 0.464
	0.31 - 0.40	2.67 - 16.26	0.80 - 2.82
Cd	E.M.	0.32 ± 0.252	0.20 ± 0.076
		0.04 - 1.07	0.07 - 0.40
Pb	<b>1.13**</b> ± 0.792	2.27 ± 1.330	1.19 ± 0.312
	0.13 - 3.47	0.53 - 6.20	0.59 - 2.05

\* limit değerin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.6.3** Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	3.32 ± 1.120	30.99 ± 6.960	15.38 ± 1.050
	1.15 - 4.90	23.47 - 44.89	13.75 - 17.34
Cr	<b>1.87**</b> ± 1.680	0.97 ± 0.326	0.24 ± 0.035
	0.17 - 5.23	0.43 - 1.56	0.18 - 0.30
As	<b>0.30*</b> ± 0.003	4.23 ± 0.610	0.66 ± 0.027
	0.29 - 0.31	3.08 - 5.14	0.61 - 0.70
Cd	E.M.	0.21 ± 0.014	0.01 ± 0.006
		0.18 - 0.23	E.M. - 0.03
Pb	<b>0.45**</b> ± 0.175	1.11 ± 0.228	2.02 ± 0.385
	0.26 - 0.79	0.83 - 1.56	1.28 - 2.56

\* limit değerin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.6.4** Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	6.59 ± 3.500	25.07 ± 3.170	14.71 ± 5.490
	3.09 - 10.09	21.90 - 28.24	9.22 - 20.21
Cr	0.32 ± 0.033	0.50 ± 0.080	0.27 ± 0.045
	0.29 - 0.35	0.42 - 0.57	0.22 - 0.31
As	<b>0.30*</b> ± 0.026	2.02 ± 0.274	0.49 ± 0.026
	0.28 - 0.33	1.74 - 2.29	0.46 - 0.51
Cd	0.01 ± 0.002	0.63 ± 0.063	0.05 ± 0.012
	0.01 - 0.02	0.57 - 0.70	0.03 - 0.06
Pb	<b>0.51**</b> ± 0.005	1.94 ± 0.137	2.30 ± 0.842
	0.50 - 0.51	1.80 - 2.08	1.46 - 3.14

\* limit değerin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*FAO, 1989).

#### 4.4.2.7 Nehir ağız İstasyonundaki *A. chalcoides* Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Ağır Metallerin Birikimi

Nehir ağız istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin mevsimlere göre kas doku, karaciğer ve solungaçlarındaki esansiyel (Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ni) metallerin miktarları Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4’de sunulmuştur.

Nehir ağız istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Mn konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $2.20 \pm 0.845$  mg/kg,  $0.60 \pm 0.059$  mg/kg,  $2.61 \pm 1.780$  mg/kg ve  $7.88 \pm 0.403$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)’te bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında

(Çizelge 4.4.2.1), kış mevsiminde balıkların kas dokusundaki Mn konsantrasyonu belirtilen sınır değeri aşmıştır. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise Mn konsantrasyonu balıkların kas dokusunda limit değerleri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Mn konsantrasyonu sırasıyla  $3.01 \pm 0.777$  mg/kg,  $4.010 \pm 1.390$  mg/kg,  $3.39 \pm 0.611$  mg/kg ve  $2.01 \pm 0.108$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Mn birikimi ilkbahar mevsiminde  $4.15 \pm 1.410$  mg/kg, yaz mevsiminde  $9.98 \pm 0.532$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $8.55 \pm 1.610$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $8.35 \pm 1.610$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4).

Nehir ağzı istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Fe konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $44.16 \pm 4.830$  mg/kg,  $20.00 \pm 3.440$  mg/kg,  $78.00 \pm 31.200$  mg/kg ve  $159.60 \pm 44.500$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'te bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), kış mevsiminde balıkların kas dokusundaki Fe konsantrasyonu belirtilen sınır değeri aşmıştır. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise Fe konsantrasyonu balıkların kas dokusunda limit değerleri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Fe konsantrasyonu sırasıyla  $254.60 \pm 44.800$  mg/kg,  $331 \pm 119$  mg/kg,  $426.20 \pm 90.100$  mg/kg ve  $150.20 \pm 19.50$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise ortalama Fe konsantrasyonu ilkbahar mevsiminde  $93.80 \pm 22.500$  mg/kg, yaz mevsiminde  $265.60 \pm 26.500$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $125.20 \pm 14.700$  mg/kg ve kış mevsiminde  $98.69 \pm 6.530$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4).

Nehir ağzı istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Co konsantrasyonları ilkbahar ve yaz mevsimlerinde eser miktarda bulunmuştur. Sonbahar ve kış mevsimlerinde ise sırasıyla  $0.01 \pm 0.009$  mg/kg,  $0.03 \pm 0.013$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. IAEA, (2003)'de bildirilen sınır değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.2.1), ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde

Co konsantrasyonu balıkların kas dokusunda limit değerleri geçmemiştir (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4)

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Co konsantrasyonu sırasıyla  $0.02 \pm 0.006$  mg/kg,  $0.01 \pm 0.010$  mg/kg,  $0.01 \pm 0.004$  mg/kg ve  $0.013 \pm 0.0005$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Co birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.01 \pm 0.004$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.04 \pm 0.005$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.02 \pm 0.003$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $0.02 \pm 0.003$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4).

Nehir ağzı istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Cu konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $0.59 \pm 0.108$  mg/kg,  $0.53 \pm 0.116$  mg/kg,  $0.62 \pm 0.155$  mg/kg ve  $0.68 \pm 0.203$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de bildirilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde balıkların kas dokusundaki Cu konsantrasyonları belirtilen sınır değeri aşmamıştır (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Cu konsantrasyonu sırasıyla  $4.35 \pm 0.263$  mg/kg,  $5.42 \pm 0.98$  mg/kg,  $7.75 \pm 0.877$  mg/kg ve  $5.82 \pm 2.460$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise ortalama Cu konsantrasyonu ilkbahar mevsiminde  $0.36 \pm 0.126$  mg/kg, yaz mevsiminde  $1.31 \pm 0.172$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.93 \pm 0.323$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $0.39 \pm 0.032$  mg/kg) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4).

Nehir ağzı istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Zn konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $14.45 \pm 1.780$  mg/kg,  $9.37 \pm 0.784$  mg/kg,  $15.03 \pm 5.300$  mg/kg ve  $21.67 \pm 1.530$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de bildirilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde balıkların kas dokusundaki Zn konsantrasyonları belirtilen sınır değeri aşmamıştır (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Zn konsantrasyonu sırasıyla  $50.20 \pm 24.400$  mg/kg,  $32.36 \pm 8.230$  mg/kg,  $68.09 \pm 8.360$

mg/kg ve  $22.03 \pm 1.470$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise ortalama Zn konsantrasyonu ilkbahar mevsiminde  $25.80 \pm 14.000$  mg/kg, yaz mevsiminde  $30.49 \pm 2.500$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $26.000 \pm 10.60$  mg/kg ve kış mevsiminde  $21.76 \pm 3.940$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4).

Nehir ağzı istasyonunda çalışma süresince *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda belirlenen Ni miktarı ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış aylarında sırasıyla  $0.16 \pm 0.026$  mg/kg,  $0.06 \pm 0.011$  mg/kg,  $0.15 \pm 0.056$  mg/kg ve  $0.23 \pm 0.054$  mg/kg olarak bulunmuştur. Çizelge 4.4.2.1 incelendiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde balıkların kas dokusunda Ni miktarlarının IAEA, (2003)'da belirtilen sınır değeri geçmediği belirlenmiştir (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4).

Balık örneklerinin karaciğerlerinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Ni konsantrasyonu sırasıyla  $1.18 \pm 0.480$  mg/kg,  $0.72 \pm 0.330$  mg/kg,  $1.79 \pm 0.267$  mg/kg ve  $0.27 \pm 0.094$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Ni birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.16 \pm 0.059$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.76 \pm 0.109$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.22 \pm 0.013$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Kış mevsiminde ise ortalama Ni konsantrasyonu  $0.17 \pm 0.008$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.7.1-4.4.2.7.4).

**Çizelge 4.4.2.7.1** Nehir ağzı istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
<b>Mn</b>	$2.20 \pm 0.845$	$3.01 \pm 0.777$	$4.15 \pm 1.410$
	0.53 - 3.27	1.95 - 4.52	1.64 - 6.52
<b>Fe</b>	$44.16 \pm 4.830$	$254.60 \pm 44.800$	$93.80 \pm 22.500$
	34.77 - 50.82	185.10 - 338.30	56.10 - 133.90
<b>Co</b>	E.M.	$0.02 \pm 0.006$	$0.01 \pm 0.004$
		0.01 - 0.03	E.M. - 0.02
<b>Cu</b>	$0.59 \pm 0.108$	$4.35 \pm 0.263$	$0.36 \pm 0.126$
	0.44 - 0.80	3.83 - 4.68	0.20 - 0.61
<b>Zn</b>	$14.45 \pm 1.780$	$50.20 \pm 24.400$	$25.80 \pm 14.000$
	11.19 - 17.30	16.00 - 97.50	11.70 - 53.80
<b>Ni</b>	$0.16 \pm 0.026$	$1.18 \pm 0.480$	$0.16 \pm 0.059$
	0.13 - 0.21	0.38 - 2.04	0.09 - 0.28

**Çizelge 4.4.2.7.2** Nehir ağzı istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Mn	0.60 ± 0.059	4.010 ± 1.390	9.98 ± 0.532
	0.38 - 0.70	1.91 - 10.85	8.39 - 11.47
Fe	20.00 ± 3.440	331 ± 119	265.60 ± 26.500
	12.85 - 31.98	54 - 868	196.90 - 374.70
Co	E.M.	0.01 ± 0.010	0.04 ± 0.005
		E.M. - 0.07	0.02 - 0.06
Cu	0.53 ± 0.116	5.42 ± 0.98	1.31 ± 0.172
	0.34 - 1.09	2.96 - 8.47	0.76 - 1.72
Zn	9.37 ± 0.784	32.36 ± 8.230	30.49 ± 2.500
	7.19 - 12.19	15.12 - 69.18	23.88 - 40.65
Ni	0.06 ± 0.011	0.72 ± 0.330	0.76 ± 0.109
	0.03 - 0.11	0.17 - 2.32	0.44 - 1.18

**Çizelge 4.4.2.7.3** Nehir ağzı istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Mn	2.61 ± 1.780	3.39 ± 0.611	8.55 ± 1.610
	0.72 - 6.17	2.25 - 4.34	6.03 - 11.56
Fe	78.00 ± 31.200	426.20 ± 90.100	125.20 ± 14.700
	37.20 - 139.20	329.50 - 606.30	97.40 - 147.20
Co	0.01 ± 0.009	0.01 ± 0.004	0.02 ± 0.003
	E.M. - 0.03	E.M. - 0.02	0.02 - 0.03
Cu	0.62 ± 0.155	7.75 ± 0.877	0.93 ± 0.323
	0.44 - 0.93	6.51 - 9.44	0.48 - 1.56
Zn	15.03 ± 5.300	68.09 ± 8.360	26.000 ± 10.60
	8.60 - 25.55	51.37 - 76.85	14.20 - 47.00
Ni	0.15 ± 0.056	1.79 ± 0.267	0.22 ± 0.013
	0.09 - 0.26	1.41 - 2.31	0.21 - 0.25



**Çizelge 4.4.2.7.4** Nehir ağız istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
<b>Mn</b>	7.88* ± 0.403	2.01 ± 0.108	8.35 ± 1.610
	6.79 - 8.71	1.79 - 2.30	5.36 - 12.52
<b>Fe</b>	159.60* ± 44.500	150.20 ± 19.50	98.69 ± 6.530
	98.00 - 287.50	116.60 - 206.50	82.39 - 113.08
<b>Co</b>	0.03 ± 0.013	0.013 ± 0.0005	0.02 ± 0.003
	0.02 - 0.07	0.012 - 0.014	0.01 - 0.03
<b>Cu</b>	0.68 ± 0.203	5.82 ± 2.460	0.39 ± 0.032
	0.39 - 1.27	3.07 - 13.19	0.30 - 0.44
<b>Zn</b>	21.67 ± 1.530	22.03 ± 1.470	21.76 ± 3.940
	18.55 - 24.69	19.47 - 25.48	14.38 - 32.73
<b>Ni</b>	0.23 ± 0.054	0.27 ± 0.094	0.17 ± 0.008
	0.16 - 0.39	0.10 - 0.50	0.15 - 0.19

\* limit değerinin üzerindedir (\*IAEA, 2003).

#### 4.4.2.8 Nehir ağız İstasyonundaki *A. chalcoides* Bireylerinin Organ ve Dokularındaki Esansiyel Olmayan Ağır Metallerin Birikimi

Nehir ağız istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin mevsimlere göre kas doku, karaciğer ve solungaçlarındaki esansiyel olmayan (Al, Cr, As, Cd, Pb) metallerinin miktarları Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4'de sunulmuştur.

Nehir ağız istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Al konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $2.63 \pm 0.328$  mg/kg,  $1.87 \pm 0.358$  mg/kg,  $5.63 \pm 2.940$  mg/kg ve  $18.50 \pm 12.600$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen limit değerler incelendiğinde, kış mevsiminde balıkların kas dokusunda Al miktarlarının IAEA, (2003)'da belirtilen sınır değeri geçtiği belirlenmiştir. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise balıkların kas dokusundaki Al miktarları sınır değerinin altındadır (Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Al konsantrasyonu sırasıyla  $28.20 \pm 18.200$  mg/kg,  $27.90 \pm 15.100$  mg/kg,  $31.60 \pm 10.200$  mg/kg ve  $8.27 \pm 1.260$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Al birikimi ilkbahar mevsiminde  $7.26 \pm 3.370$  mg/kg, yaz mevsiminde  $22.69 \pm 4.400$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $6.80 \pm 2.070$  mg/kg ve kış mevsiminde  $5.89 \pm 2.830$  pmg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Nehir ağız istasyonundaki Cr'un ortalama konsantrasyonu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde kas dokusunda sırasıyla  $0.19 \pm 0.052$  mg/kg,  $0.22 \pm 0.047$  mg/kg,  $0.20 \pm 0.012$  mg/kg ve  $0.17 \pm 0.015$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1 incelendiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde balıkların kas dokusundaki Cr miktarlarının IAEA, (2003)'da belirtilen sınır değeri geçmediği belirlenmiştir (Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Cr konsantrasyonu sırasıyla  $0.36 \pm 0.070$  mg/kg,  $0.92 \pm 0.364$  mg/kg,  $0.70 \pm 0.068$  mg/kg ve  $0.41 \pm 0.067$  mg/kg şeklindedir. Yakalanan bireylerin solungaçlarında ise, Cr birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.13 \pm 0.043$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.22 \pm 0.017$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.23 \pm 0.060$  mg/kg ve kış mevsiminde  $0.18 \pm 0.063$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Nehir ağız istasyonundaki As'in ortalama konsantrasyonu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda sırasıyla  $0.42 \pm 0.055$  mg/kg,  $0.44 \pm 0.038$  mg/kg,  $0.34 \pm 0.068$  mg/kg ve  $0.40 \pm 0.021$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen limit değerler incelendiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde balıkların kas dokusunda As miktarlarının IAEA, (2003)'da belirtilen sınır değeri aştığı görülmektedir (Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4).

Karaciğer dokusunda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama As konsantrasyonu sırasıyla  $1.43 \pm 0.324$  mg/kg,  $5.05 \pm 2.140$  mg/kg,  $3.24 \pm 0.249$  mg/kg ve  $1.07 \pm 0.360$  mg/kg şeklindedir. Yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise As birikimi ilkbaharda  $0.57 \pm 0.145$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.95 \pm 0.163$  mg/kg, sonbaharda  $0.81 \pm 0.200$  mg/kg, kış mevsiminde  $0.40 \pm 0.019$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Nehir ağız istasyonundaki Cd'un ortalama konsantrasyonu, ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde kas dokusunda eser miktarda olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ise  $0.01 \pm 0.008$  mg/kg olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen limit değerler incelendiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde

balıkların kas dokusunda Cd miktarlarının belirtilen sınır değerleri aşmadığı görülmektedir (Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Cd konsantrasyonu sırasıyla  $0.18 \pm 0.033$  mg/kg,  $0.24 \pm 0.019$  mg/kg,  $0.16 \pm 0.017$  ve  $0.21 \pm 0.031$  mg/kg şeklindedir. Balıkların solungaçlarında ise Cd birikimi ilkbahar ve kış mevsimlerinde eser miktarda tespit edilirken, yaz mevsiminde  $0.04 \pm 0.002$  mg/kg, sonbahar mevsiminde ise *A. chalcoides* bireylerinde solungaçta biriken ortalama Cd konsantrasyonu  $0.03 \pm 0.029$  mg/kg'dir (Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4).

Nehir ağzı istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Pb konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $0.60 \pm 0.175$  mg/kg,  $0.20 \pm 0.120$  mg/kg,  $0.47 \pm 0.311$  mg/kg ve  $0.93 \pm 0.112$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4.2.1'de belirtilen limit değerler incelendiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde balıkların kas dokusunda Pb miktarlarının belirtilen sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4).

Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Pb konsantrasyonu sırasıyla  $1.16 \pm 0.453$  mg/kg,  $2.02 \pm 0.783$  mg/kg,  $1.78 \pm 0.398$  mg/kg ve  $2.49 \pm 1.590$  mg/kg şeklindedir. *A. chalcoides* bireylerinin solungaçlarında ise Pb birikimi ilkbahar mevsiminde  $3.04 \pm 2.520$  mg/kg, yaz mevsiminde  $1.47 \pm 0.192$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.78 \pm 0.144$  mg/kg olarak tespit edilirken, kış mevsiminde  $0.52 \pm 0.122$  mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4).

**Çizelge 4.4.2.8.1** Nehir ağzı istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında ilkbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	2.63 ± 0.328	28.20 ± 18.200	7.26 ± 3.370
	2.03 - 3.15	8.70 - 64.60	2.45 - 13.76
Cr	0.19 ± 0.052	0.36 ± 0.070	0.13 ± 0.043
	0.09 - 0.26	0.25 - 0.49	0.07 - 0.22
As	<b>0.42*</b> ± 0.055	1.43 ± 0.324	0.57 ± 0.145
	0.32 - 0.51	0.80 - 1.88	0.35 - 0.84
Cd	E.M.	0.18 ± 0.033	E.M.
		0.14 - 0.24	
Pb	<b>0.60**</b> ± 0.175	1.16 ± 0.453	3.04 ± 2.520
	0.25 - 0.78	0.39 - 1.95	0.24 - 8.08

\* limit değerin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.8.2** Nehir ağzı istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında yaz mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (SH: Standart Hata)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	1.87 ± 0.358	27.90 ± 15.100	22.69 ± 4.400
	1.18 - 3.35	7.10 - 101.90	12.18 - 39.55
Cr	0.22 ± 0.047	0.92 ± 0.364	0.22 ± 0.017
	0.13 - 0.44	0.31 - 2.47	0.18 - 0.28
As	<b>0.44*</b> ± 0.038	5.05 ± 2.140	0.95 ± 0.163
	0.34 - 0.60	1.41 - 15.34	0.61 - 1.46
Cd	0.01 ± 0.008	0.24 ± 0.019	0.04 ± 0.002
	E.M. - 0.06	0.16 - 0.30	0.03 - 0.05
Pb	<b>0.20**</b> ± 0.120	2.02 ± 0.783	1.47 ± 0.192
	0.05 - 0.80	0.57 - 5.83	0.97 - 2.15

\* limit değerin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.8.3** Nehir ağzı istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında sonbahar mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	5.63 ± 2.940	31.60 ± 10.200	6.80 ± 2.070
	2.33 - 11.48	18.60 - 51.70	4.53 - 10.93
Cr	0.20 ± 0.012	0.70 ± 0.068	0.23 ± 0.060
	0.18 - 0.22	0.59 - 0.83	0.14 - 0.35
As	<b>0.34*</b> ± 0.068	3.24 ± 0.249	0.81 ± 0.200
	0.26 - 0.48	2.75 - 3.57	0.50 - 1.19
Cd	E.M.	0.16 ± 0.017	0.03 ± 0.029
		0.14 - 0.20	E.M. - 0.09
Pb	<b>0.47**</b> ± 0.311	1.78 ± 0.398	0.78 ± 0.144
	0.08 - 1.08	1.00 - 2.31	0.63 - 1.06

\* limit değerinin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

**Çizelge 4.4.2.8.4** Nehir ağzı istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin dokularında kış mevsiminde belirlenen esansiyel olmayan ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (E.M.: Eser miktarda)

Element (mg/kg)	Kas (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Karaciğer (Ort.±SH) (Min.-Maks.)	Solungaç (Ort.±SH) (Min.-Maks.)
Al	<b>18.50**</b> ± 12.600	8.27 ± 1.260	5.89 ± 2.830
	2.30 - 55.80	5.57 - 10.68	2.50 - 14.34
Cr	0.17 ± 0.015	0.41 ± 0.067	0.18 ± 0.063
	0.14 - 0.22	0.24 - 0.54	0.10 - 0.36
As	<b>0.40*</b> ± 0.021	1.07 ± 0.360	0.40 ± 0.019
	0.33 - 0.43	0.65 - 2.15	0.35 - 0.44
Cd	E.M.	0.21 ± 0.031	E.M.
		0.12 - 0.25	
Pb	<b>0.93**</b> ± 0.112	2.49 ± 1.590	0.52 ± 0.122
	0.63 - 1.15	0.30 - 7.20	0.28 - 0.76

\* limit değerinin üzerindedir (\*FAO, 1983; \*\*IAEA, 2003).

Buraya kadar özetlenecek olursa, Irmak suyunda yapılan değerlendirmelerde, esansiyel (Fe, Cu, Zn) ve esansiyel olmayan (Al, As, Cd) bazı elementlerin suda bazı istasyon ve mevsimlerde yüksek olduğu göze çarpmaktadır (Çizelge 4.2.3-4.2.6). Esansiyel olmayan Al elementi ilkbahar mevsiminde Mahmudiye’de (YSKY, 2012); As elementi Kıranyağmur ve Nehir ağzında (SKKY, 2004) belirtilen sınır değerlerin üzerindedir. Esansiyel bir metal olan Fe ise, Mahmudiye (SKKY, 2004; YSKY, 2012), Kıranyağmur (YSKY, 2012), Kocaali (YSKY, 2012) ve Nehir ağzı (YSKY, 2012) istasyonlarında yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.2.3). Sediment sonuçlarına göre ise (Çizelge 4.3.1), Al ve As elementleri tüm mevsimlerde sedimentte tespit

edilmiş ve limit değerleri aşmamıştır. Nehir ağzı istasyonu suyunda sınır değeri geçen As, sedimentte sınır değeri geçmemiştir ancak diğer istasyonlardan daha yüksek konsantrasyona sahiptir.

Yaz mevsiminde Al Kıranyağmur (YSKY, 2012) ve Nehir ağzı istasyonlarında (YSKY, 2012), As ise Mahmudiye (SKKY, 2004) ve Nehir ağzı istasyonlarında (SKKY, 2004) belirtilen sınır değerlerin üzerindedir (Çizelge 4.2.4). Sedimentte Al elementi tespit edilmiş ve sınır değerleri geçmediği belirlenmiştir. Arsenik de aynı şekilde tüm istasyonların sedimentlerinde bulunmaktadır ve en fazla Mahmudiye ile Nehir ağzı istasyonlarında birikim göstermiştir. Bu da sudaki konsantrasyonlarının yüksek çıkmasını desteklemektedir. Ayrıca, yaz mevsiminde Zn elementi, Kocaali istasyonunda yer kabuğu değerlerinin üzerinde bulunmuş, ancak bu durum suya yansımamıştır (Çizelge 4.3.2).

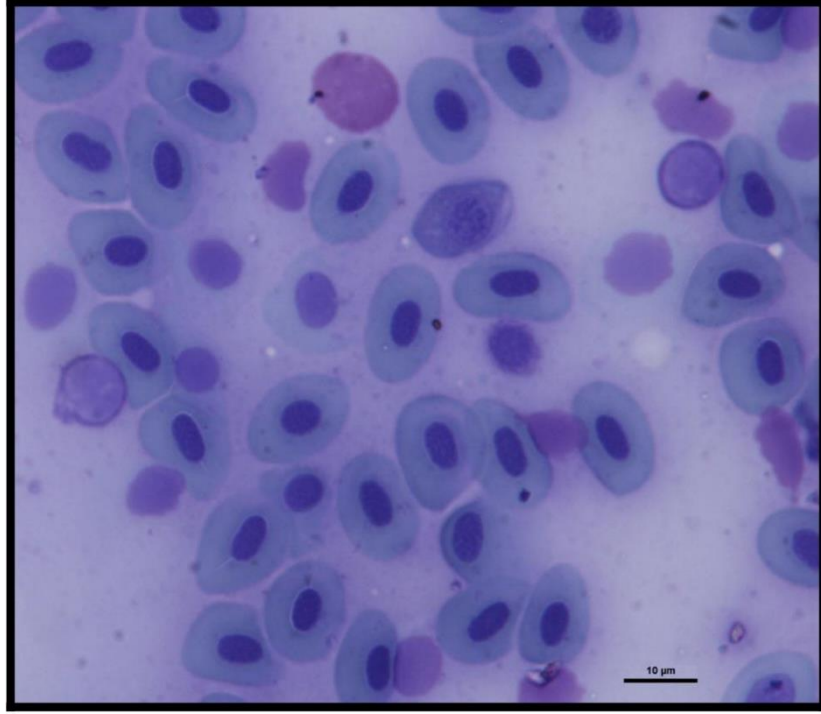
Çizelge 4.2.5 incelendiğinde, sonbahar mevsiminde Al elementinin nehir ağzında oldukça yüksek konsantrasyonda ve Al bakımından Nehir ağzı istasyonunun (SKKY, 2004) IV. sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Al, Mahmudiye, Kıranyağmur, Kocaali ve Nehir ağzı istasyonlarında da (YSKY, 2012) belirtilen sınır değerlerin üzerindedir. İstasyonların tamamının su kalitesinin (SKKY, 2004), As elementi bakımından II. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Sonbahar mevsimi Fe elementi açısından incelendiğinde (SKKY, 2004), Mahmudiye ve Kıranyağmur istasyonları I. sınıf, Kocaali II. sınıf, Nehir ağzı III. sınıf su kalitesindedir ve tüm istasyonlar (YSKY, 2012)'de belirtilen sınır değerlerin üzerindedir. Ayrıca, Nehir ağzı istasyonunda Cu elementinin konsantrasyonu, belirtilen maksimum çevresel kalite standardı değerinin (YSKY, 2012) üzerinde tespit edilmiştir. Sediment sonuçları için bir değerlendirme yapılacak olursa (Çizelge 4.3.3), Al ve As elementleri, tüm istasyonlarda belirli bir düzeyde birikim göstermiş ancak konsantrasyonları sınır değeri aşmamıştır. Her ne kadar Al, Nehir ağzı istasyonu suyunda oldukça yüksek bir konsantrasyonda tespit edilmiş olsa da, sedimentteki birikimi bunu yansıtmamıştır. Fe ve Cu konsantrasyonları da yer kabuğu için belirtilen limit değerlerin üzerine çıkmamıştır.

Kış mevsiminde (Çizelge 4.2.6) Al, Kıranyağmur (YSKY, 2012), Kocaali (YSKY, 2012) ve Nehir ağzında (YSKY, 2012) maksimum çevresel kalite standardı değerinin

üzerinde tespit edilmiştir. Arsenik konsantrasyonu Kıranyağmur (SKKY, 2004) ve Nehir ağzı (SKKY, 2004) istasyonlarında II. sınıf su kalitesi özelliği göstermektedir (Çizelge 4.2.1, 4.2.6). Cd elementinin, Kocaali'de belirlenen limit değeri (YSKY, 2012) aştığı görülmektedir. Demir, Kocaali (SKKY, 2004) ve Nehir ağzı (SKKY, 2004) istasyonlarında ise II. sınıf su kalitesindedir ve tüm istasyonlarda belirlenen limit değerin (YSKY, 2012) üzerindedir. Cu, Kocaali (YSKY, 2012) ve Nehir ağzı (YSKY, 2012)'nda; Zn ise Kocaali (SKKY, 2004; YSKY, 2012)'de maksimum çevresel kalite standardı değerini aşmıştır. Kocaali istasyonu Zn bakımından II. sınıf su kalitesindedir (SKKY, 2004). Sediment sonuçları incelenecek olursa (Çizelge 4.3.4), Kocaali istasyonunda suda yüksek olduğu tespit edilen Zn elementinin sedimentte de yer kabuğu için belirtilen sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Kocaali istasyonunda Cd ve Pb konsantrasyonları da sınır değerlerin üzerindedir, ancak bu durum suya yansımamıştır.

#### **4.5 Melet Irmağı Üzerinde Belirlenen İstasyonlardaki Suyun Genotoksik Etkileri**

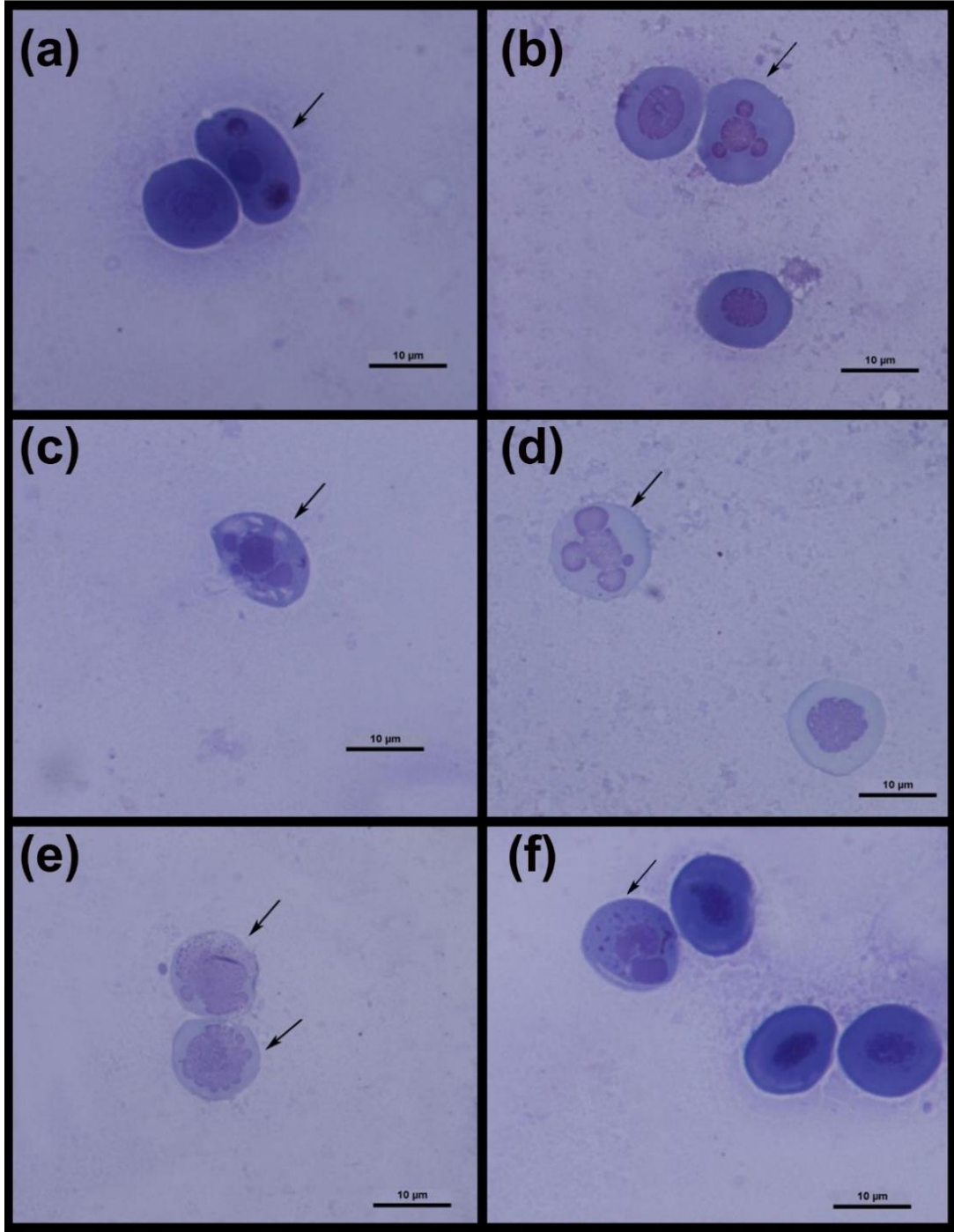
Bu çalışmada, yaşadıkları ortamın ağır metal konsantrasyonlarına bağlı olarak *C. banarescui*, *V. vimba* ve *A. chalcoides* türlerinin eritrositlerinde meydana gelen mikronükleus oluşumları, mikronükleus testi kullanılarak incelenmiştir. Belirlenen her istasyon ve her mevsim için örneklenen toplam 80 bireyde sayılan 160000 hücre değerlendirilmiştir. Mikroskobik incelemeler süresince gözlemlenen hücrelere ait görüntüler Şekil 4.5.1 'de verilmiştir.



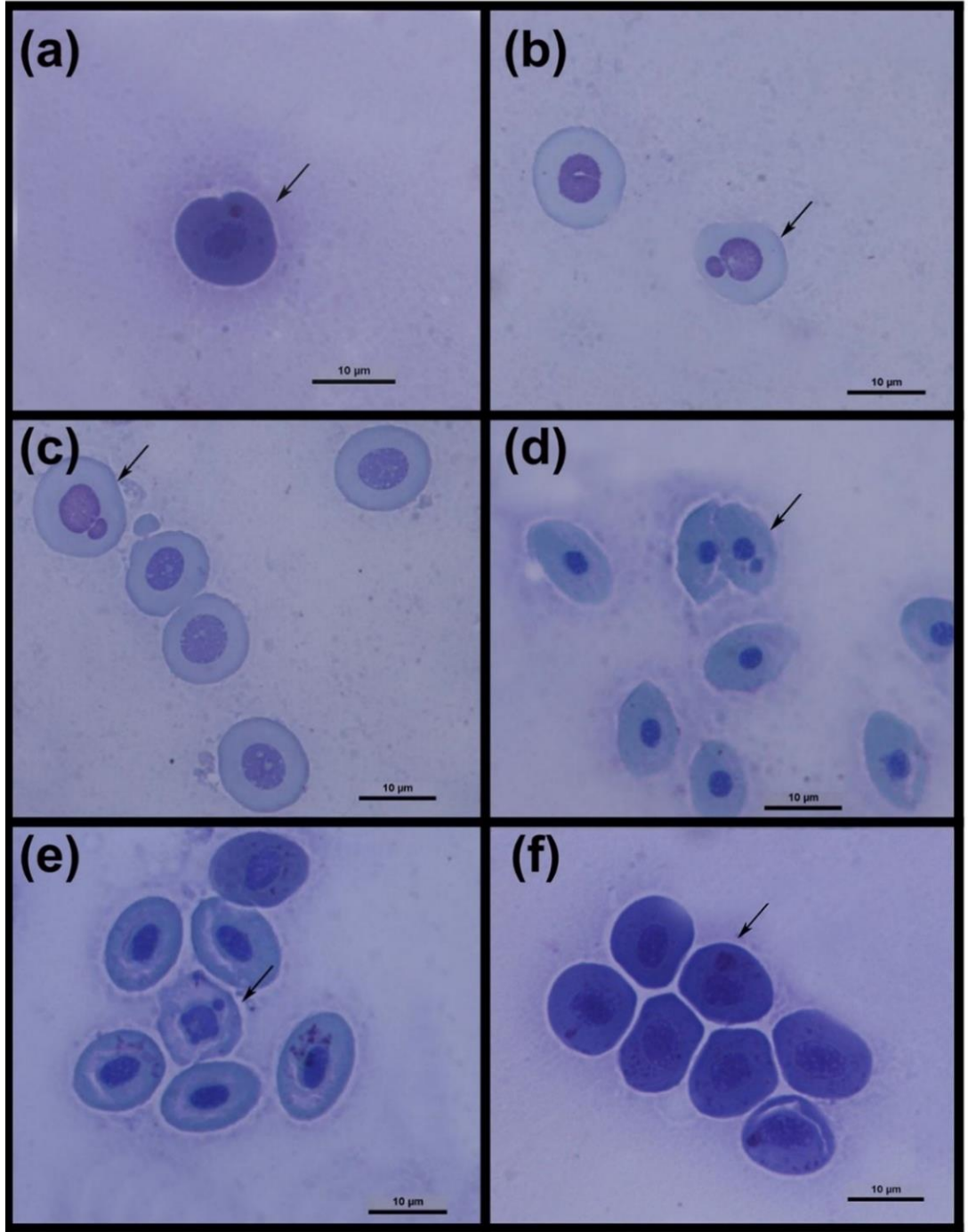
**Şekil 4.5.1** Balıkların eritrosit hücrelerine ait genel MN preparatı görüntüsü (X100)

Temel hedef mikronükleus oluşumlarını tespit etmek olsa da, incelemeler esnasında bazı çekirdek anomalileri de gözlemlenmiştir. Bazı hücrelerde gözlemlenen bu morfolojik ve yapısal anomaliler Şekil 4.5.2’de sunulmuştur ancak, hem sayılarının az olması hem de çalışma kapsamında olmamasından dolayı değerlendirmeye alınmamıştır. İncelemeler esnasında preparatlarda gözlemlenen ikili mikronükleus oluşumu, üçlü mikronükleus oluşumu ve üçten fazla mikronükleus oluşumları da göze çarpmaktadır (Şekil 4.5.2). Balıkların eritrosit hücrelerinde oluşumları gözlemlenen ve sayımları yapılan mikronükleusların genel görünüşleri Şekil 4.5.3’te sunulmuştur.





**Şekil 4.5.2** Melet Irmağı boyunca belirlenen istasyonlardaki balık örneklerine ait bazı preparatlarda gözlemlenen çekirdek morfolojisi değişiklikleri (a) İkili mikronükleus oluşumu, (b) Üçlü mikronükleus oluşumu (c)-(d) üçten fazla mikronükleus oluşumu (e)-(f) Çekirdek anomalisi (X100)



Şekil 4.5.3 Melet Irmağı boyunca belirlenen istasyonlardaki balık örneklerine ait preparatlarda gözlemlenen mikronukleus (MN) oluşumları (a, b, c, d, e, f) (X100)

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan dört mevsim boyunca *C. banarescui* (n=20; Mahmudiye), *V. vimba* (n=20; Kıranyağmur), *A. chalcoides* (n=20; Kocaali) ve *A. chalcoides* (n=20; Nehir ağzı) bireylerinde periferik kan hücrelerinde yapılan analizler sonucunda tespit edilen ortalama mikronükleus (MN) frekansları Çizelge 4.5.1’de verilmiştir.

İlkbahar mevsiminde Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* örneklerinin eritrositlerindeki mikronükleus frekansı ‰ 2.10 olarak belirlenirken, Kıranyağmur (*V. vimba*), Kocaali (*A. chalcoides*) ve Nehir ağzı (*A. chalcoides*) istasyonundan yakalanan bireylerdeki mikronükleus frekansları sırasıyla ‰ 1.80, ‰ 5.10 ve ‰ 6.10 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.5.1).

Yaz mevsiminde Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* örneklerinin eritrositlerinde mikronükleus frekansı ‰ 2.20, Kıranyağmur *V. vimba* örneklerinde ‰ 5.20, Kocaali *A. chalcoides* örneklerinde ‰ 5.40 ve nehir ağzı *A. chalcoides* örneklerinde ‰ 9.60 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5.1).

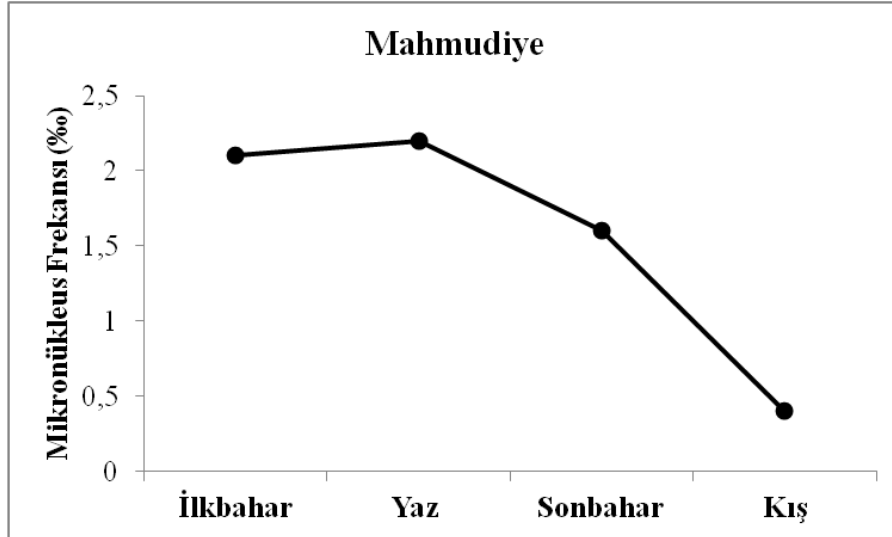
Sonbahar mevsiminde Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* örneklerinin eritrositlerindeki mikronükleus frekansı ‰ 1.60 olarak belirlenmiştir. Kıranyağmur istasyonundaki *V. vimba* bireyleri için mikronükleus frekansı ‰ 1.40 iken, Kocaali ve Nehir ağzı istasyonundaki *A. chalcoides* örneklerindeki mikronükleus frekansları sırasıyla ‰ 3.30 ve ‰ 2.80 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.5.1).

Kış mevsiminde Mahmudiye’den örneklenen *C. banarescui* ile Kıranyağmur’dan *V. vimba*, Kocaali’den *A. chalcoides* ve nehir ağzından *A. chalcoides* bireylerindeki mikronükleus frekansları sırasıyla ‰ 0.40, ‰ 1.10, ‰ 0.80 ve ‰ 1.90 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.5.1).

**Çizelge 4.5.1** Örneklenen türlerin eritrositlerinde tespit edilen mikronükleus frekansları (%) ve mevsimlere göre değişimi

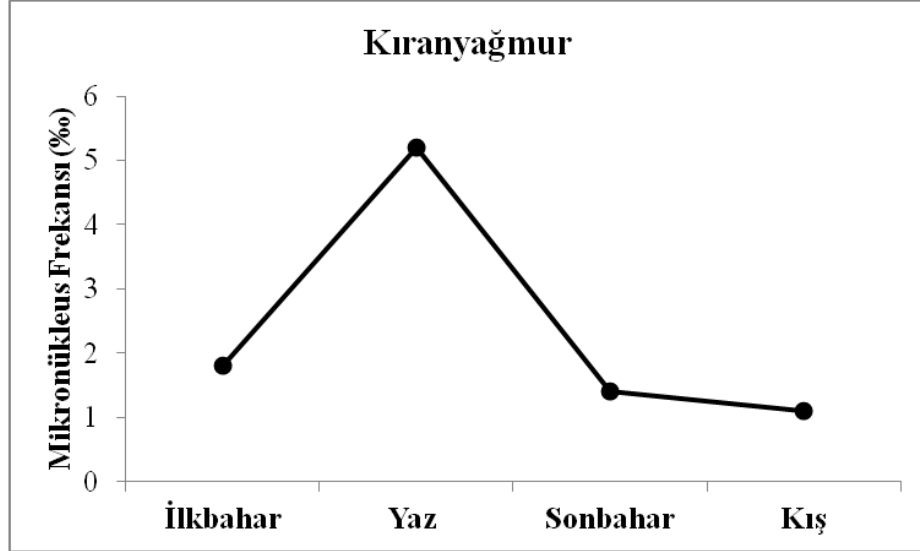
İstasyonlar	Tür (n sayısı)	Mevsimler	Mikronükleus Frekansları (%)
Mahmudiye	<i>C. banarescui</i> (n=20)	İlkbahar	2.10 ± 0.579
		Yaz	2.20 ± 0.682
		Sonbahar	1.60 ± 0.660
		Kış	0.40 ± 0.292
Kıranyağmur	<i>V. vimba</i> (n=20)	İlkbahar	1.80 ± 0.515
		Yaz	5.20 ± 1.470
		Sonbahar	1.40 ± 0.292
		Kış	1.10 ± 0.332
Kocaali	<i>A. chalcoides</i> (n=20)	İlkbahar	5.10 ± 1.300
		Yaz	5.40 ± 0.927
		Sonbahar	3.30 ± 1.390
		Kış	0.80 ± 0.339
Nehir ağzı	<i>A. chalcoides</i> (n=20)	İlkbahar	6.10 ± 1.540
		Yaz	9.60 ± 2.030
		Sonbahar	2.80 ± 0.700
		Kış	1.90 ± 0,781

Mevsimlere göre mikronükleus frekanslarındaki değişimler Şekil 4.5.4-4.5.9'da verilmiştir. Buna göre, Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* bireylerinde gözlemlenen mikronükleusların frekansı yaz > ilkbahar > sonbahar > kış şeklinde değişmektedir (Şekil 4.5.4).



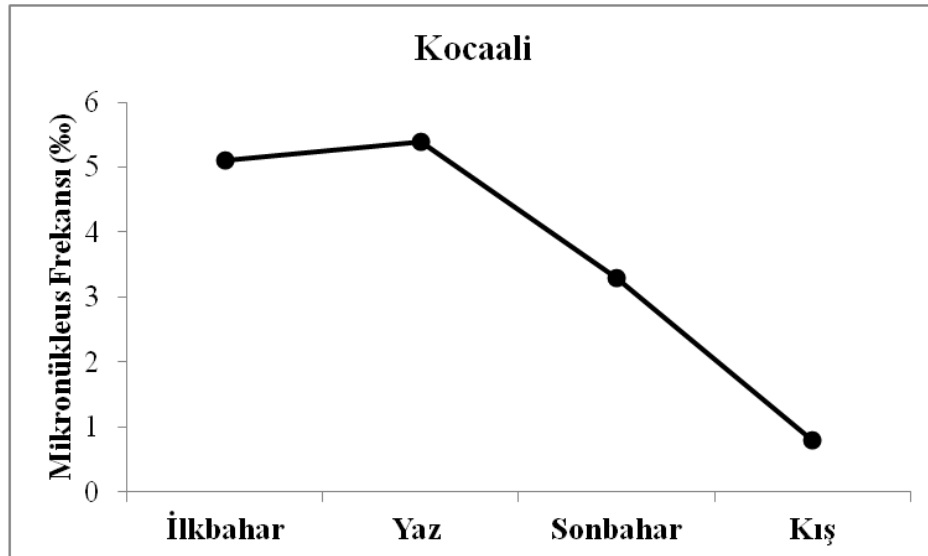
**Şekil 4.5.4** *C. banarescui* örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekanslarının mevsimsel dağılımı

Kıryanıağmur'dan yakalanan *V. vimba* bireylerinde gözlemlenen mikronukleusların frekansı en yüksek yaz mevsiminde belirlenmiştir ve sırasıyla ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde MN frekansı değeri giderek azalmıştır (Şekil 4.5.5).



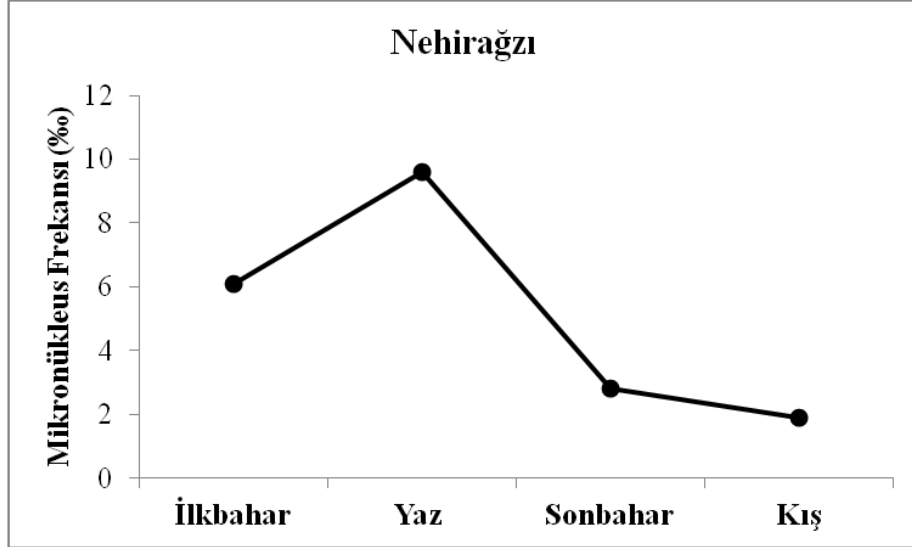
Şekil 4.5.5 *V. vimba* örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekanslarının mevsimsel dağılımı

Kocaali istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinde tespit edilen mikronukleusların frekansı yaz mevsiminde en yüksek, kış mevsiminde ise en düşüktür (Şekil 4.5.6).



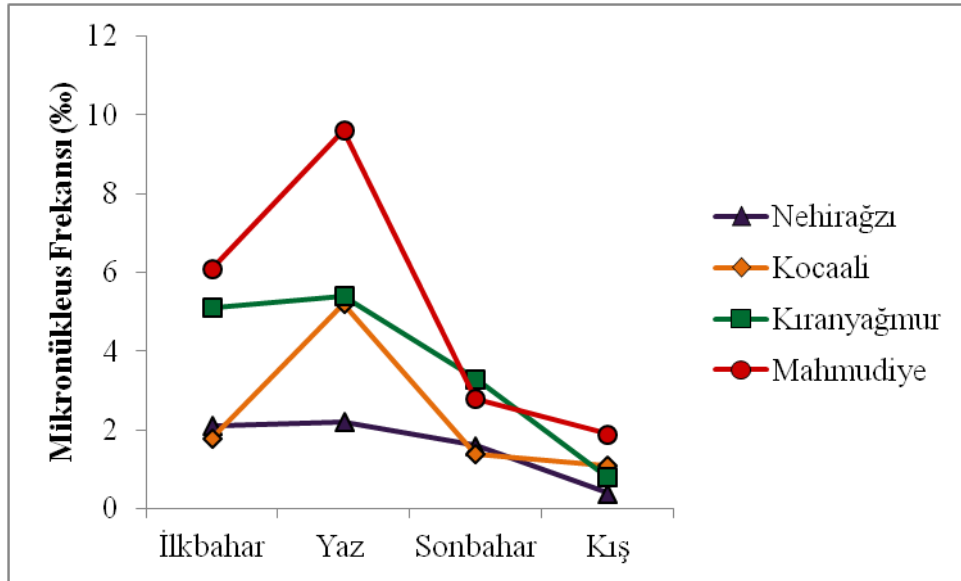
Şekil 4.5.6 *A. chalcoides* örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekanslarının mevsimsel dağılımı

Nehir ağızı istasyonundan örneklenen ve mikronükleus oluşumları değerlendirilen *A. chalcoides* bireylerinde gözlemlenen mikronükleusların frekansı yaz > ilkbahar > sonbahar > kış şeklinde değişmektedir (Şekil 4.5.4).



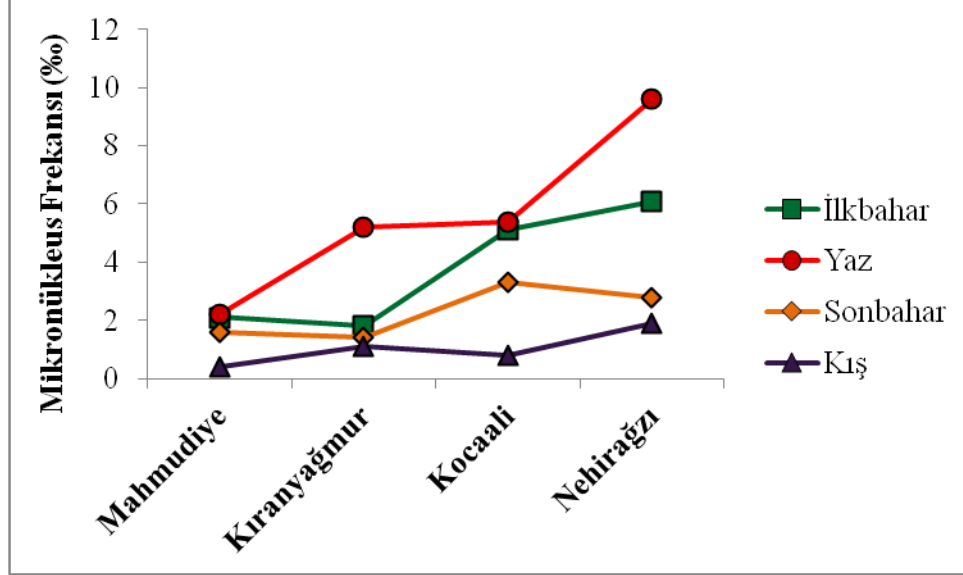
Şekil 4.5.7 *A. chalcoides* örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekanslarının mevsimsel dağılımı

Mahmudiye, Kıranyağmur, Kocaali ve Nehir ağızından yakalanan balıkların mikronükleus frekanslarının mevsimlere göre değişiminin Şekil 4.5.8’de sunulmuştur. Buna göre, tüm istasyonlarda mikronükleus frekansı yaz mevsiminde en yüksektir. Kış mevsiminde ise balıklar en düşük mikronükleus frekansına sahiptir.



Şekil 4.5.8 Mevsimlere göre mikronükleus (MN) frekanslarının dağılımı

İstasyonlar arasında bir değerlendirme yapılacak olursa (Şekil 4.5.9), genel olarak mikronükleus frekansı sırasıyla Mahmudiye < Kıranyağmur < Kocaali < Nehir ağız istasyonlarına doğru artan bir grafik sergilemiştir.



Şekil 4.5.9 İstasyonlara göre mikronükleus (MN) frekanslarının dağılımı

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlardan yakalanan bireylerin eritrositlerinde tespit edilen ortalama mikronükleus frekansı değerleri ve mevsimlere göre değişimleri Çizelge 4.5.2’de verilmiştir.

Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekansı değerleri mevsimlere göre karşılaştırıldığında, kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerindeki değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $P>0.05$ ) (Çizelge 4.5.2).

Kıranyağmur istasyonundan yakalanan *V. vimba* örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekansı değerleri mevsimsel olarak karşılaştırıldığında, yaz mevsimi ile kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde belirlenen mikronükleus değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ( $P<0.05$ ). İlkbahar, sonbahar ve kış mevsimleri arasındaki farkın ise istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $P>0.05$ ) (Çizelge 4.5.2).

Kocaali istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekansı değerleri mevsimlere göre karşılaştırıldığında, yaz ve kış mevsimleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir

( $P < 0.05$ ). İlkbahar ve sonbahar mevsimleri arasında ise istatistiksel bir fark bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ) (Çizelge 4.5.2).

Nehir ağzı istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* örneklerinin eritrositlerinde belirlenen mikronükleus frekansı değerleri incelenecek olursa, yaz mevsimi ile sonbahar ve kış mevsimleri arasında istatistiksel bir fark olduğu belirlenmiştir ( $P < 0.05$ ). Sonbahar ve kış mevsimlerinde tespit edilen mikronükleus frekansları arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemsizdir ( $P > 0.05$ ). İlkbahar ile yaz mevsimi ve ilkbahar ile sonbahar ve kış mevsimleri arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemlidir ( $P < 0.05$ ) (Çizelge 4.5.2).

**Çizelge 4.5.2** Melet Irmağı'ndan örneklenen bireylerin eritrositlerinde belirlenen ortalama mikronükleus (MN) değerleri ve mevsimlere göre değişimi

	<b>Mahmudiye</b>	<b>Kıranyağmur</b>	<b>Kocaali</b>	<b>Nehir ağzı</b>
<b>İlkbahar</b>	4.20 ± 2.588 <sup>a</sup>	2.20 ± 1.483 <sup>b</sup>	10.20 ± 5.805 <sup>ab</sup>	12.20 ± 6.870 <sup>ab</sup>
<b>Yaz</b>	4.40 ± 3.050 <sup>a</sup>	10.40 ± 6.580 <sup>a</sup>	10.80 ± 4.147 <sup>a</sup>	19.20 ± 9.066 <sup>a</sup>
<b>Sonbahar</b>	3.20 ± 2.950 <sup>a</sup>	2.80 ± 1.304 <sup>b</sup>	6.60 ± 6.229 <sup>ab</sup>	5.60 ± 3.130 <sup>b</sup>
<b>Kış</b>	0.80 ± 1.304 <sup>a</sup>	3.60 ± 2.302 <sup>b</sup>	1.60 ± 1.517 <sup>b</sup>	3.80 ± 3.493 <sup>b</sup>
<b>F</b>	2.07	5.53	3.89	6.48
<b>P</b>	<b>0.145</b>	<b>0.008</b>	<b>0.029</b>	<b>0.004</b>

Bu çalışmada, belirlenen istasyonlardaki konsantrasyonu, limit değerlerin üzerinde olan metaller göz önüne alınarak, yakalanan balık bireylerindeki mikronükleus oluşumları ile aralarındaki ilişki mevsimlere göre değerlendirilmiştir (Çizelge 4.5.5-4.5.8).



**Çizelge 4.5.3** Mahmudiye istasyonunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek bazı elementlerin sudaki mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları ve mikronükleus (MN) frekansı değerleri

Element	Mevsim	Element konsantrasyonu (µg/L)	Mikronükleus Frekansı (%) (Ort.±SS)
Fe Al	İlkbahar	312.773 52.008	2.10 ± 0.579
As Fe	Yaz	22.223 253.661	2.20 ± 0.682
Al As Fe	Sonbahar	28.768 27.230 210.037	1.60 ± 0.660
Fe	Kış	268.130	0.40 ± 0.292

**Çizelge 4.5.4** Kıranyağmur istasyonunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek bazı elementlerin sudaki mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları ve mikronükleus (MN) frekansı değerleri

Element	Mevsim	Element konsantrasyonu (µg/L)	Mikronükleus Frekansı (%) (Ort.±SS)
As Fe	İlkbahar	20.945 135.870	1.80 ± 0.515
Al Fe	Yaz	30.185 239.571	5.20 ± 1.470
Al As Fe	Sonbahar	49.967 20.398 240.647	1.40 ± 0.292
Al As Fe	Kış	240.322 20.035 280.582	1.10 ± 0.332

**Çizelge 4.5.5** Kocaali istasyonunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek bazı elementlerin sudaki mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları ve mikronükleus (MN) frekansı değerleri

Element	Mevsim	Element konsantrasyonu (µg/L)	Mikronükleus Frekansı (%) (Ort.±SS)
Fe	İlkbahar	209.022	5.10 ± 1.300
Fe	Yaz	246.730	5.40 ± 0.927
Al	Sonbahar	87.423	3.30 ± 1.390
As		26.908	
Fe		451.372	
Al	Kış	168.815	0.80 ± 0.339
Cd		1.316	
Fe		371.016	
Cu		14.538	
Zn		255.580	

**Çizelge 4.5.6** Nehir ağzı istasyonunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek bazı elementlerin sudaki mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları ve mikronükleus (MN) frekansı değerleri

Element	Mevsim	Element konsantrasyonu (µg/L)	Mikronükleus Frekansı (%) (Ort.±SS)
As	İlkbahar	23.062	6.10 ± 1.540
Fe		176.409	
Al	Yaz	34.864	9.60 ± 2.030
As		20.951	
Fe		252.623	
Al	Sonbahar	1332.788	2.80 ± 0.700
As		37.140	
Fe		3091.842	
Cu		5.868	
Al	Kış	169.728	1.90 ± 0,781
As		20.664	
Fe		340.470	
Cu		3.960	

Mahmudiye istasyonu suyunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek, SKKY, (2004) ve YSKY, (2012)'ndeki limit değerlerin üzerinde birikim gösteren metaller (Çizelge 4.5.3), ilkbahar mevsiminde alüminyum (Al; 52.008 µg/L) ve demir (Fe; 312.773 µg/L), yaz mevsiminde arsenik (As; 22.223 µg/L) ve demir (Fe; 253.661 µg/L), sonbahar mevsiminde alüminyum (Al; 28.768 µg/L), arsenik (As; 27.230 mg L<sup>-1</sup>) ve

demir (Fe; 210.037 µg/L), kış mevsiminde ise demir (Fe; 268.130 µg/L) olarak belirlenmiştir. Mahmudiye istasyonunda yaşayan *Capoeta banarescui* türünün eritrositlerinde belirlenen mevsimlere göre mikronükleus (MN) frekansları ve ağır metal konsantrasyonları Çizelge 4.5.3'te sunulmuştur. Buna göre, ilkbahar mevsiminde *C. banarescui* bireylerinin kan hücrelerinde belirlenen MN frekansı ‰ 2.10, yaz mevsiminde ‰ 2.20, sonbahar mevsiminde ‰ 1.60 ve kış mevsiminde ‰ 0.40 şeklindedir. Mevsimler arasında karşılaştırıldığında MN frekansı en yüksek yaz mevsiminde gözlemlenmiştir. Bunu sırasıyla, ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimi izlemiştir.

Kıranyağmur istasyonu suyunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek, SKKY, (2004) ve YSKY, (2012)'ndeki limit değerlerin üzerinde birikim gösteren metaller (Çizelge 4.5.4), ilkbahar mevsiminde arsenik (As; 20.945 µg/L) ve demir (Fe; 135.870 µg/L), yaz mevsiminde alüminyum (Al; 30.185 µg/L) ve demir (Fe; 239.571 µg/L), sonbahar mevsiminde alüminyum (Al; 49.967 µg/L), arsenik (As; 20.398 µg/L), demir (Fe; 240.647 µg/L) ve kış mevsiminde alüminyum (Al; 240.322 µg/L), arsenik (As; 20.035 µg/L) ve demir (Fe; 280.582 µg/L) olarak tespit edilmiştir. Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* türünün eritrositlerinde belirlenen mevsimlere göre mikronükleus (MN) frekansları ve ağır metal konsantrasyonları Çizelge 4.5.4'te sunulmuştur. Buna göre, ilkbahar mevsiminde *V. vimba* bireylerinin kan hücrelerinde belirlenen MN frekansı ‰ 1.80, yaz mevsiminde ‰ 5.20, sonbahar mevsiminde ‰ 1.40 ve kış mevsiminde ‰ 1.10 şeklindedir. Mevsimler arasında karşılaştırıldığında MN frekansı en yüksek yaz mevsiminde gözlemlenmiştir. Bunu sırasıyla, ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimi izlemiştir.

Kocaali istasyonu suyunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek, SKKY, (2004) ve YSKY, (2012)'ndeki limit değerlerin üzerinde birikim gösteren metaller (Çizelge 4.5.5), ilkbahar mevsiminde demir (Fe; 209.022 µg/L), yaz mevsiminde demir (Fe; 246.730 µg/L), sonbahar mevsiminde alüminyum (Al; 87.423 µg/L), arsenik (As; 26.908 mg L<sup>-1</sup>) ve demir (Fe; 451.372 µg/L), kış mevsiminde alüminyum (Al; 168.815 µg/L), kadmiyum (Cd; 1.316 µg/L), (Fe; 371.016 mg L<sup>-1</sup>), bakır (Cu; 14.538 µg/L) ve çinko (Zn; 255.580 µg/L) olarak tespit edilmiştir. Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* türünün eritrositlerinde belirlenen mevsimlere göre mikronükleus (MN) frekansları ve ağır metal konsantrasyonları Çizelge 4.5.5'te

sunulmuştur. Buna göre, ilkbahar mevsiminde *A. chalcoides* bireylerinin kan hücrelerinde belirlenen MN frekansı ‰ 5.10, yaz mevsiminde ‰ 5.40, sonbahar mevsiminde ‰ 3.30 ve kış mevsiminde ‰ 0.80 şeklindedir. Mevsimler arasında karşılaştırıldığında MN frekansı en yüksek yaz mevsiminde gözlenirken, bunu sırasıyla, ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimi izlemiştir.

Nehir ağızı istasyonu suyunda tespit edilen konsantrasyonu yüksek, SKKY, (2004) ve YSKY, (2012)'ndeki limit değerlerin üzerinde birikim gösteren metaller (Çizelge 4.5.6), ilkbahar mevsiminde arsenik (As; 23.062 µg/L) ve demir (Fe; 176.409 µg/L), yaz mevsiminde alüminyum (Al; 34.864 µg/L), (As; 20.951 µg/L) ve demir (Fe; 252..623 µg/L), sonbahar mevsiminde alüminyum (Al; 1332.788 µg/L), arsenik (As; 37.140 µg/L), demir (Fe; 3091.842 µg/L) ve bakır (Cu; 5.868 µg/L), ve kış mevsiminde alüminyum (Al; 169.728 µg/L), arsenik (As; 20.664 µg/L), demir (Fe; 340.470 µg/L) ve bakır (Cu; 3.960 µg/L) olarak tespit edilmiştir. Nehir ağızı istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* türünün eritrositlerinde belirlenen mevsimlere göre mikronükleus (MN) frekansları ve ağır metal konsantrasyonları Çizelge 4.5.6'da sunulmuştur. Buna göre, ilkbahar mevsiminde *A. chalcoides* bireylerinin kan hücrelerinde belirlenen MN frekansı ‰ 6.10, yaz mevsiminde ‰ 9.60, sonbahar mevsiminde ‰ 2.80 ve kış mevsiminde ‰ 1.90 şeklindedir. Mevsimler arasında karşılaştırıldığında MN frekansı en yüksek yaz mevsiminde gözlenirken, bunu sırasıyla, ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimi izlemiştir.

#### **4.6 Comet Analizi Parametreleri**

Melet Irmağı'ndan ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri boyunca belirlenen istasyonlardan örneklenen *C. banarescui* (n=20), *V. vimba* (n=20), *A. chalcoides* (n=20) ve *A. chalcoides* (n=20) bireylerinde, comet parametreleri kullanılarak yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6.1-4.6.4'de verilmiştir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi aşamasında, çalışılan her istasyon ve her mevsim için kuyruk uzunluğu (µm), kuyruk yoğunluğu (%), baş yoğunluğu (%), kuyruk momenti, kuyruktaki % DNA miktarı ve baştaki % DNA miktarı değerleri esas alınmış ve hesaplanmıştır. Hesaplanan comet parametrelerinin değerlerini ve mevsimler arasındaki ilişkilerini tespit etmek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.6.1-4.6.4'de sunulmuştur.

Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin eritrosit hücrelerinde ölçülen bazı comet parametreleri değerlendirildiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerine ait kuyruk yoğunluğu (%), baş yoğunluğu (%) ve kuyruk momenti değerleri karşılaştırıldığında, mevsimler arasındaki farkın istatistiksel manada önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ) (Çizelge 4.6.1.).

Kuyruktaki DNA yüzdesi (% DNA<sub>T</sub>)'nin en düşük değeri kış mevsiminde  $11.51 \pm 1.51$  olarak belirlenirken, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri için sırasıyla  $29.91 \pm 2.17$ ,  $34.04 \pm 2.16$  ve  $29.40 \pm 2.01$  olarak hesaplanmıştır. Mevsimler arasındaki farklılıklar araştırıldığında, kış mevsimi ile diğer mevsimler arasında istatistiksel manadaki farkın önemli olduğu ( $P<0.05$ ), ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri arasındaki farklılığın ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ( $P>0.05$ ) tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.1.).

Baştaki DNA yüzdesi (% DNA<sub>H</sub>) değerleri büyükten küçüğe sırasıyla kış mevsiminde  $88.49 \pm 1.51$ , sonbahar mevsiminde  $70.60 \pm 2.01$ , ilkbahar mevsiminde  $70.09 \pm 2.17$  ve yaz mevsiminde  $65.96 \pm 2.16$  olarak hesaplanmıştır. Mahmudiye istasyonunda, mevsimler arasındaki farklılıklar değerlendirildiğinde, kış mevsiminin diğer mevsimlerden farklı olduğu ve bu farklılığın istatistiksel manada önemli olduğu bulunmuştur ( $P<0.05$ ). İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri arasındaki farklılığın ise istatistiksel manada önemli olmadığı ( $P>0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.6.1.).

**Çizelge 4.6.1** Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* bireylerinin eritrosit hücrelerinde comet analizi ile elde edilen bazı comet parametrelerinin değerleri

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Önem Düzeyi (P)
<b>Kuyruk Boyu (µm)</b>	$21.03^a \pm 1.19$	$21.40^a \pm 1.07$	$20.47^a \pm 1.30$	$9.02^b \pm 1.65$	<b>P&lt;0.05</b>
<b>Kuyruk Yoğunluğu (%)</b>	$26.63^a \pm 1.78$	$26.34^a \pm 2.13$	$21.23^a \pm 1.96$	$20.73^a \pm 2.63$	P>0.05
<b>Baş Yoğunluğu (%)</b>	$73.37^a \pm 1.78$	$73.66^a \pm 2.13$	$78.77^a \pm 1.96$	$79.27^a \pm 2.63$	P>0.05
<b>Kuyruktaki % DNA</b>	$29.91^a \pm 2.17$	$34.04^a \pm 2.16$	$29.40^a \pm 2.01$	$11.51^b \pm 1.51$	<b>P&lt;0.05</b>
<b>Baştaki % DNA</b>	$70.09^b \pm 2.17$	$65.96^b \pm 2.16$	$70.60^b \pm 2.01$	$88.49^a \pm 1.51$	<b>P&lt;0.05</b>
<b>Kuyruk Momenti</b>	$0.310^a \pm 0.034$	$0.347^a \pm 0.035$	$0.291^a \pm 0.029$	$0.271^a \pm 0.053$	P>0.05

Kıran yağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin eritrosit hücrelerinde gözlemlenen DNA hasarına bağlı olarak hesaplanan bazı comet parametreleri değerlendirildiğinde, kuyruk yoğunluğu (%), baş yoğunluğu (%) ve kuyruk momenti parametrelerine ait değerlerin, dört mevsimde de istatistiksel bir önemlilik göstermediği, mevsimsel olarak veriler arasındaki farkın önemli olmadığı ( $P>0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.6.2.).

Kuyruk boyu parametresi mevsimsel olarak karşılaştırıldığında, kış mevsiminde DNA hasarına bağlı olarak meydana gelen kuyruğun diğer mevsimlere göre en düşük değerde ölçüldüğü ( $17.78 \pm 0.98 \mu\text{m}$ ), bu durumu sırasıyla sonbahar mevsiminin ( $22.16 \pm 1.13 \mu\text{m}$ ), ilkbahar mevsiminin ( $25.12 \pm 1.25 \mu\text{m}$ ) ve yaz mevsiminin ( $26.32 \pm 1.34 \mu\text{m}$ ) izlediği gözlemlenmiştir. Kuyruk uzunluğu değerindeki mevsime bağlı gerçekleşen bu artış, dolayısıyla DNA hasar miktarında da bir artışın olduğunu göstermektedir. Mevsimler arasındaki bu farklılık istatistiksel manada değerlendirildiğinde, kış mevsiminde tespit edilen kuyruk uzunluğu değeri ile diğer mevsimlerdeki değerler arasındaki farkın önemli olduğu bulunmuştur ( $P<0.05$ ). İlkbahar, sonbahar ve yaz mevsimleri arasında ise istatistiksel manada bir farklılık tespit edilmemiştir ( $P>0.05$ ) (Çizelge 4.6.2.)

Kuyruktaki DNA yüzdesi (% DNA<sub>T</sub>) değeri ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için sırasıyla %  $33.31 \pm 2.15$ , %  $37.44 \pm 2.22$ , %  $31.01 \pm 1.82$  ve %  $26.80 \pm 2.22$  olarak hesaplanmıştır. Mevsimler arasındaki farklar değerlendirildiğinde, kış ve yaz mevsimleri arasındaki farkın istatistiksel manadaki önemli olduğu ( $P<0.05$ ), ilkbahar ve sonbahar mevsimleri arasındaki farklılığın ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ( $P>0.05$ ) tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.2.).

Baştaki DNA yüzdesi (% DNA<sub>H</sub>) değerleri mevsimlere göre sırasıyla ilkbahar mevsiminde %  $66.69 \pm 2.15$ , yaz mevsiminde %  $62.56 \pm 2.22$ , sonbahar mevsiminde %  $68.99 \pm 1.82$  ve kış mevsiminde %  $73.20 \pm 2.22$  olarak hesaplanmıştır. Mevsimler arasındaki farklılıklar değerlendirildiğinde, kış ve yaz mevsimleri arasında fark olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ( $P<0.05$ ). İlkbahar ve sonbahar mevsimleri arasındaki farkın ise istatistiksel manada önemli olmadığı ( $P>0.05$ ) tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.2.).

**Çizelge 4.6.2** Kıranyağmur istasyonundan yakalanan *V. vimba* bireylerinin eritrosit hücrelerinde comet analizi ile elde edilen bazı comet parametrelerinin değerleri

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Önem Düzeyi (P)
<b>Kuyruk Boyu (µm)</b>	25.12 <sup>a</sup> ± 1.25	26.32 <sup>a</sup> ± 1.34	22.16 <sup>a</sup> ± 1.13	17.78 <sup>b</sup> ± 0.98	<b>P&lt;0.05</b>
<b>Kuyruk Yoğunluğu (%)</b>	28.78 <sup>a</sup> ± 2.13	29.56 <sup>a</sup> ± 2.06	27.89 <sup>a</sup> ± 2.16	26.99 <sup>a</sup> ± 2.02	P>0.05
<b>Baş Yoğunluğu (%)</b>	71.22 <sup>a</sup> ± 2.13	70.44 <sup>a</sup> ± 2.06	72.11 <sup>a</sup> ± 2.16	73.01 <sup>a</sup> ± 2.02	P>0.05
<b>Kuyruktaki % DNA</b>	33.31 <sup>ab</sup> ± 2.15	37.44 <sup>a</sup> ± 2.22	31.01 <sup>ab</sup> ± 1.82	26.80 <sup>b</sup> ± 2.22	<b>P&lt;0.05</b>
<b>Baştaki % DNA</b>	66.69 <sup>ab</sup> ± 2.15	62.56 <sup>b</sup> ± 2.22	68.99 <sup>ab</sup> ± 1.82	73.20 <sup>a</sup> ± 2.22	<b>P&lt;0.05</b>
<b>Kuyruk Momenti</b>	0.412 <sup>a</sup> ± 0.039	0.453 <sup>a</sup> ±0.042	0.308 <sup>a</sup> ± 0.037	0.304 <sup>a</sup> ±0.068	P>0.05

Kocaali istasyonundan alınan *A. chalcoides* bireylerinin eritrosit hücrelerinde ölçülen comet parametreleri değerlendirildiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerine ait kuyruk boyu, kuyruk yoğunluğu, baş yoğunluğu, % DNA<sub>T</sub>, % DNA<sub>H</sub> ve kuyruk momenti değerleri karşılaştırıldığında, her bir parametre için mevsimler arasındaki farkın istatistiksel manada önemli olmadığı tespit edilmiştir (P>0.05) (Çizelge 4.6.3.).

Kuyruk boyu değerleri ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için sırasıyla 26.95 ± 1.20 µm, 27.75 ± 1.10 µm, 24.81 ± 1.45 µm ve 24.41 ± 1.12 µm olarak hesaplanmıştır. Kuyruktaki DNA yüzdesi değerleri ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için sırasıyla % 34.65 ± 2.16, % 39.02 ± 2.19, % 34.44 ± 2.08 ve % 32.56 ± 2.29 olarak bulunmuştur. Hücrede oluşan DNA hasar miktarını yansıtması bakımından değerlendirildiğinde, kuyruk boyu ve kuyruktaki DNA yüzdesi değerleri yaz mevsiminde en yüksek değerdeyken, kış mevsiminde en düşük değerdedir. Kuyruk momenti değerleri ise, ilkbahar mevsiminde 0.449 ± 0.041, yaz mevsiminde 0.470 ± 0.045, sonbahar mevsiminde 0.403 ± 0.045 ve kış mevsiminde 0.387 ± 0.034 olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.6.3** Kocaali istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin eritrosit hücrelerinde comet analizi ile elde edilen bazı comet parametrelerinin değerleri

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Önem Düzeyi (P)
<b>Kuyruk Boyu (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	26.95 <sup>a</sup> $\pm$ 1.20	27.75 <sup>a</sup> $\pm$ 1.10	24.81 <sup>a</sup> $\pm$ 1.45	24.41 <sup>a</sup> $\pm$ 1.12	P>0.05
<b>Kuyruk Yoğunluğu (%)</b>	33.98 <sup>a</sup> $\pm$ 2.77	35.99 <sup>a</sup> $\pm$ 2.16	33.36 <sup>a</sup> $\pm$ 2.30	32.85 <sup>a</sup> $\pm$ 2.23	P>0.05
<b>Baş Yoğunluğu (%)</b>	66.02 <sup>a</sup> $\pm$ 2.77	64.01 <sup>a</sup> $\pm$ 2.16	66.64 <sup>a</sup> $\pm$ 2.30	67.15 <sup>a</sup> $\pm$ 2.23	P>0.05
<b>Kuyruktaki % DNA</b>	34.65 <sup>a</sup> $\pm$ 2.16	39.02 <sup>a</sup> $\pm$ 2.19	34.44 <sup>a</sup> $\pm$ 2.08	32.56 <sup>a</sup> $\pm$ 2.29	P>0.05
<b>Baştaki % DNA</b>	65.35 <sup>a</sup> $\pm$ 2.16	60.98 <sup>a</sup> $\pm$ 2.19	65.56 <sup>a</sup> $\pm$ 2.08	67.44 <sup>a</sup> $\pm$ 2.29	P>0.05
<b>Kuyruk Momenti</b>	0.449 <sup>a</sup> $\pm$ 0.041	0.470 <sup>a</sup> $\pm$ 0.045	0.403 <sup>a</sup> $\pm$ 0.045	0.387 <sup>a</sup> $\pm$ 0.034	P>0.05

Nehir ağzı istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinin eritrosit hücrelerinde ölçülen comet parametreleri incelendiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerine ait kuyruk boyu, kuyruk yoğunluğu, baş yoğunluğu, % DNA<sub>T</sub>, % DNA<sub>H</sub> ve kuyruk momentleri değerleri karşılaştırıldığında, her bir parametre için mevsimler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (P>0.05) (Çizelge 4.6.4.).

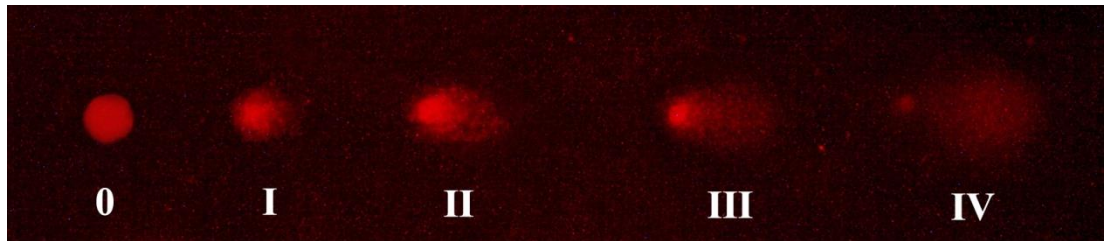
Kuyruktaki DNA yüzdesi değerleri ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için sırasıyla % 39.33  $\pm$  2.04, % 40.22  $\pm$  2.09, % 39.06  $\pm$  2.21 ve % 38.01  $\pm$  2.05 olarak tespit edilmiştir. Kuyruk boyu değerleri ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için sırasıyla 28.97  $\pm$  1.24  $\mu\text{m}$ , 29.11  $\pm$  1.35  $\mu\text{m}$ , 28.68  $\pm$  1.36  $\mu\text{m}$  ve 28.35  $\pm$  1.09  $\mu\text{m}$  olarak hesaplanmıştır. Kuyruk boyu ve kuyruktaki DNA yüzdesi değerlerinin yaz mevsiminde en yüksek değerde, kış mevsiminde ise en düşük değerde olduğu belirlenmiştir. Kuyruk momentleri değerleri ise, ilkbahar mevsiminde 0.528  $\pm$  0.045, yaz mevsiminde 0.531  $\pm$  0.057, sonbahar mevsiminde 0.516  $\pm$  0.040 ve kış mevsiminde 0.498  $\pm$  0.041 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.4.).



**Çizelge 4.6.4** Nehir ağzı istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin eritrosit hücrelerinde comet analizi ile elde edilen bazı comet parametrelerinin değerleri

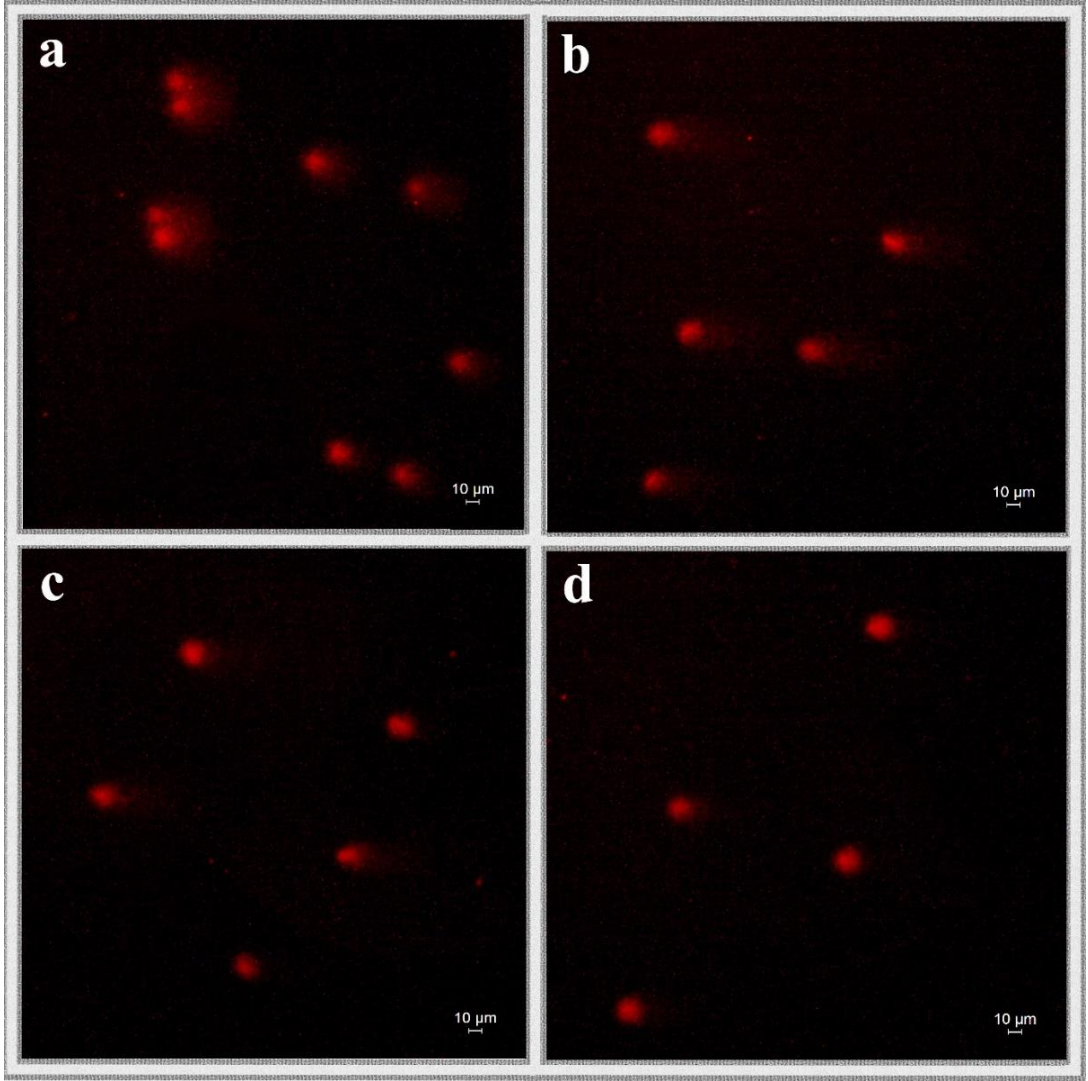
	Yaz	İlkbahar	Sonbahar	Kış	Önem Düzeyi (P)
<b>Kuyruk Boyu (µm)</b>	29.11 <sup>a</sup> ± 1.35	28.97 <sup>a</sup> ± 1.24	28.68 <sup>a</sup> ± 1.36	28.35 <sup>a</sup> ± 1.09	P>0.05
<b>Kuyruk Yoğunluğu (%)</b>	40.42 <sup>a</sup> ± 2.32	40.27 <sup>a</sup> ± 2.51	40.11 <sup>a</sup> ± 2.66	38.05 <sup>a</sup> ± 2.41	P>0.05
<b>Baş Yoğunluğu (%)</b>	59.58 <sup>a</sup> ± 2.32	59.73 <sup>a</sup> ± 2.51	59.89 <sup>a</sup> ± 2.66	61.95 <sup>a</sup> ± 2.41	P>0.05
<b>Kuyruktaki % DNA</b>	40.22 <sup>a</sup> ± 2.09	39.33 <sup>a</sup> ± 2.04	39.06 <sup>a</sup> ± 2.21	38.01 <sup>a</sup> ± 2.05	P>0.05
<b>Baştaki % DNA</b>	59.78 <sup>a</sup> ± 2.09	60.67 <sup>a</sup> ± 2.04	60.94 <sup>a</sup> ± 2.21	61.99 <sup>a</sup> ± 2.05	P>0.05
<b>Kuyruk Momenti</b>	0.531 <sup>a</sup> ±0.057	0.528 <sup>a</sup> ±0.045	0.516 <sup>a</sup> ±0.040	0.498 <sup>a</sup> ±0.041	P>0.05

Belirlenen her istasyona ait balık örneklerinin eritrosit hücrelerinde oluşan DNA hasarlarını tespit etmek üzere hazırlanan preparatlar, floresan mikroskop altında değerlendirilmiştir. İncelemeler esnasında, floresan mikroskop altında gözlemlenen ve hasarsız olarak nitelendirilen hücrelerin ortasının parlak ve kenarlarının daha az yoğun olduğu gözlemlenmiştir. Hücrelerde oluşan DNA hasarının derecesine bağlı olarak ise kuyruk oluşumları göze çarpmaktadır. Şekil 4.6.1’de görüldüğü gibi, DNA hasarı miktarlarına bağlı olarak değişik derecelerde comet kuyruğu oluşumları gözlemlenmiştir. 0; hasarsız hücre, I; çok az hasarlı, II; az hasarlı, III; hasarlı, IV; çok hasarlı şeklinde değerlendirilmektedir.

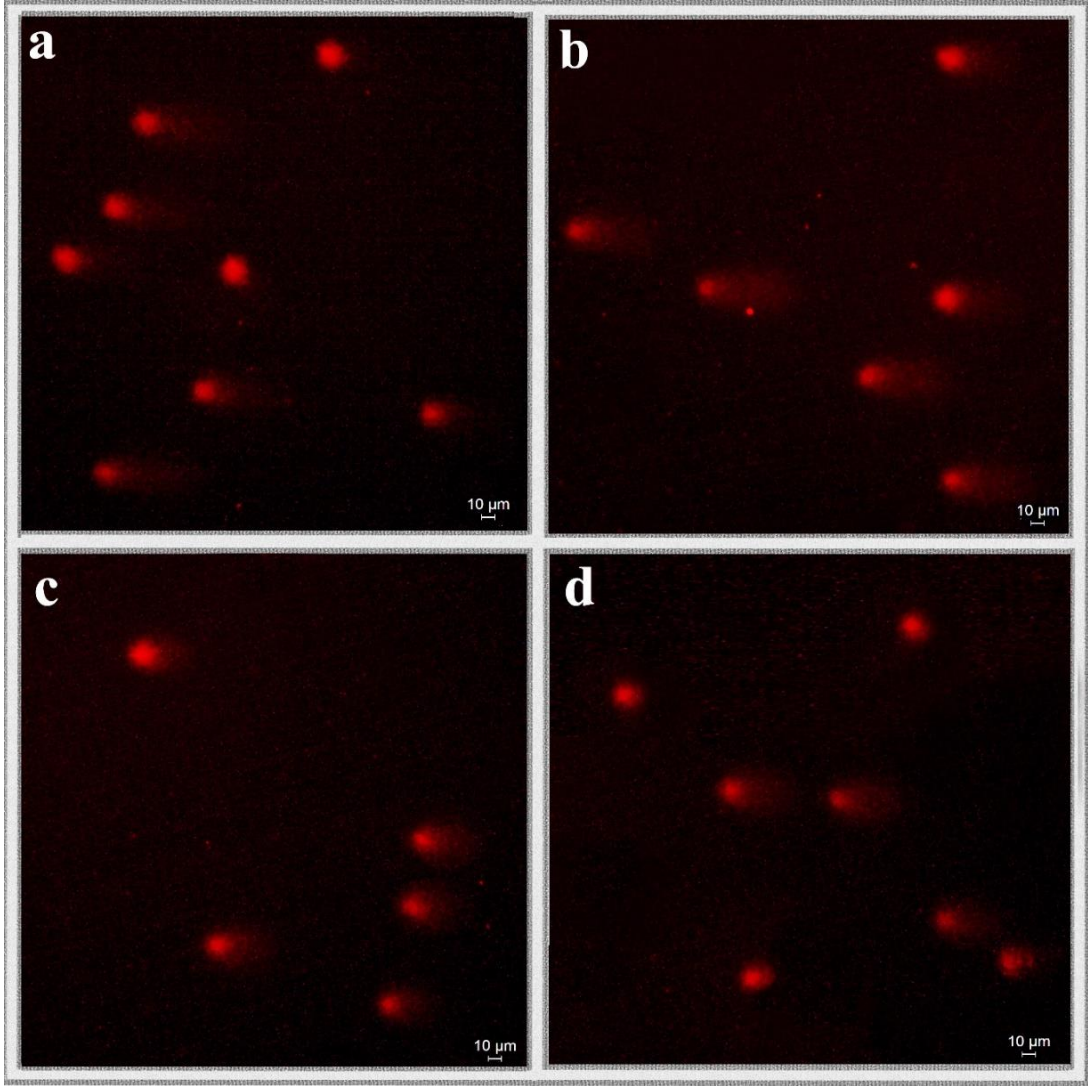


**Şekil 4.6.1** Balıkların eritrosit hücrelerinde gözlemlenen genetik hasara bağlı comet dereceleri

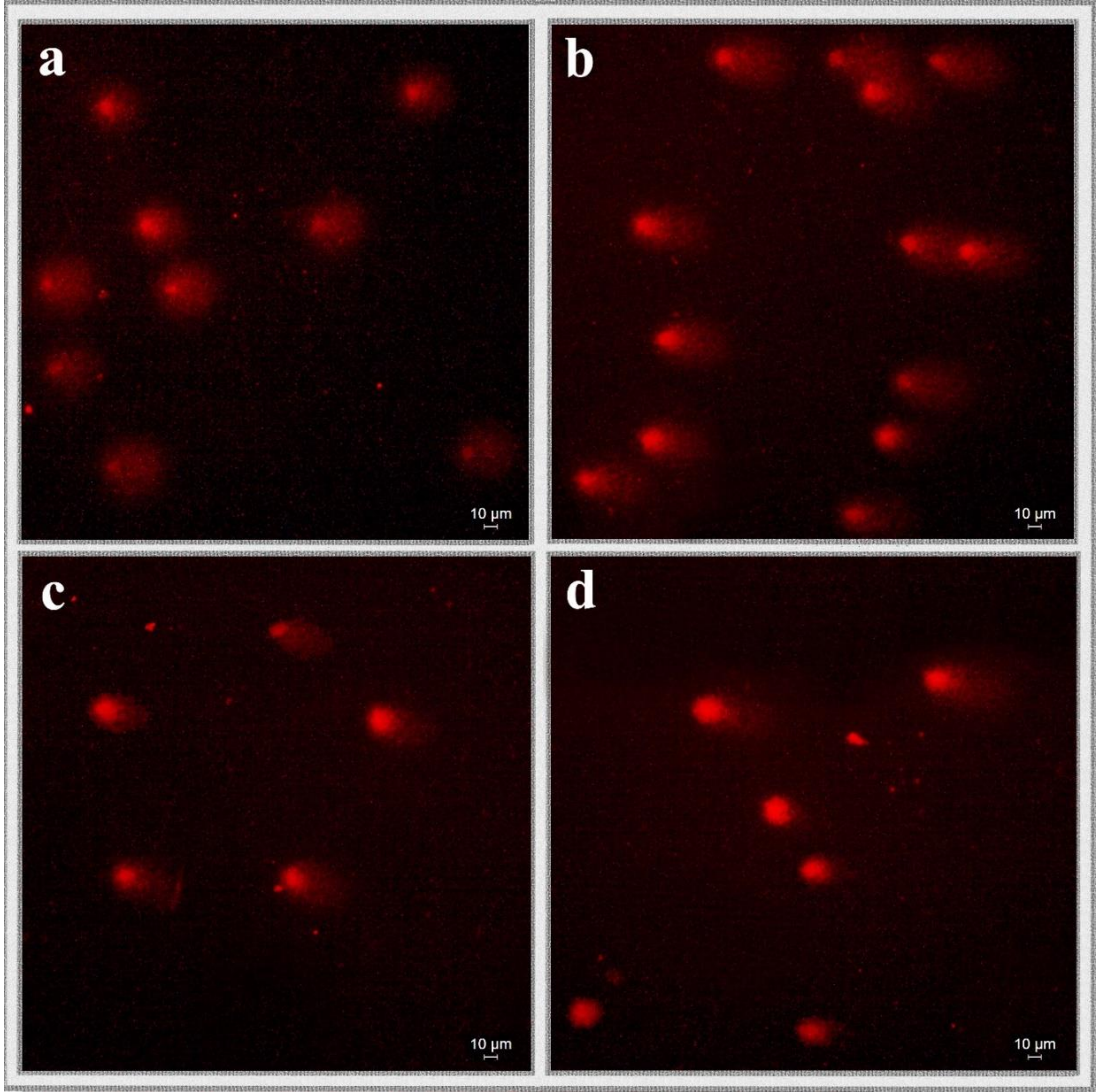
İncelenen preparatlarda gözlemlenen ve ölçümleri alınan eritrosit hücrelerinin istasyonlara göre mevsim değişimleri Şekil 4.6.2-4.6.5’te sunulmuştur.



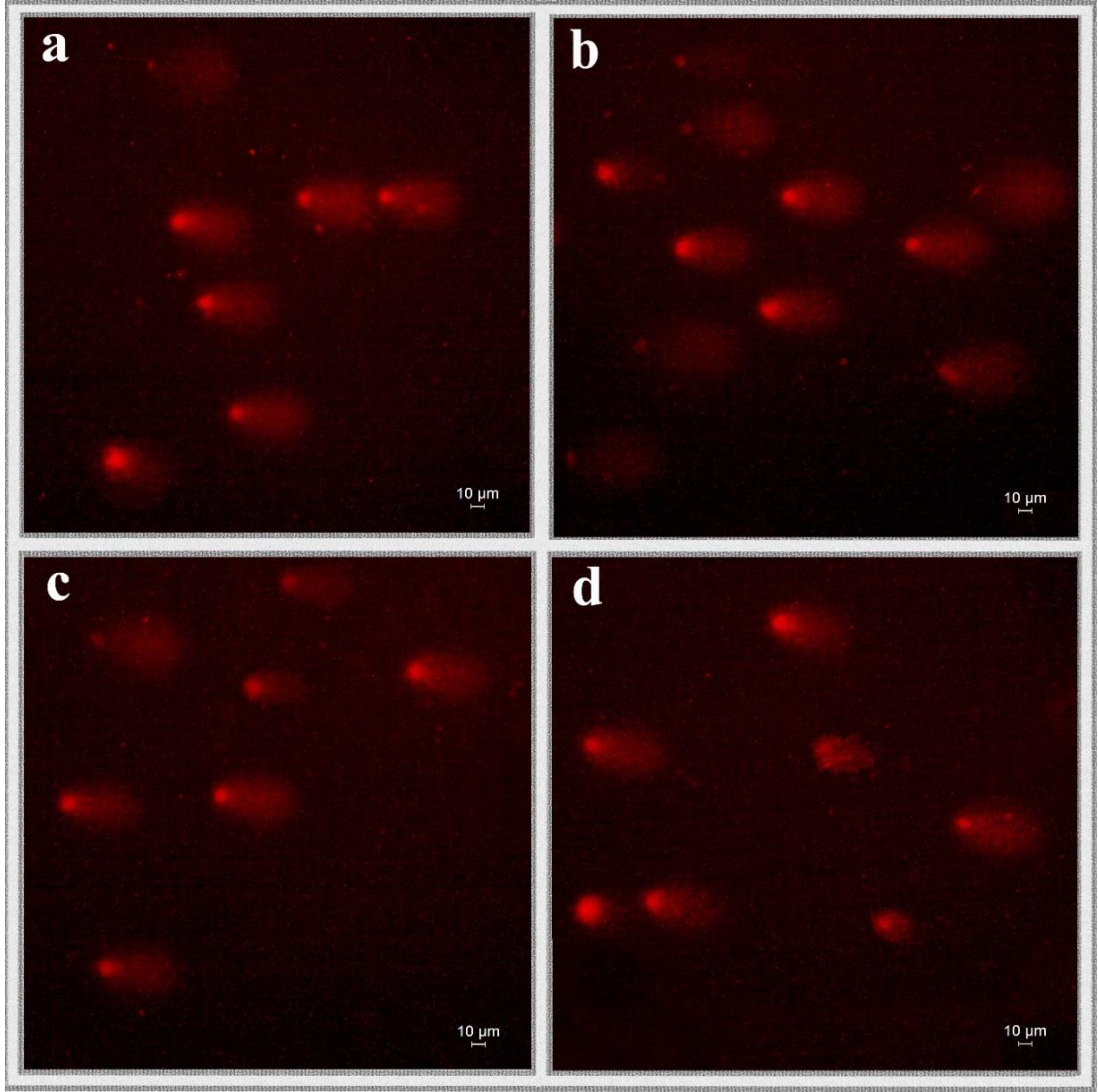
**Şekil 4.6.2** Mahmutiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin kan hücrelerinde floresan mikroskopu çekimleriyle tespit edilen ilkbahar (a), yaz (b), sonbahar (c) ve kış (d) mevsimlerine ait comet oluşumları



**Şekil 4.6.3** Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *V. vimba* bireylerinin kan hücrelerinde floresan mikroskobu çekimleriyle tespit edilen ilkbahar (a), yaz (b), sonbahar (c) ve kış (d) mevsimlerine ait comet oluşumları

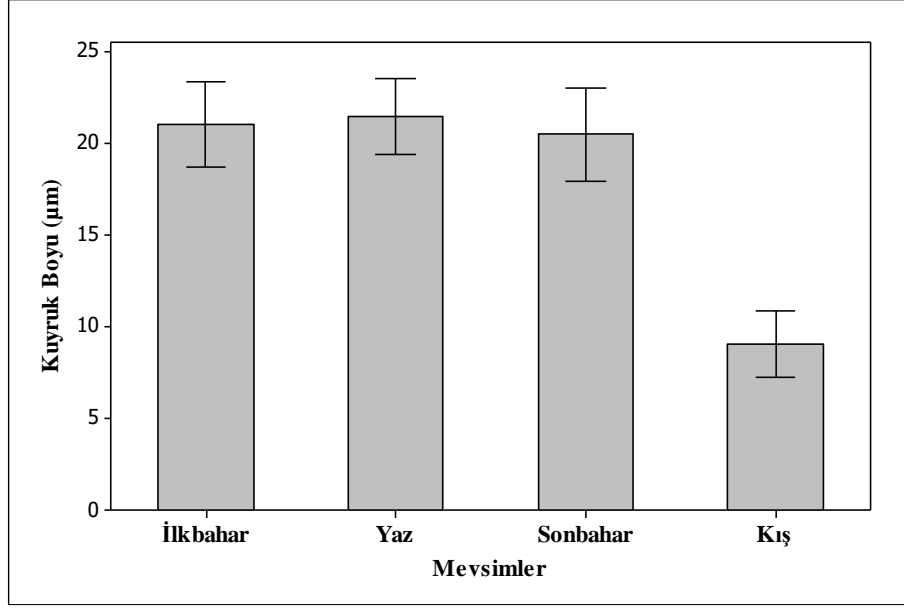


**Şekil 4.6.4** Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chacooides* bireylerinin kan hücrelerinde floresan mikroskobu çekimleriyle tespit edilen ilkbahar (a), yaz (b), sonbahar (c) ve kış (d) mevsimlerine ait comet oluşumları

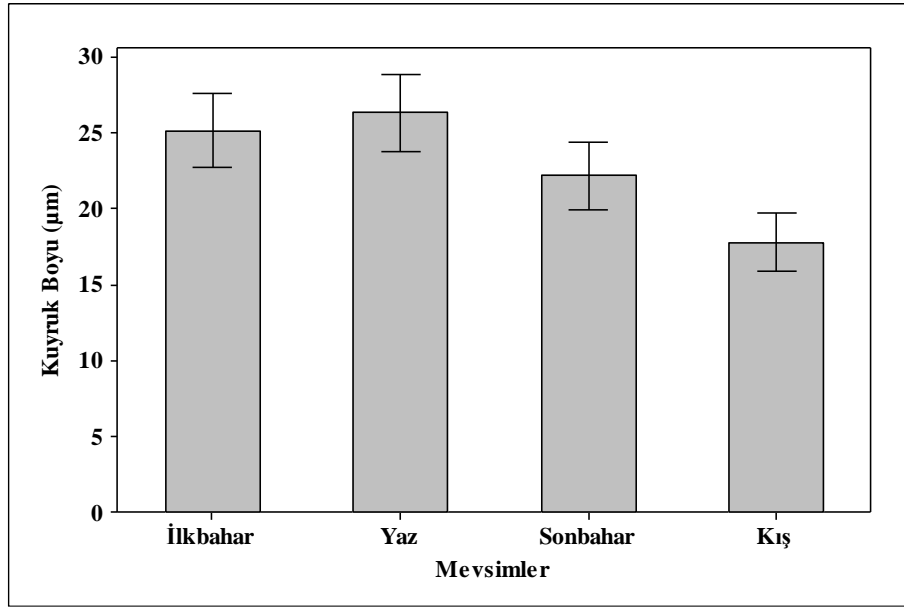


**Şekil 4.6.5** Nehir ağzı istasyonundan örneklenen *A. chacooides* bireylerinin kan hücrelerinde floresan mikroskobu çekimleriyle tespit edilen ilkbahar (a), yaz (b), sonbahar (c) ve kış (d) mevsimlerine ait comet oluşumları

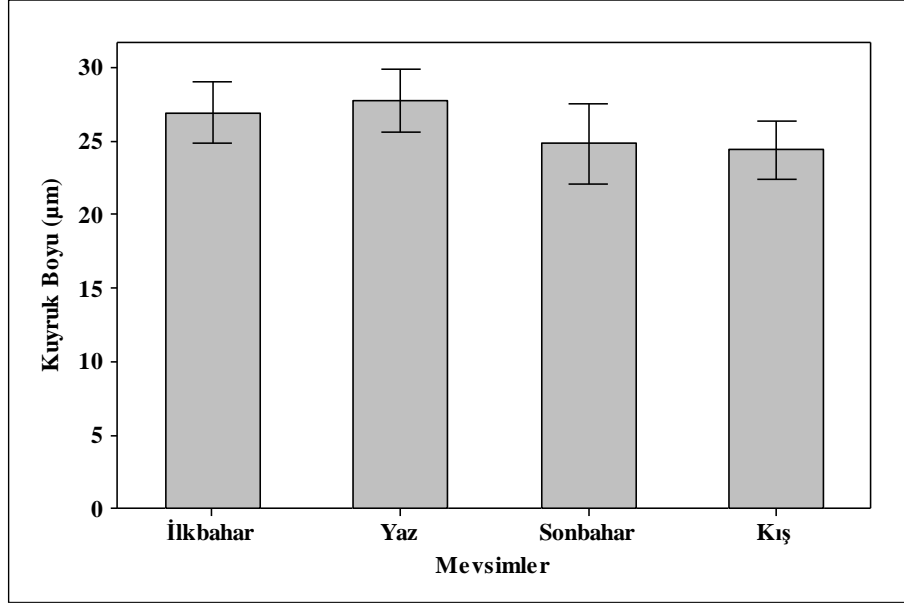
Ayrıca, comet parametrelerinin tüm istasyonlar için mevsimsel olarak değişimlerini gösteren grafikler Şekil 4.6.6-4.6.29.'de verilmiştir.



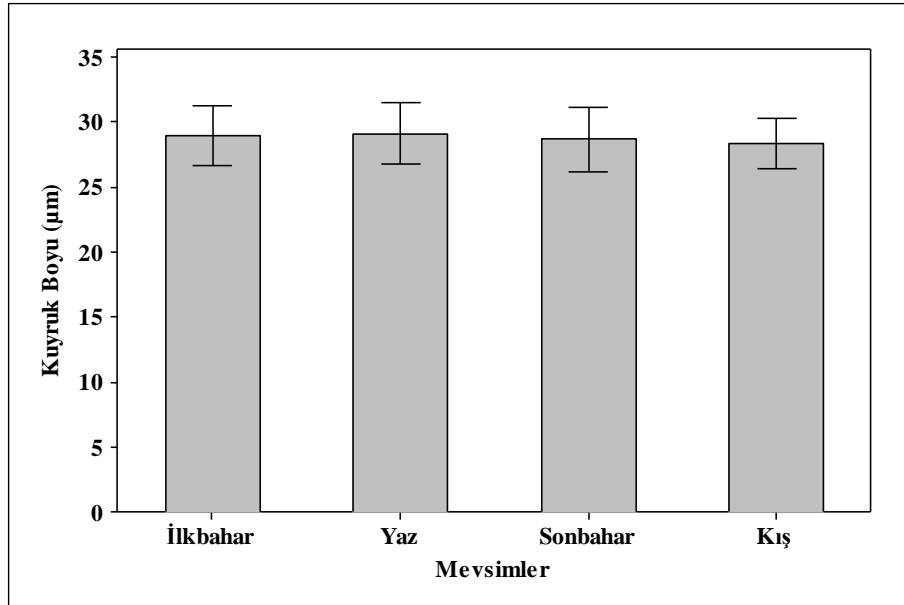
**Şekil 4.6.6** Mahmutiye istasyonunda mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk boyu ( $\mu\text{m}$ ) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



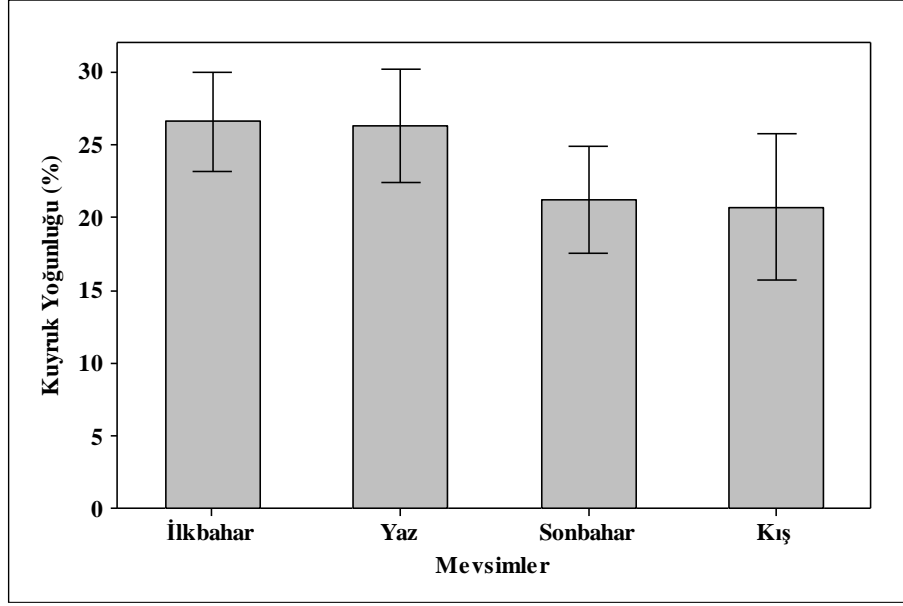
**Şekil 4.6.7** Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk boyu ( $\mu\text{m}$ ) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



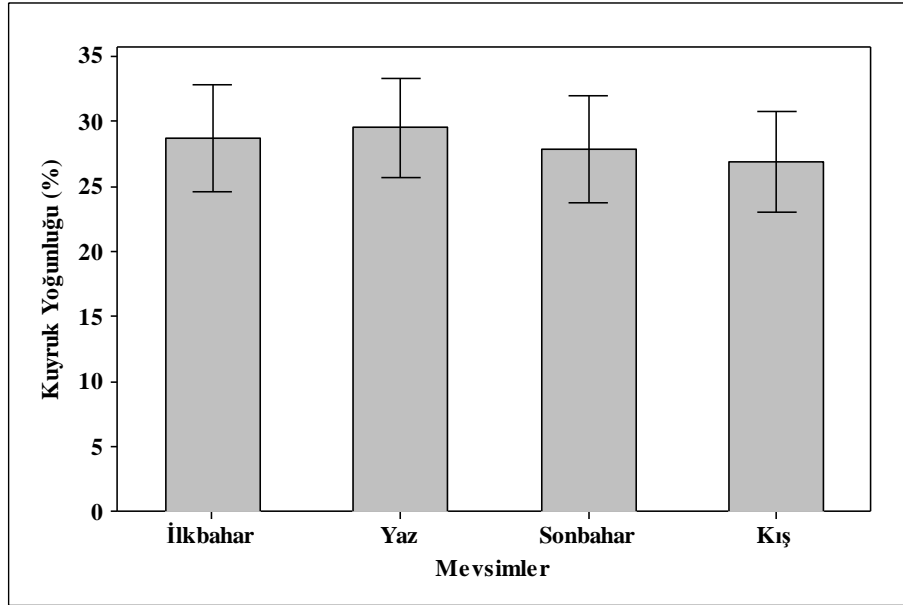
**Şekil 4.6.8** Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk boyu ( $\mu\text{m}$ ) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



**Şekil 4.6.9** Nehir ağzı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk boyu ( $\mu\text{m}$ ) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri

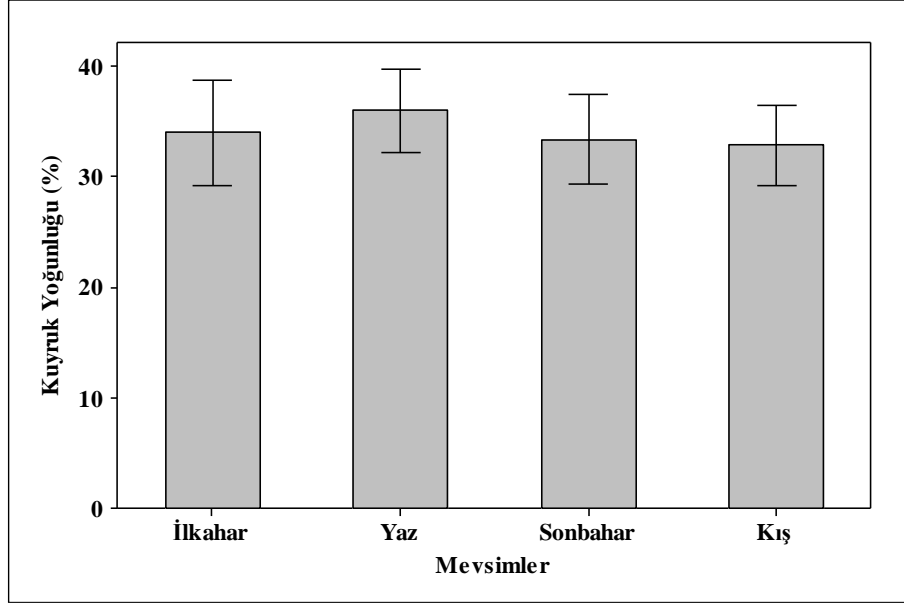


**Şekil 4.6.10** Mahmutiye istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri

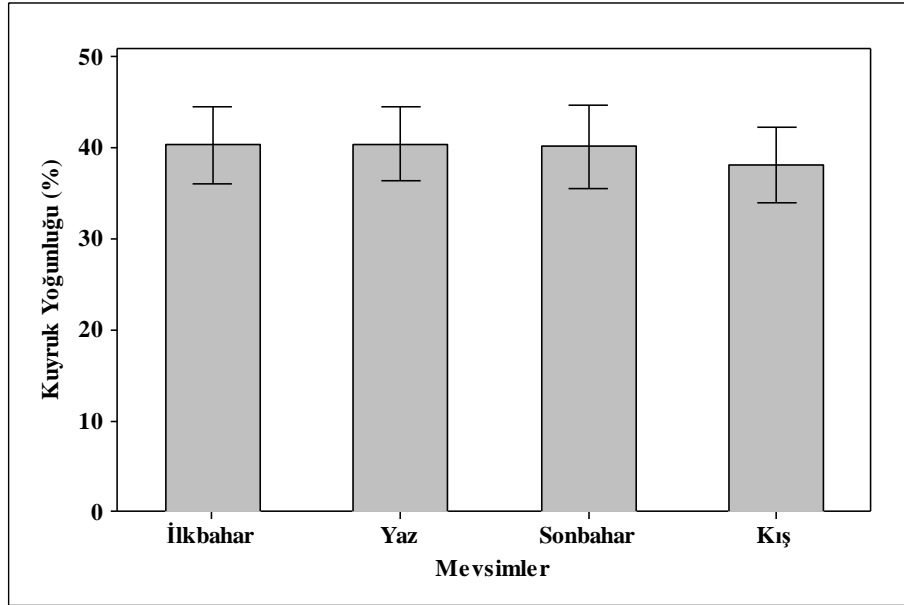


**Şekil 4.6.11** Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri

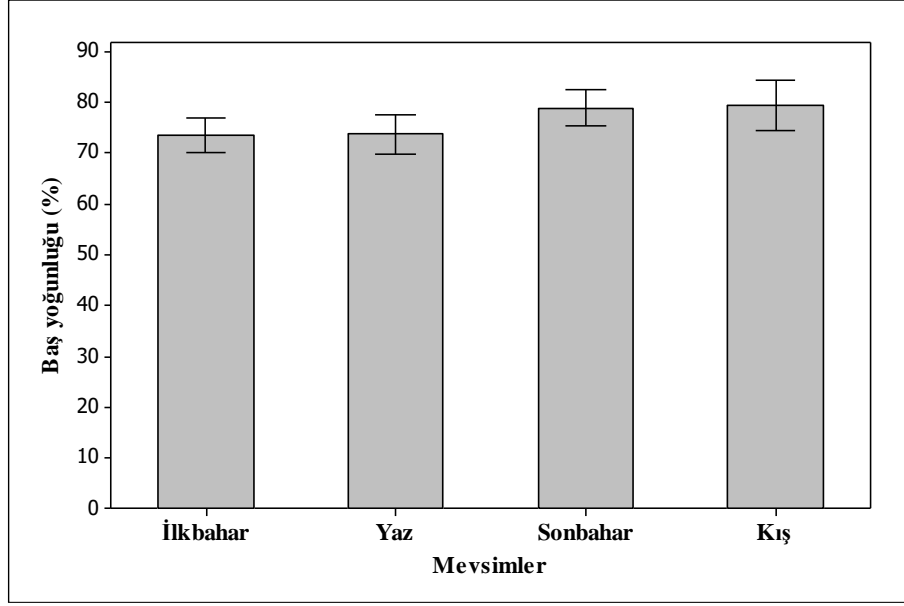




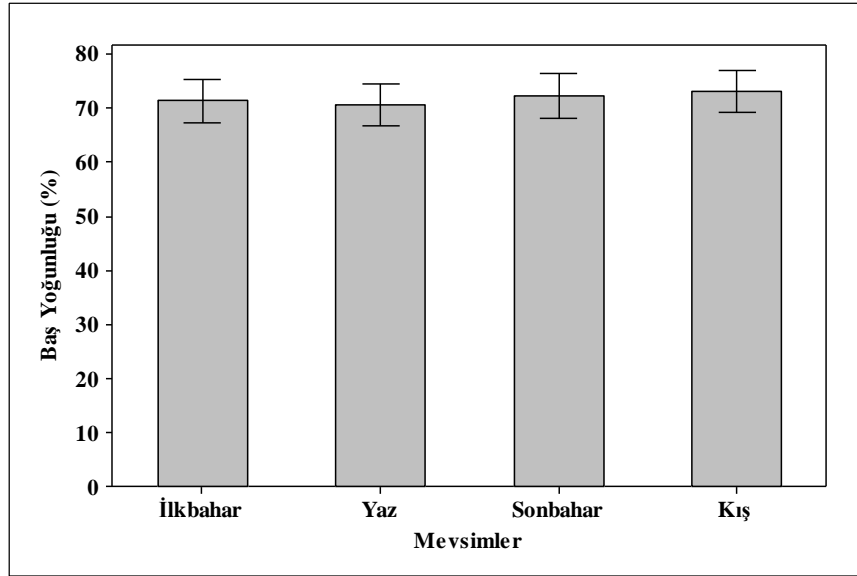
**Şekil 4.6.12** Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



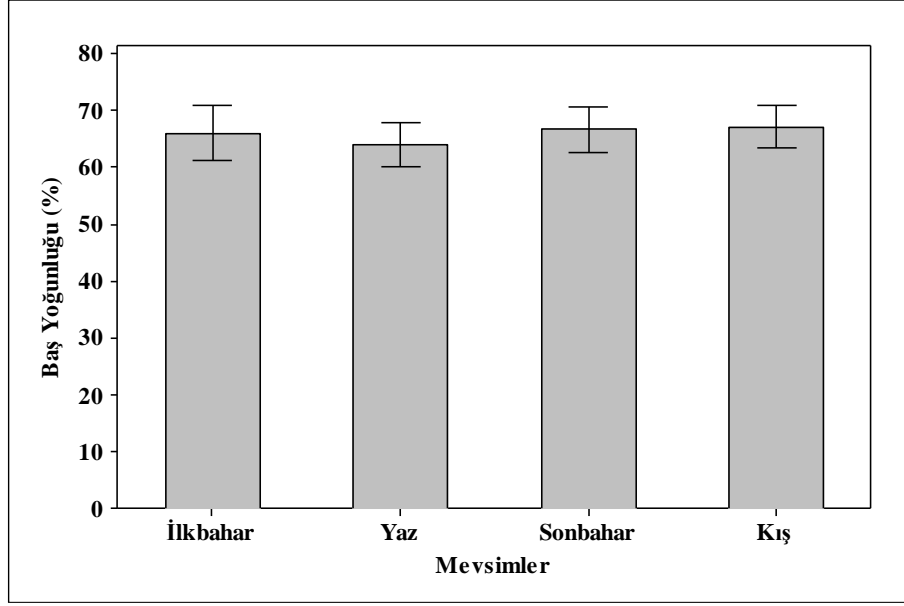
**Şekil 4.6.13** Nehir ağızı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



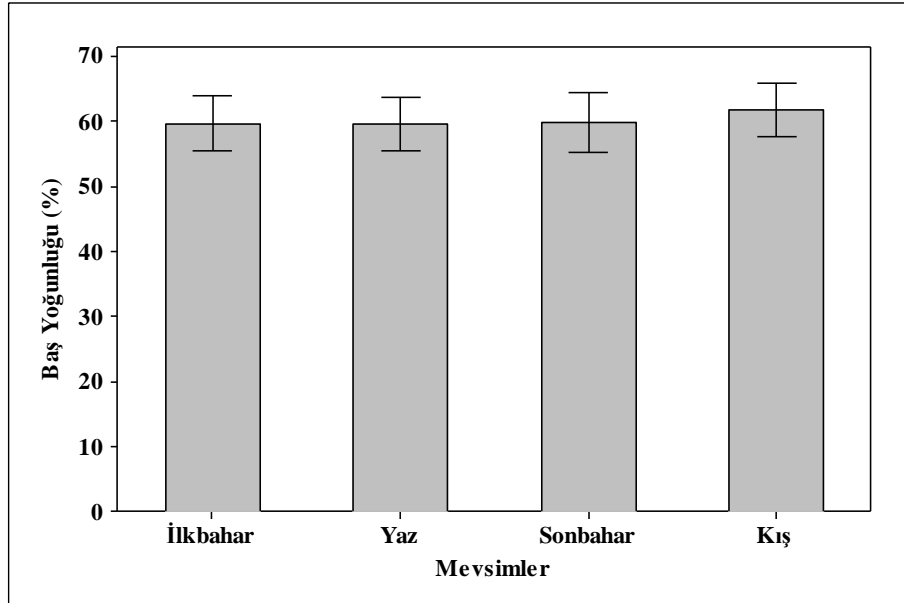
**Şekil 4.6.14** Mahmutiye istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baş yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



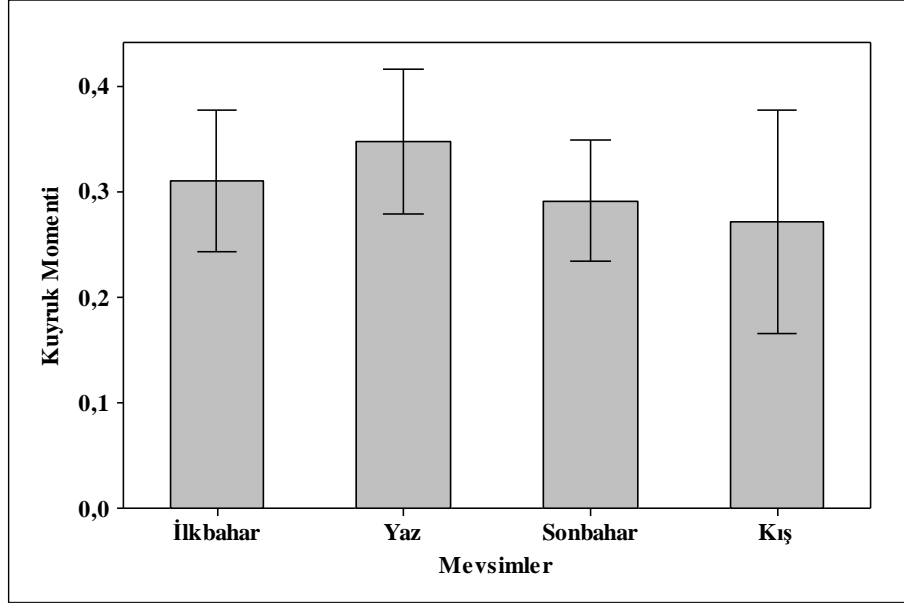
**Şekil 4.6.15** Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baş yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



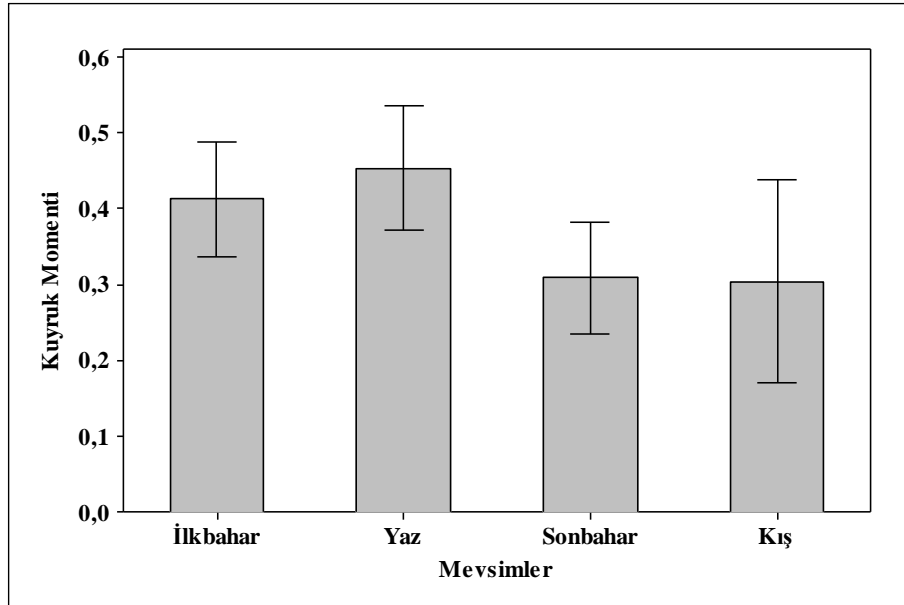
**Şekil 4.6.16** Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baş yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



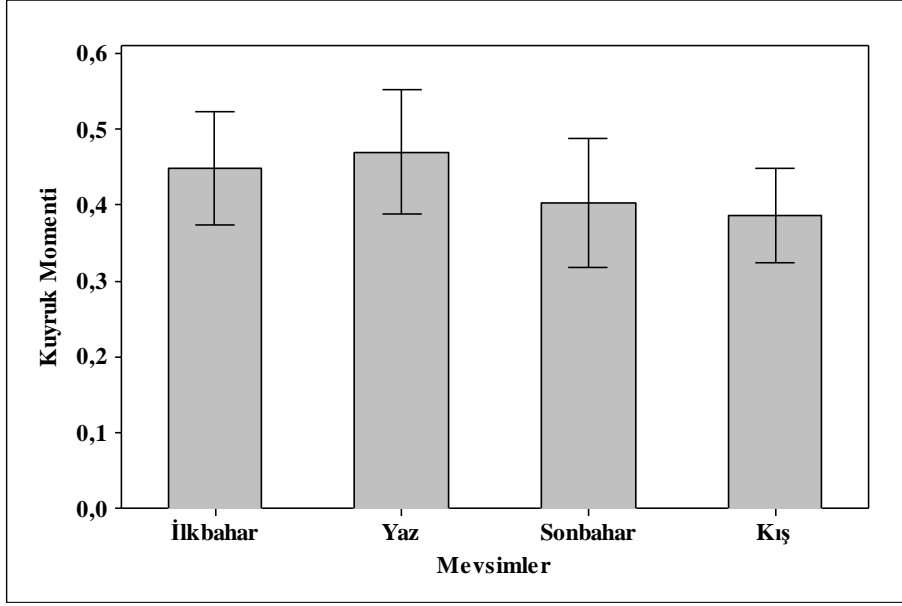
**Şekil 4.6.17** Nehir ağızı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baş yoğunluğu (%) parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



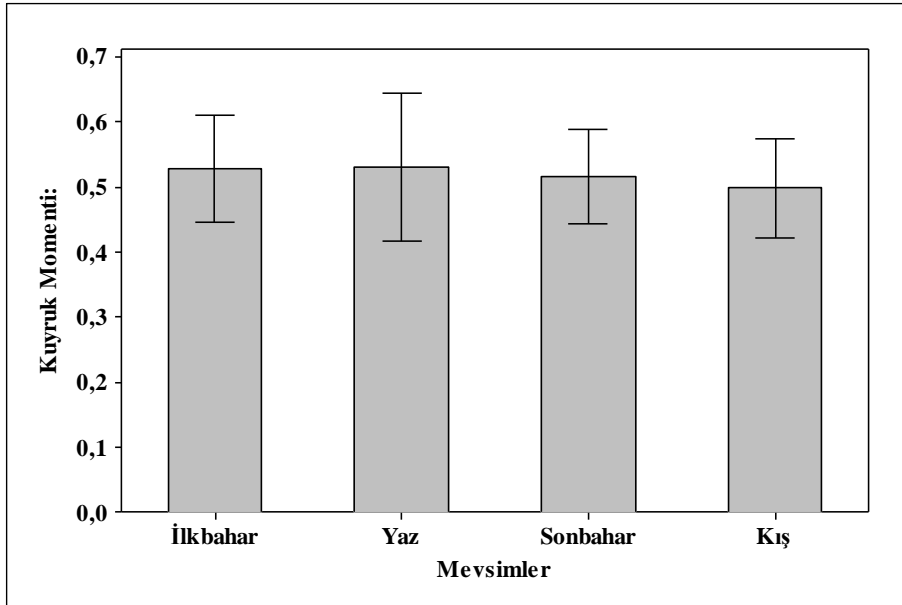
Şekil 4.6.18 Mahmutiye istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk momenti parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



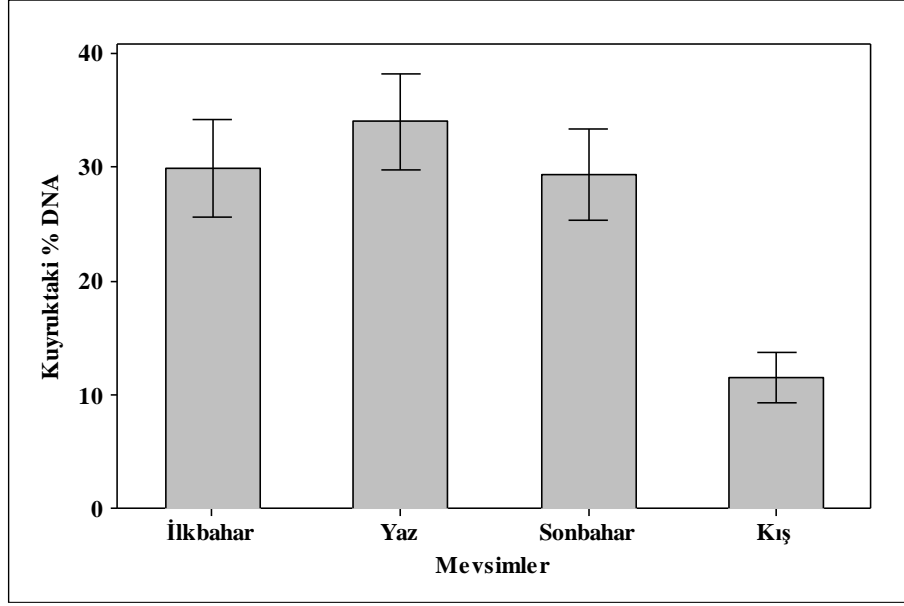
Şekil 4.6.19 Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk momenti parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



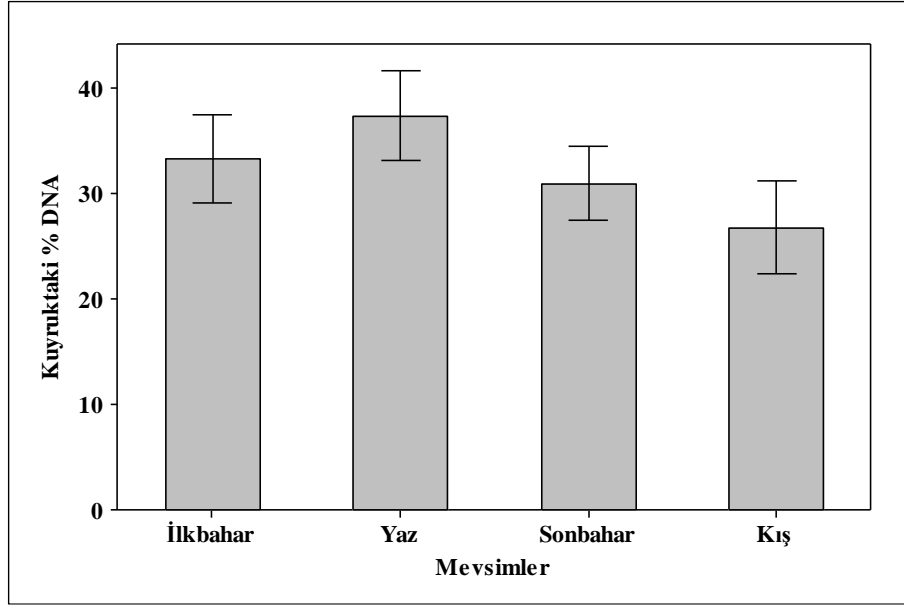
Şekil 4.6.20 Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk momenti parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



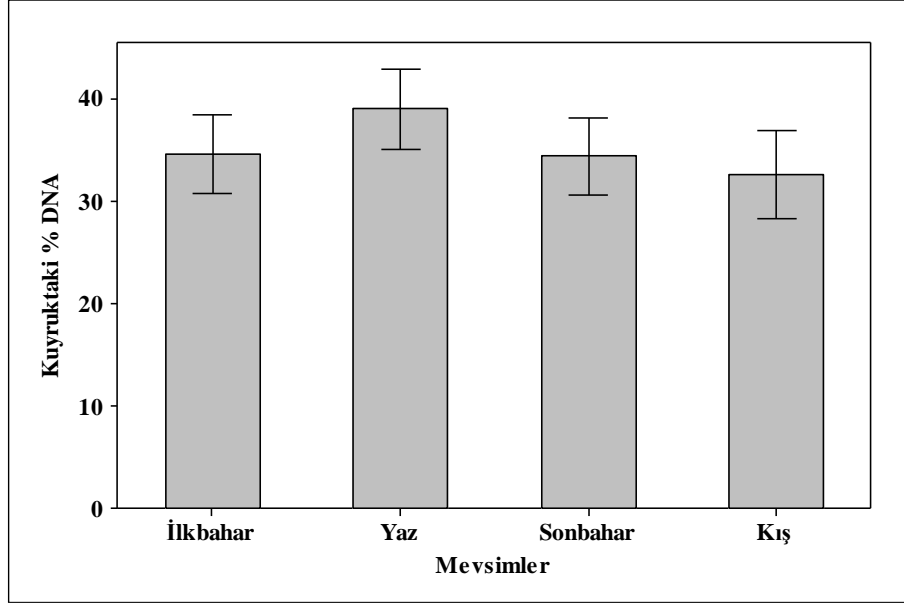
Şekil 4.6.21 Nehir ağzı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruk momenti parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



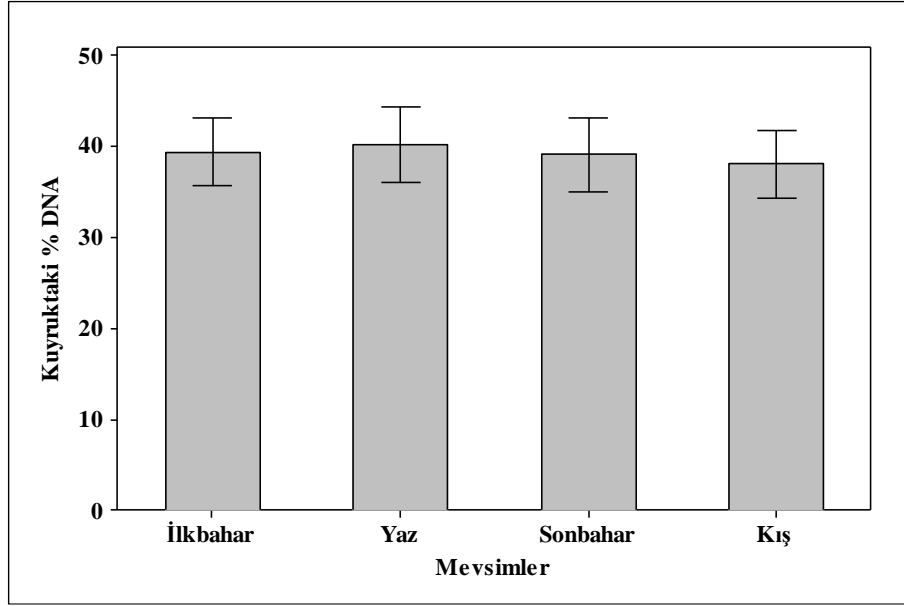
Şekil 4.6.22 Mahmutiye istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruktaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



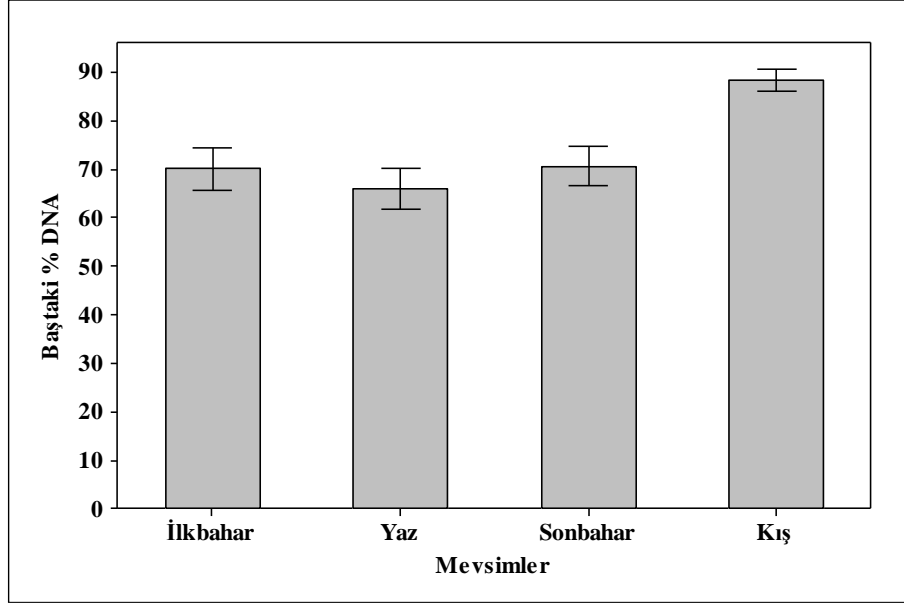
Şekil 4.6.23 Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruktaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



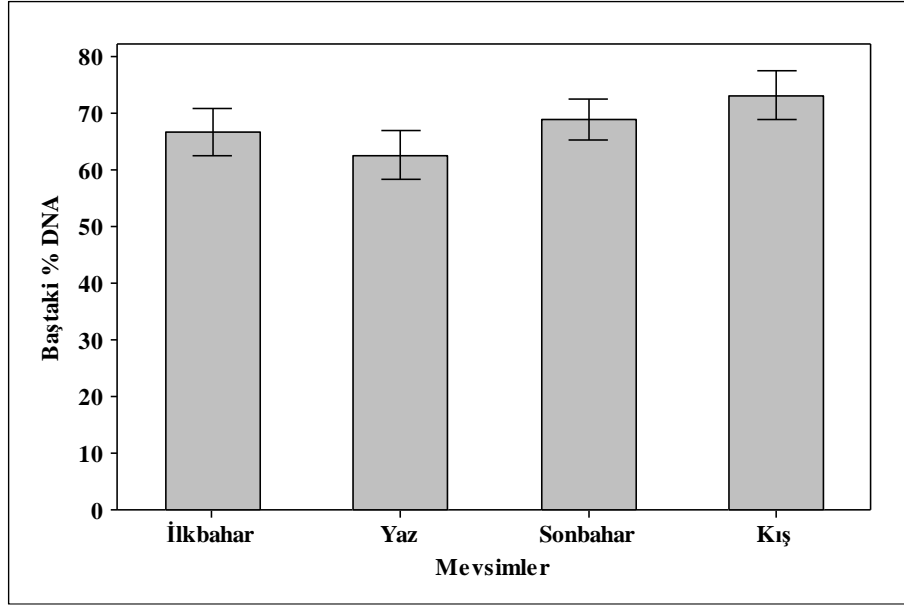
**Şekil 4.6.24** Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruktaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



**Şekil 4.6.25** Nehir ağızı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait kuyruktaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri

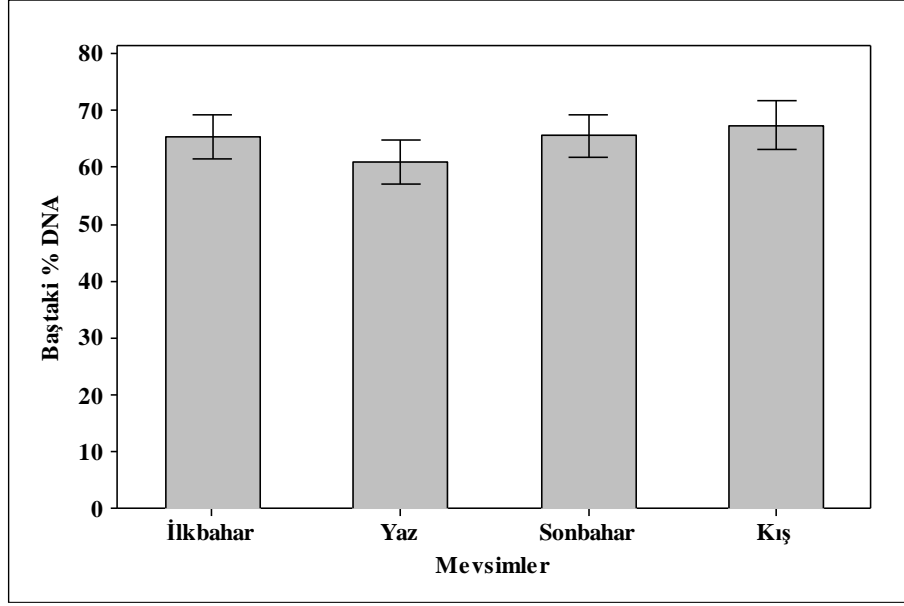


Şekil 4.6.26 Mahmutiye istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baştaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri

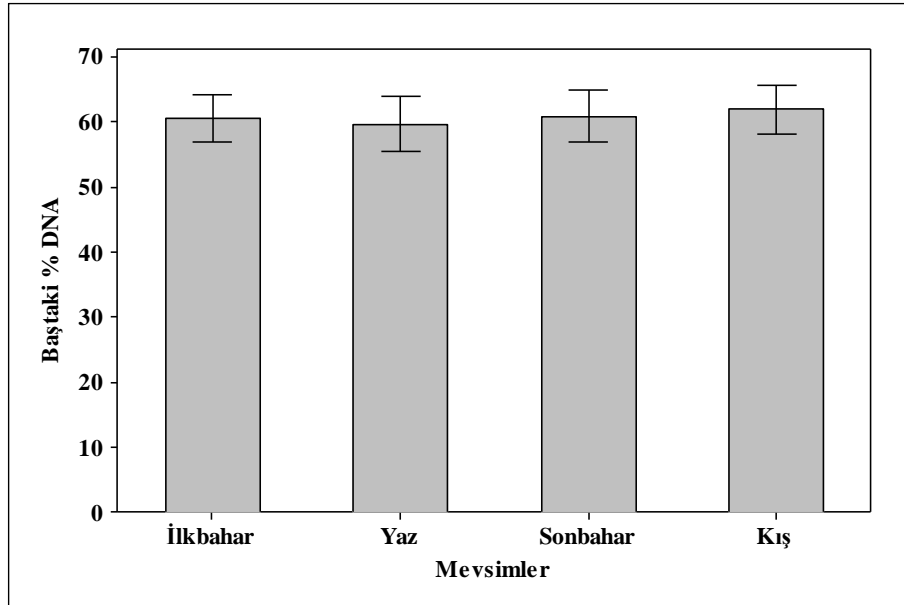


Şekil 4.6.27 Kıranyağmur istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baştaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri





**Şekil 4.6.28** Kocaali istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baştaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri



**Şekil 4.6.29** Nehir ağzı istasyonundan mevsimlere göre örneklenen bireylere ait baştaki % DNA parametresinin ortalama ve standart sapma değerleri

Melet Irmağı istasyonlarında mevsimsel olarak değerlendirilen su, sediment ve balık bireyelerine ait doku örneklerinin element konsantrasyonları ile incelenen MN ve comet preparatlarından elde edilen mikronükleus frekansları ve comet parametreleri değerleri Çizelge 4.6.5-4.6.8’de özet bir tablo şeklinde verilmiştir. Buna göre yaz

mevsiminde Mahmudiye istasyonunda suda sınır değerlerin üzerinde tespit edilen As, *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda da limit değerin üzerindedir. Aynı şekilde sonbahar mevsiminde de As konsantrasyonu hem suda hem de balıkların kas dokusunda sınır değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. Aynı zamanda yaz mevsiminde demir ve sonbahar mevsiminde demir ve alüminyum suda belirtilen limit değerlerin üzerindedir. MN frekansı yaz mevsiminde sonbahar mevsimine göre daha yüksektir. İlkbahar (Fe, Al) ve kış (Fe) mevsimlerinde ise sınır değerlerin üzerinde tespit edilen elementler balıkların kas dokusunda, solungaç ve karaciğerlerinde birikim göstermiş ancak belirlenen limit değerleri aşmamıştır. MN sonuçları incelendiğinde, ilkbahar mevsiminde MN frekansı, sonbahar mevsiminde balıkların kas dokusunda yüksek değerdeki element birikimine rağmen, daha yüksek hesaplanmıştır. Kıranyağmur istasyonunda ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde As, yaz mevsiminde ise Al ve Fe suda ve kas dokuda limit değerlerin üzerindedir. Kocaali istasyonunda sonbahar mevsiminde As suda ve kas dokusunda, Pb sedimentte ve kas dokusunda limit değerleri aşmıştır. Kış mevsiminde ise, Zn hem suda, hem sedimentte, hem de kas dokusunda belirlenen limit değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde ise kas dokusunda limit değerleri geçen element bulunmamıştır. Her iki istasyonda da, yine en yüksek MN frekansı değerlerine sırasıyla yaz ve ilkbahar mevsimlerinde rastlanmıştır. En düşük MN frekansı değeri ise kış mevsiminde tespit edilmiştir. Nehir ağzı istasyonunda ise ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde As hem suda hem de kas dokusunda yüksektir. Ayrıca kış mevsiminde suda limit değerlerin üzerinde belirlenen Al, As ve Fe elementleri, kas dokusunda da sınır değerlerin üzerindedir.

Genel olarak nehirde, As, Al, Fe, Pb ve Zn elementlerinin su ve sedimentteki birikimine bağlı olarak balıkların kas dokusunda limit değerleri aştığı, solungaç ve karaciğerlerinde ise belli konsantrasyonlarda birikim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.5-4.6.8). MN frekansı değerlerine benzer şekilde, elementlerin etkisi altında, DNA kırıklarının oluşumuna bağlı olarak eritrosit hücrelerinde kuyruk oluşumları izlenmiştir. DNA hasarının miktarına bağlı olarak kuyruktaki DNA miktarı ve yoğunluğu değişmektedir. Bu da, hücrede oluşan kuyruğun uzunluğu, yoğunluğu, kuyruktaki % DNA miktarı ve kuyruk momenti değerleriyle ortaya konulmuştur. Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, MN frekansı sonuçlarına

benzer şekilde comet parametreleri de ağır metal varlığına veya yokluğuna bağlı olmaksızın ilkbahar ve yaz mevsimlerinde, sonbahar ve kış mevsimlerine göre daha yüksek değerlere sahiptir. Mahmudiye istasyonunda yaz mevsiminde As hem suda hem de kas dokusunda yüksek değerdedir. Eritrosit hücresindeki kuyruk boyu, kuyruktaki % DNA miktarı ve kuyruk momenti değerleri diğer mevsimlere göre daha yüksek hesaplanmıştır (Çizelge 4.6.5). Kıranyağmur istasyonunda ilkbahar mevsiminde As hem suda hem de balıkların kas dokularında limit değerlerin üzerindedir. Yaz mevsiminde ise hem Al hem de Fe su ve kas dokusunda sınır değerleri aşmıştır. Kuyruktaki % DNA miktarları incelendiğinde, iki elementin etkisi altındaki yaz mevsimi değerleri, ilkbahar mevsiminden yüksektir (Çizelge 4.6.6). Kocaali istasyonunda suda Fe, sedimentte ise Zn ve Cd limit değerlerin üzerindekiyken, balıkların doku ve organlarında birikim göstermiş ancak sınır değerleri aşmamıştır. Buna rağmen, hesaplanan kuyruk boyu, kuyruk yoğunluğu, kuyruktaki % DNA miktarı ve kuyruk momenti değerleri diğer mevsimlerden yüksektir (Çizelge 4.6.7). Nehir ağzı istasyonunda tüm mevsimlerde As elementi suda ve balıkların kas dokusunda varlığını göstermektedir. Kış mevsiminde ise As yanında Al ve Fe elementleri de hem suda hem balıkların kas dokusunda limit değerlerin üzerindedir. Üç farklı elementin etkisi altında comet parametrelerinin kış mevsimi değerleri incelendiğinde, kuyruk boyu, kuyruk yoğunluğu, kuyruktaki % DNA miktarı ve kuyruk momenti değerlerinin mevsimler arasında en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.6.8).

Ağır metal konsantrasyonlarının ilkbahar ve yaz mevsimlerinde limit değerleri aşmamalarına rağmen balıklarda MN frekansı değerlerinin yüksek bulunması veya daha fazla elementin etkisi altında olan mevsimlerde comet parametrelerinin daha düşük değerlere sahip olmasının sebeplerinden biri, su sıcaklığının ilkbahar ve yaz mevsimlerinde daha yüksek olması olabilir. Diğer bir neden ise, element kontaminasyonu yanında ırmağa çeşitli şekillerde karışan tarımsal (fındık bahçelerinde pestisit kullanımı) ve evsel atıklardır. Tüm bu sonuçlar, ırmağın evsel atıklar, taş ocağı faaliyetleri, maden ocaklarının varlığı ve havzada doğal olarak bulunan maden cevherlerinin varlığına bağlı olarak taşıdığı metal yüküne bağlı bir genotoksik potansiyele sahip olmadığını göstermektedir. Sudaki fiziko-kimyasal değerlerin de değişmesinde aktif rolü olan ve yoğun fındık tarımının yapıldığı

bölgede kullanılan pestisitlerin çeşitli nedenlerle suya karışması neticesinde, suyun genotoksik potansiyelini arttırdığı da aşıkardır.

**Çizelge 4.6.5** Mahmudiye istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (\*sınır değerlerin üzerinde)

Element	Mevsim	Su Sonuçları (µg/L)	Sediment Sonuçları (µg/g)	Doku	Doku Sonuçları (mg/kg)	Eritrositlerdeki Mn Frekans (%)	Comet Parametreleri	Comet Sonuçları
Al Fe	İlkbahar	<b>52.008*</b> <b>312.773*</b>	4093.95 10653.7	Karaciğer	15.80 ± 5.300 195.00 ± 73.400	2.10 ± 0.579	Kuyruk Boyu (µm)	21.03 ± 1.19
				Solungaç	2.88 ± 0.474 155.60 ± 42.900		% Kuyruk Yoğunluğu	26.63 ± 1.78
					Kas		1.75 ± 0.180 28.11 ± 1.830	% Baş Yoğunluğu
				Kuyruktaki % DNA			29.91 ± 2.17	
				Baştaki % DNA			70.09 ± 2.17	
				Kuyruk Momenti			0.310 ± 0.034	
As Fe	Yaz	<b>22.223*</b> <b>253.661*</b>	7.0 12230.09	Karaciğer	1.66 ± 0.514 163.20 ± 54.100	2.20 ± 0.682	Kuyruk Boyu (µm)	21.40 ± 1.07
				Solungaç	0.79 ± 0.163 99.50 ± 40.500		% Kuyruk Yoğunluğu	26.34 ± 2.13
					Kas		<b>0.47*</b> ± 0.117 39.90 ± 17.700	% Baş Yoğunluğu
				Kuyruktaki % DNA			34.04 ± 2.16	
				Baştaki % DNA			65.96 ± 2.16	
				Kuyruk Momenti			0.347 ± 0.035	
Al As Fe	Sonbahar	<b>28.768*</b> <b>27.230*</b> <b>210.037*</b>	4500.66 5.63 12417.23	Karaciğer	6.01 ± 1.410 2.08 ± 0.457 519.00 ± 314.00	1.60 ± 0.660	Kuyruk Boyu (µm)	20.47 ± 1.30
				Solungaç	16.60 ± 9.780 2.32 ± 0.526 248.80 ± 82.200		% Kuyruk Yoğunluğu	21.23 ± 1.96
					Kas		8.82 ± 5.630 <b>1.32*</b> ± 0.386 74.60 ± 42.900	% Baş Yoğunluğu
				Kuyruktaki % DNA			29.40 ± 2.01	
				Baştaki % DNA			70.60 ± 2.01	
				Kuyruk Momenti			0.291 ± 0.029	
Fe	Kış	<b>268.130*</b>	12031.46	Karaciğer	193.90 ± 14.60	0.40 ± 0.292	Kuyruk Boyu (µm)	9.02 ± 1.65
				Solungaç	218.30 ± 14.90		% Kuyruk Yoğunluğu	20.73 ± 2.63
					Kas		70.40 ± 22.80	% Baş Yoğunluğu
				Kuyruktaki % DNA			11.51 ± 1.51	
				Baştaki % DNA			88.49 ± 1.51	
				Kuyruk Momenti			0.271 ± 0.053	

**Çizelge 4.6.6** Kıranyağmur istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (\*sınır değerlerin üzerinde)

Element	Mevsim	Su Sonuçları (µg/L)	Sediment Sonuçları (µg/g)	Doku	Doku Sonuçları (mg/kg)	Eritrositlerdeki Mn Frekansı (%)	Comet Parametreleri	Comet Sonuçları
As Fe	İlkbahar	20.945* 135.870*	4.35 15888.82	Karaciğer	8.22 ± 3.35 480.00 ± 167.00	1.80 ± 0.515	Kuyruk Boyu (µm)	25.12 ± 1.25
				Solungaç	0.13 ± 0.047 1.15 ± 5.450		% Kuyruk Yoğunluğu	28.78 ± 2.13
				Kas	0.45* ± 0.187 36.80 ± 16.100		% Baş Yoğunluğu	71.22 ± 2.13
Al Fe	Yaz	30.185* 239.571*	3575.90 14360.87	Karaciğer	34.70 ± 11.200 455.00 ± 160.00	5.20 ± 1.470	Kuyruktaki % DNA	33.31 ± 2.15
				Solungaç	7.07 ± 3.130 89.10 ± 20.500		Baştaki % DNA	66.69 ± 2.15
				Kas	15.88* ± 9.690 186.00* ± 46.400		Kuyruk Momenti	0.412 ± 0.039
Al As Fe	Sonbahar	49.967* 20.398* 240.647*	3848.86 5.13 15086.44	Karaciğer	5.55 ± 9.360 1.87 ± 0.759 33.60 ± 78.300	1.40 ± 0.292	Kuyruk Boyu (µm)	22.16 ± 1.13
				Solungaç	12.01 ± 2.120 0.71 ± 0.231 96.90 ± 25.300		% Kuyruk Yoğunluğu	27.89 ± 2.16
				Kas	11.20 ± 11.100 0.44* ± 0.351 54.00 ± 56.300		% Baş Yoğunluğu	72.11 ± 2.16
							Kuyruktaki % DNA	31.01 ± 1.82
							Baştaki % DNA	68.99 ± 1.82
							Kuyruk Momenti	0.308 ± 0.037

**Çizelge 4.6.6** Kıranyağmur istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (\*sınır değerlerin üzerinde) (devamı)

Element	Mevsim	Su Sonuçları (µg/L)	Sediment Sonuçları (µg/g)	Doku	Doku Sonuçları (mg/kg)	Eritrositlerdeki Mn Frekansı (‰)	Comet Parametreleri	Comet Sonuçları
Al As Fe	Kış	240.322* 20.035* 280.582*	4359.77 4.35 25301.72	Karaciğer	80.80 ± 74.300	1.10 ± 0.332	Kuyruk Boyu (µm)	17.78 ± 0.98
					9.15 ± 8.540		% Kuyruk Yoğunluğu	26.99 ± 2.02
					742.00 ± 746.000		% Baş Yoğunluğu	73.01 ± 2.02
				Solungaç	L.D.A.		Kuyruktaki % DNA	26.80 ± 2.22
					0.04 ± 0.003		Baştaki % DNA	73.20 ± 2.22
					L.D.A.		Kuyruk Momenti	0.304 ± 0.068
Kas	0.26 ± 0.491							
	0.07 ± 0.042							
					131.00 ± 135.000			

**Çizelge 4.6.7** Kocaali istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (\*sınır değerlerin üzerinde)

Element	Mevsim	Su Sonuçları (µg/L)	Sediment Sonuçları (µg/g)	Doku	Doku Sonuçları (mg/kg)	Eritrositlerdeki Mn Frekansı (%)	Comet Parametreleri	Comet Sonuçları
<b>Fe</b>	İlkbahar	<b>209.022*</b>	9257.03	Karaciğer	273.40 ± 9.340	5.10 ± 1.300	Kuyruk Boyu (µm)	26.95 ± 1.20
				Solungaç	574.00 ± 414.00		% Kuyruk Yoğunluğu	33.98 ± 2.77
							% Baş Yoğunluğu	66.02 ± 2.77
							% DNA <sub>T</sub>	34.65 ± 2.16
							% DNA <sub>H</sub>	65.35 ± 2.16
				Kas	45.20 ± 10.500		Kuyruk Momenti	0.449 ± 0.041
<b>Zn</b> <b>Fe</b> <b>Cd</b>	Yaz	8.876 <b>246.730*</b> L.D.A	<b>99.38*</b> 11711.03 <b>0.46*</b>	Karaciğer	183.70 ± 84.100 597.00 ± 177.000 0.32 ± 0.252	5.40 ± 0.927	Kuyruk Boyu (µm)	27.75 ± 1.10
				Solungaç	375.00 ± 161.000 0.20 ± 0.076		% Kuyruk Yoğunluğu	35.99 ± 2.16
							% Baş Yoğunluğu	64.01 ± 2.16
							Kuyruktaki % DNA	39.02 ± 2.19
							Baştaki % DNA	60.98 ± 2.19
				Kas	11.51 ± 1.210 49.83 ± 9.790 E.M.		Kuyruk Momenti	0.470 ± 0.045



**Çizelge 4.6.7** Kocaali istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (\*sınır değerlerin üzerinde) (devamı)

Element	Mevsim	Su Sonuçları (µg/L)	Sediment Sonuçları (µg/g)	Doku	Doku Sonuçları (mg/kg)	Eritrositlerdeki Mn Frekansı (%)	Comet Parametreleri	Comet Sonuçları
Al Fe As Cd Pb	Sonbahar	87.423* 451.372* 26.908* L.D.A L.D.A	4086.40 10671.16 6.10 0.47* 22.46*	Karaciğer	30.99 ± 6.960	3.30 ± 1.390	Kuyruk Boyu (µm)	24.81 ± 1.45
					602.00 ± 133.000		% Kuyruk Yoğunluğu	33.36 ± 2.30
					4.23 ± 0.610			
					0.21 ± 0.014			
					1.11 ± 0.228			
				Solungaç	15.38 ± 1.050	3.30 ± 1.390	% Baş Yoğunluğu	66.64 ± 2.30
					190.90 ± 11.100			
					0.66 ± 0.027		Kuyruktaki % DNA	34.44 ± 2.08
					0.01 ± 0.006			
					2.02 ± 0.385			
3.32 ± 1.120								
Kas	46.30 ± 16.000	3.30 ± 1.390	Baştaki % DNA	65.56 ± 2.08				
	0.30* ± 0.003							
	E.M.		Kuyruk Momenti	0.403 ± 0.045				
	0.45* ± 0.175							

**Çizelge 4.6.7** Kocaali istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (\*sınır değerlerin üzerinde) (devamı)

Element	Mevsim	Su Sonuçları (µg/L)	Sediment Sonuçları (µg/g)	Doku	Doku Sonuçları (mg/kg)	Eritrositlerdeki Mn Frekans (%)	Comet Parametreleri	Comet Sonuçları
Al Fe Zn Cu Cd Pb	Kış	<b>168.815*</b> <b>371.016*</b> <b>255.580*</b> <b>14.538*</b> <b>1.316*</b> L.D.A	4026.60 12184.78 <b>105.80*</b> 20.19 <b>0.52*</b> <b>22.06*</b>	Karaciğer	25.07 ± 3.170	0.80 ± 0.339	Kuyruk Boyu (µm)	24.41 ± 1.12
					325.52 ± 8.080		% Kuyruk Yoğunluğu	32.85 ± 2.23
					70.20 ± 48.500			
					6.93 ± 1.360			
					0.63 ± 0.063			
					1.94 ± 0.137			
				Solungaç	14.71 ± 5.490	% Baş Yoğunluğu	67.15 ± 2.23	
					186.80 ± 52.300	Kuyruktaki % DNA	32.56 ± 2.29	
					31.63 ± 9.680			
					1.23 ± 0.504			
					0.05 ± 0.012			
					2.30 ± 0.842			
Kas	6.59 ± 3.500	Baştaki % DNA	67.44 ± 2.29					
	47.22 ± 6.630	Kuyruk Momenti	0.387 ± 0.034					
	<b>47.44*</b> ± 7.150							
	0.63 ± 0.060							
	0.01 ± 0.002							
	<b>0.51*</b> ± 0.005							

**Çizelge 4.6.8** Nehir ağızı istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (\*sınır değerlerin üzerinde)

Element	Mevsim	Su Sonuçları (µg/L)	Sediment Sonuçları (µg/g)	Doku	Doku Sonuçları (mg/kg)	Eritrositlerdeki Mn Frekans (%)	Comet Parametreleri	Comet Sonuçları
As Fe	İlkbahar	<b>23.062*</b> <b>176.409*</b>	5.55 11273.55	Karaciğer	1.43 ± 0.324 254.60 ± 44.800	6.10 ± 1.540	Kuyruk Boyu (µm)	28.97 ± 1.24
				Solungaç	0.57 ± 0.145 93.80 ± 22.500		% Kuyruk Yoğunluğu	40.27 ± 2.51
					Kas		<b>0.42*</b> ± 0.055 44.16 ± 4.830	% Baş Yoğunluğu
				% DNA <sub>T</sub>			39.33 ± 2.04	
				% DNA <sub>H</sub>			60.67 ± 2.04	
				Kuyruk Momenti	0.528 ± 0.045			
Al As Fe	Yaz	<b>34.864*</b> <b>20.951*</b> <b>252.623*</b>	4743.83 6.27 11121.13	Karaciğer	27.90 ± 15.100 5.05 ± 2.140 331.00 ± 119.000	9.60 ± 2.030	Kuyruk Boyu (µm)	29.11 ± 1.35
				Solungaç	22.69 ± 4.400 0.95 ± 0.163 265.60 ± 26.500		% Kuyruk Yoğunluğu	40.42 ± 2.32
					Kas		1.87 ± 0.358 <b>0.44*</b> ± 0.038 20.00 ± 3.440	% Baş Yoğunluğu
				Kuyruktaki % DNA			40.22 ± 2.09	
				Baştaki % DNA			59.78 ± 2.09	
				Kuyruk Momenti	0.531 ± 0.057			

**Çizelge 4.6.8** Nehir ağzı istasyonunun parametrelerine ait sonuçlar (\*sınır değerlerin üzerinde) (devamı)

Element	Mevsim	Su Sonuçları (µg/L)	Sediment Sonuçları (µg/g)	Doku	Doku Sonuçları (mg/kg)	Eritrositlerdeki Mn Frekans (%)	Comet Parametreleri	Comet Sonuçları
As Al Fe Cu Cd	Sonbahar	37.140* 1332.788* 3091.842* 5.868* L.D.A.	4.85 4032.67 14202.21 24.92 0.31*	Karaciğer	3.24 ± 0.249	2.80 ± 0.700	Kuyruk Boyu (µm)	28.68 ± 1.36
					31.60 ± 10.200		% Kuyruk Yoğunluğu	40.11 ± 2.66
					426.20 ± 90.100		% Baş Yoğunluğu	59.89 ± 2.66
					7.75 ± 0.877		Kuyruktaki % DNA	39.06 ± 2.21
					0.16 ± 0.017		Baştaki % DNA	60.94 ± 2.21
				0.81 ± 0.200	Kas		Kuyruk Momenti	0.516 ± 0.040
				6.80 ± 2.070			Kuyruk Boyu (µm)	28.35 ± 1.09
				125.20 ± 14.700			% Kuyruk Yoğunluğu	38.05 ± 2.41
				0.93 ± 0.323			% Baş Yoğunluğu	61.95 ± 2.41
				0.03 ± 0.029			Kuyruktaki % DNA	38.01 ± 2.05
0.34* ± 0.068	Kas	Baştaki % DNA	61.99 ± 2.05					
5.63 ± 2.940		Kuyruk Momenti	0.498 ± 0.041					
78.00 ± 31.200		Kuyruk Boyu (µm)	28.35 ± 1.09					
0.62 ± 0.155		% Kuyruk Yoğunluğu	38.05 ± 2.41					
E.M.		% Baş Yoğunluğu	61.95 ± 2.41					
Al As Fe Cu	Kış	169.728* 20.664* 340.470* 3.960*	4380.96 5.64 10374.33 16.22	Karaciğer	8.27 ± 1.260	1.90 ± 0,781	Kuyruk Boyu (µm)	28.35 ± 1.09
					1.07 ± 0.360		% Kuyruk Yoğunluğu	38.05 ± 2.41
					150.20 ± 19.50		% Baş Yoğunluğu	61.95 ± 2.41
					5.82 ± 2.460		Kuyruktaki % DNA	38.01 ± 2.05
					5.89 ± 2.830		Baştaki % DNA	61.99 ± 2.05
				0.40 ± 0.019	Kas		Kuyruk Momenti	0.498 ± 0.041
				98.69 ± 6.530			Kuyruk Boyu (µm)	28.35 ± 1.09
				0.39 ± 0.032			% Kuyruk Yoğunluğu	38.05 ± 2.41
				18.50* ± 12.600			% Baş Yoğunluğu	61.95 ± 2.41
				0.40* ± 0.021			Kuyruktaki % DNA	38.01 ± 2.05
159.60* ± 44.500	Kas	Baştaki % DNA	61.99 ± 2.05					
0.68 ± 0.203		Kuyruk Momenti	0.498 ± 0.041					
		Kuyruk Boyu (µm)	28.35 ± 1.09					
		% Kuyruk Yoğunluğu	38.05 ± 2.41					
		% Baş Yoğunluğu	61.95 ± 2.41					

## 5. TARTIŞMA

Günümüzde, dünyada ve Türkiye’de birçok su kaynağı maruz kaldığı endüstriyel, tarımsal ve insan kaynaklı ağır metal ve metaloid kontaminasyonu tehlikesiyle karşı karşıyadır. Sucul ortamın doğal dengesinin bozulması neticesinde, canlıların yaşamsal faaliyetleri olumsuz yönde etkilenmekte ve bu durum yapılan çalışmalarda görülmektedir. Araştırma kapsamında incelenen Melet Irmağı’nda da metal kontaminasyonu varlığını hem suda hem de sedimentte göstermiştir. Ayrıca, balık dokularında da belirli düzeylerde tespit edilen element birikimleri ve bunun balıklar üzerinde oluşturduğu genotoksik etkiler de ortaya konmuştur.

Akuatik ortamlarda ortaya çıkan metal kontaminasyonu, bazı bölgelerde canlılar için tehlikeli boyutlara ulaştığında, sucul sistemin kendi kendini temizleme kapasitesi üzerinde de olumsuz etkiler oluşturmakta ve dengeyi bozmaktadır. Bu nedenle, sucul ortamlarda meydana gelen etkinin tespit edilmesi bakımından balıklar gibi sucul organizmalardan faydalanılmaktadır.

Yapılan bu çalışmada, Melet Irmağı’ndaki bazı elementlerin varlığı araştırılarak, bu durumun burada yaşayan bazı balık türleri için genotoksik etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Belirlenen dört istasyondan (Mahmudiye, Kıranyağmur, Kocaali ve Nehir ağzı) yakalanan balıkların eritrositlerinde mikronükleus oluşumları tespit edilmiştir. Ayrıca, comet analiziyle balıkların kan dokusundan faydalanılarak, çekirdekdeki DNA zincirinde meydana gelen kırılmaların da olduğu belirlenmiştir. Mikronükleus oluşumları ve DNA zincir kırıklarının izlenmesi ve değerlendirilmesi aşamasında, balık türlerinin içinde yaşadığı istasyonlara ait su ve sediment numuneleri ile balıkların karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki element birikimleri de analiz edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, nehrin yukarısında bulunan Mahmudiye istasyonundan nehrin denize döküldüğü kısmında yer alan Nehir ağzı istasyonuna doğru balık örneklerinde belirlenen MN frekansı ve comet oluşumlarında genel olarak artış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, dört mevsim için de incelenen MN frekansında mevsimsel farklılıklar olduğu belirlenmiş, istasyonların tamamında en yüksek MN frekansı yaz mevsiminde, en düşük MN frekansı ise kış mevsiminde gözlemlenmiştir. Comet parametrelerinde de aynı durum söz konusudur. DNA’da saptanan kırıklar comet oluşumlarıyla gözlemlenmiş,

Mahmudiye istasyonundan Nehir ağız istasyonuna doğru comet parametrelerinin değerlerinde ağır metal kontaminasyonlarına bağlı artışlar izlenmiştir.

### 5.1 İstasyonlardaki Su Örneklerinin Fiziko-Kimyasal Parametreleri

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, Melet Irmağı'nın fiziko-kimyasal parametrelerini belirlemek üzere yapılan çalışmaların genel itibariyle daha çok aşağı havzada gerçekleştirilmiş olduğu görülmektedir. Irmağın aşağı havzasında yapılmış çalışmalarda tespit edilen sıcaklık ve pH değerleri incelenecek olursa, aşağı Melet Irmağı sıcaklık değerlerinin 8.30-29.9 °C ve pH'ın 8.25-8.74 aralığında olduğunu tespit edilmiştir (Turan ve ark., 2008). Candan ve Taş, (2014) belirledikleri dört istasyonda ölçülen sıcaklık (21.9-26.7) ve pH (7.77-9.21) değerlerinin, birinci istasyondan dördüncü istasyona doğru artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Özoktay, (2015)'ın Melet Irmağı'nın aşağı havzasında belirlediği ortalama sıcaklık değerleri ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 19.5 °C, 25.2 °C, 18.7 °C ve 12.2 °C şeklinde ölçülmüştür. pH değerleri ise mevsimsel olarak sırasıyla 7.60, 7.15, 6.92 ve 7.56 olarak belirlenmiştir. Taş ve ark., (2015) aşağı Melet Irmağı'nda sıcaklık değerlerinin 13.9 ve 31.2 °C arasında, pH'ın ise 6.50-8.52 aralığında değiştiğini belirtmiştir. Ustaoglu ve ark., (2017) aşağı Melet Irmağı'nda aylık olarak aldıkları sıcaklık değerlerinin 4.6-27.2 °C arasında ve yıllık ortalama sıcaklığın 14 °C olduğunu bildirmişlerdir. pH değerleri ise 6.93-8.8 arasında değişirken, yıllık ortalama değeri 7.96'dır. Çalışma alanının aşağı havzasında kalan kısmı olan Kıranyağmur, Kocaali ve nehir ağız istasyonlarına ait sıcaklık ve pH değerleri incelenecek olursa, Aşağı Melet Irmağı'nda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde Kıranyağmur istasyonunda sıcaklık değerleri 10.6 °C, 23.6 °C, 12.8 °C, 9.7 °C ve pH değerleri 7.95, 8.17, 7.95 ve 8.65 (Çizelge 4.1.4); Kocaali istasyonunda sıcaklık değerleri 12.0, 27.1, 12.9, 10.0 °C ve pH değerleri 7.93, 7.99, 8.10, 8.20 (Çizelge 4.1.5); nehir ağız istasyonundan ölçülen sıcaklık değerleri sırasıyla 10.4, 26.4 °C, 11.3 °C ve 7.2 °C ve pH değerleri 7.45, 7.84, 7.92, 7.95 (Çizelge 4.1.6) şeklinde tespit edilmiştir. Candan, (2010) gerçekleştirmiş olduğu çalışmasında, Mahmudiye'ye yakın bir istasyon olan Mesudiye istasyonunda Temmuz ayında sıcaklık değerini 25.4 °C, pH'ı 9.25 olarak tespit etmiştir. Mahmudiye istasyonu sıcaklık değerlerinin bu çalışmada 5.0 - 28.3 °C aralığında değişmekte olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1.3). Yine aynı şekilde, Kocaali

istasyonuna yakın bir istasyon olan Bayadı Köyü'nden aldıkları su örneklerinin Temmuz ayı sıcaklık değerini 26.7 °C ve pH değerini 9.21 olarak ölçmüştür. Kocaali istasyonunda sıcaklık yaz mevsiminde 27.1 °C ve pH değeri 7.99 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1.5). Sonuçlar incelendiğinde, bu çalışmada sıcaklık değerinin daha yüksek ve pH değerinin daha düşük olduğu ancak genel olarak yapılan diğer çalışmalarla benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Mevsimsel olarak düşünüldüğünde su sıcaklığının en yüksek olduğu mevsimler yaz ve ilkbahardır. Çeşitli elementler bakımından doğal bir rezerv durumundaki Melet Irmağı'nın belirlenen istasyonlarındaki pH ve sıcaklık değişimleri, sucul ortamdaki metaloid ve ağır metallerin organizmalar üzerindeki toksisitesini ve birikimini arttırmaktadır (Rai ve ark., 2008; Uruç ve ark., 2008). Bu çalışmada, yaz ve ilkbahar mevsimlerinde örneklenen *C. banarescui*, *V. vimba* ve *A. chalcoides* türlerine ait bireylerde MN testi (Çizelge 4.5.1) ve comet analizi (Çizelge 4.6.1-4.6.4) ile belirlenen genotoksik etkiler bunu kanıtlar niteliktedir.

Ustaoglu ve ark., (2017)'nin Ekim 2013 ile Eylül 2014 tarihleri arasında aşağı Melet Irmağı'nın bazı su kalitesi parametrelerini incelediği çalışmalarında, elde ettikleri ortalama veriler çözülmüş oksijen (ÇO); 11.4 mg/L, toplam çözülmüş madde (TDS); 161 mg/L, iletkenlik; 216 µS/cm, tuzluluk; ‰ 0.11, şeklindedir. Mevsimsel olarak değerlendirilen nehir ağız istasyonuna ait değerler (Çizelge 4.1.6) ise ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla çözülmüş oksijen 10.74, 8.20, 10.83, 10.80 mg/L; TDS 92.5, 129.0, 94.8, 86.4 mg/L; iletkenlik 194.8, 260.0, 191.3, 119.7 µs/cm; tuzluluk ‰ 0.09, ‰ 0.12, ‰ 0.09, ‰ 0.08 olarak ölçülmüştür. Sonuçlara göre, elde edilen veriler Ustaoglu ve ark., (2017)'nin sonuçlarıyla benzer, ancak yaz mevsimindeki iletkenlik ve tuzluluk sonuçları haricinde daha düşük değerlerde bulunmuştur. Çalışma alanındaki yüksek yağış değerleri ve yıkanmaya bağlı olarak elektriksel iletkenliğin düşük olması beklenen bir sonuçtur (Hatipoğlu, 2017). Bu da, yağış periyodundaki değişimlerin su parametrelerini etkilediğini göstermektedir.

Yapılan bu çalışma ile karşılaştırıldığında, Ustaoglu ve ark., (2017)'nin tespit ettiği nitrit (0.04 mg/L) değerlerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde elde edilen nitrit (sırasıyla 0.016, 0.013, 0.016, 0.011 mg/L) değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 3.1.6). Ustaoglu ve ark., (2017)'nin kaydettiği nitrat (1.22 mg/L) ve sülfat (10.42 mg/L) değerleri ise, yapılan bu çalışmadan ilkbahar, yaz,

sonbahar ve kış mevsimlerinde elde edilen nitrat (2.9, 1.3, 5.6, 4.0 mg/L) ve sülfat (12.0, 13.0, 12.0, 13.0 mg/L) değerlerinden daha düşüktür (Çizelge 4.1.6).

## 5.2 Su Örneklerinin Element Analizlerinin Sonuçları

Bu araştırmada, genotoksik açıdan değerlendirilen esansiyel (Fe, Cu, Zn) ve esansiyel olmayan (Al, As, Cd) ağır metallerin bazılarının konsantrasyonlarının, kabul edilebilir limit değerlere göre (SKKY, 2004; YSKY, 2012) incelendiğinde, Melet Irmağı üzerinde belirlenen bazı istasyonlarda ve mevsimlerde suda limit değerleri aşılmış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2.3 - 4.2.6).

Melet Irmağı'nda Mahmudiye istasyonu için, Al ve Fe ilkbaharda, As ve Fe yaz mevsiminde, Al, As ve Fe sonbaharda, Fe ise kış mevsiminde belirtilen değerlerden yüksektir (Çizelge 4.2.3 - 4.2.6). Mahmudiye istasyonu, nehrin en yukarısında bulunan, çevresinde pek fazla yerleşim alanı olmayan, evsel atık girdisinin olmadığı ancak tarım arazilerinin bulunduğu bir alandır. Bu nedenle, bu bölgedeki arsenik konsantrasyonunun fazlalığının tarımsal arazilerde (findık bahçelerinde) kullanılan pestisitlerden kaynaklandığı düşünülebilir. Yağmur, rüzgar ve diğer sebeplerle suya karışan As, özellikle yağışın azaldığı, zaman zamansa ani yağışların yaşandığı yaz mevsiminde yüksek konsantrasyon göstermiştir. Benzer şekilde, yine yağışın en fazla görüldüğü ve su hareketlerinin çok olduğu sonbahar mevsiminde de As miktarı suda artmıştır. Summak, (2009) yaptığı çalışmada, pestisitlerin bakır (Cu), arsenik (As), kurşun (Pb), mangan (Mn) ve çinko (Zn) elementleri için kaynak oluşturduğunu ve sucul çevrede kontaminasyona yol açtığını bildirmiştir (Aonghusa ve Gray, 2002). Ayrıca, Melet Irmağı aynı zamanda özellikle kaynak noktalarında doğal maden rezervleri içerdiği için (Anonim, 2011a), çeşitli maden işletmelerine de ev sahipliği yapmaktadır. Bu nedenle, ırmağa ağır metal girdisi oldukça fazla olmaktadır. Bununla beraber, hem ırmağın hem de ırmak kollarının yerleşim bölgelerine yakın olmasından dolayı, evsel kirlilik de ırmağı etkilemektedir. Bölgede yoğun bir şekilde findık tarımı yapılmaktadır. Dolayısıyla, tarımsal kirliliğe de maruz kalma da söz konusudur. Bölgenin her mevsim yağışlı olması ve arazi eğimi ile birlikte, fazla miktarda ve bilinçsizce kullanılan gübrelerin ve pestisitlerin önce yüzey sularına daha sonra sızıntılarla yer altı sularına karışmasına yol açmaktadır.



Melet Irmağı'nda Kıranyağmur istasyonu için; ilkbaharda As ve Fe, yaz mevsiminde Al ve Fe, sonbaharda Al, As ve Fe, kış mevsiminde ise yine Al, As ve Fe elementleri yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.3-4.2.6). Kıranyağmur istasyonu, nehir üzerinde belirlenen 2. istasyon olup, barajın altındaki ilk istasyondur. Çevresinde fındık bahçelerinden oluşan tarım arazileri ve yer yer yerleşim alanları bulunmaktadır. Irmağın bu kısmı yerleşim bölgeleri içerisinde akıp gelen bir alandır. Ayrıca, bu bölgede hayvancılık da yapılmaktadır. Bu nedenle, istasyonda farklı mevsimlerde değişen arsenik konsantrasyonundaki artış, yine tarımsal alanlarda çeşitli sebeplerle kullanılan pestisitlerin (Summak, 2009) topraktan yağmur sularıyla süzülerek ve içeriğinde arsenik bulunan ahşap koruyucuların (Anonim, 2009) evlerde kullanımına bağlı olarak, ahşabın yakılması, yangınlar veya bu koruyucuların dış ortama bırakılması gibi çeşitli sebeplerle çevresel ortama karışan As elementinin, suya karışması sonucunda ortaya çıktığı düşünülebilir. Çeşitli sebeplerle nehir suyuna geçen As, özellikle yağışın bol olduğu ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde yüksek konsantrasyon göstermiştir.

Kocaali istasyonu için suda yüksek konsantrasyonda tespit edilen elementler, ilkbaharda ve yaz mevsimlerinde Fe, sonbahar mevsiminde Al, As ve Fe, kış mevsiminde Al, Cd, Fe, Cu ve Zn elementleridir. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde As konsantrasyonu limit değere çok yaklaşmış olsa da, bu değeri geçmemiştir. Diğer metaller arasında ise konsantrasyonu yüksek metal bulunmamaktadır (Çizelge 4.2.3 - 4.2.6). Kocaali istasyonu, nehir üzerinde belirlenen 3. istasyon olup, barajın altında ve nehir ağzından yukarıda bulunmaktadır. Çevresinde yoğun fındık bahçeleri ve diğer tarım arazileri bulunmaktadır. Ayrıca, bu bölgede hayvancılık da yapılmaktadır. Irmağın bu bölgesinde yerleşim alanları da oldukça yoğundur. İstasyona yakın bir bölgede taş ocağı işletmesi bulunmaktadır. Burada, taş kırma işlemleri yoğun bir şekilde yapılmakta ve işlemler sonucu oluşan toz havaya, oradan da suya karışmaktadır. Ayrıca, iş kamyonlarının bu bölgedeki toprak yolu sık kullanması, toz kütlelerinin sürekli bir şekilde havaya ve suya karışmasına neden olmaktadır. Ağır metaller, tarımsal alanlar ve Melet Irmağı gibi su kaynağı olarak kullanılan sistemlerde kirliliğe yol açmaktadır. Özellikle evsel sıvı atıklardan gelen Cd, Cu ve Zn, mineral kimyasal gübrelerden kaynaklı Cd ve Zn, ayrıca pestisitlerden kaynaklanan Cu, As ve Zn elementlerinin çevresel kirliliğe yol açtığı bildirilmiştir.

(Aonghusa ve Gray, 2002; Summak, 2009). Kocaali istasyonundaki muhtemel kirlilik kaynakları da bu sebeplerden oluşmaktadır.

Nehir ağız istasyonunda ilkbaharda As ve Fe, yazın Al, As ve Fe, sonbaharda Al, As, Fe ve Cu, kış mevsiminde ise, Al, As, Fe ve Cu konsantrasyonlarının yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2.3 - 4.2.6). Arsenik metalinin, tüm mevsimlerde mevcut olduğu göze çarpmaktadır. Nehir ağız istasyonu, ırmağın bütün metal yükünün taşınarak bir noktada toplandığı alandır. Varlığını yukarıdaki istasyonlarda gösteren Al, As ve Fe, ayrıca bir önceki istasyon olan Kocaali’de tespit edilen Cu elementlerine, Nehir ağız istasyonunda da rastlanmış olması, ırmağın ağır metal yükünün aşağıya kadar akarsu boyunca taşınmış olduğunu göstermektedir. Genel olarak düşünüldüğünde, arsenik ırmak boyunca varlığını hep göstermiştir. Bunun sebebi de, tarım alanlarında kullanılan pestisit içeriklerinden kaynaklı metal taşınımıdır. Al ve Fe, yer kabuğunda en fazla bulunan elementlerdendir. Irmak üzerinde taş ocağının bulunması, antropojenik bir etki olup, sucul ortama sürekli element girişi olmasına neden olmaktadır. Cu ise, hem evsel sıvı atıklardan hem de pestisitlerden kaynaklanmaktadır (Aonghusa ve Gray, 2002; Summak, 2009).

Altaş ve Büyükgüngör, (2007) Melet Irmağı’nın denizle birleştiği kıyı kesiminde (kıyıda 500 m uzaktaki nokta) ve kıyıda açıkta (kıyıda 5555 m uzaktaki nokta) belirledikleri iki istasyonda Cd, Zn ve Mn değerlerini kıyıda ilkbaharda (Mayıs 2000) sırasıyla 25 µg/L, 11 µg/L ve 191 µg/L olarak tespit etmiştir. Sonbaharda ise bu metallere rastlanmamış, Pb (164 µg/L) ve Cu (310 µg/L) metalleri tespit edilmiştir. Bir sonraki yıl ise kıyıda tespit edilen metaller ilkbaharda Cu (26 µg/L) ve Mn (98 µg/L) olmuştur. Sonbahar mevsiminde ise hiçbir metalin varlığına rastlanmamıştır. Ancak, bir metaloid olan arsenik varlığı bu araştırmada incelenmemiştir. Melet Irmağı’nda suda konsantrasyonu yüksek olarak belirlenen Cd, Mn, Pb ve Cu elementlerinin kirletici etkisinin geçtiğimiz yıllarda gözlemlendiği, yapılan bu çalışmada ise ırmak ve ırmağın karıştığı deniz ekosisteminde halen bir kirlilik tehdidi oluşturduğu görülmektedir.

Metaller suda çeşitli etkiler vasıtasıyla birikirler. Su içerisindeki birikim hem çözünme şeklinde, hem de dipte çökme şeklinde gerçekleşmektedir. Nehirlerde taşınan ağır metaller çözülmüş halde bulunmaktadır. Nehrin durağan kısımlarında

ise suyun hızı azaldıkça çökelme meydana gelerek, ortamdaki suyun çeşitli fiziko-kimyasal özelliklerinde değişiklikler ortaya çıkarmaktadır. Metaller suyun akışıyla olduğu kadar rüzgarlarla da bir yerden başka bir yere taşınabilmektedir. Dolayısıyla, bir ortamda fazlaca olan metal miktarı, bu taşınım sayesinde o ortamda azalmakla beraber, daha temiz bölgelere ulaşan elementler, buradaki metal konsantrasyonunu arttırmak suretiyle olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Dolayısıyla ağır metal bakımından temiz olan bölgelerde de taşınım yoluyla konsantrasyon artışı gözlemlenebilir (Taylan ve Böke Özkoç, 2007).

Hatipoğlu, (2017) tarafından Melet Irmağı Havzası'nda gerçekleştirilen çalışmada bildirildiği üzere, araştırılan saha ana akarsuya katılan birçok kol tarafından derin bir şekilde yarılmış olduğundan, burada yamaç eğimi değerleri artmıştır. Dolayısıyla, eğimin fazla olduğu bu bölgelerde heyelan olaylarına rastlanmaktadır. Her mevsim yağışlı olan bu havzada, şiddetli yağışların yaşandığı dönemlerde, orta havzada, ana akarsuya katılan yan kolların birleşme yerlerinde ve akarsuyun nehir ağzı kısmında taşkınlar yaşanmaktadır. Bu da ırmak içerisine sediment ve topraktan gelen ekstra element kaynağı anlamına gelmektedir. Bunların yanında, havzada tespit edilen elementlerin birikimi, kırsal bölgelerin altyapı eksiklikleri ve besicilik faaliyetleri de bazı dönemlerde nehir kontaminasyonunun artmasında ve ırmak suyunun kirlenmesinde etkilidir. Aynı çalışmada ayrıca belirtildiği üzere, Ordu ilinin içme ve kullanma suyu temininde temel bir su kaynağı olan Melet Irmağı, özellikle orta ve aşağı havzasında bulunan sanayi tesisleri, aktif maden ocakları, fındık ve kivi yetiştiriciliği gibi tarımsal faaliyetler, üzerinde daha önceden yapılmış ve yapılmaya devam edilen nehir tipi HES'ler, barajlar ve ayrıca tüm bu tesislere ulaşımı sağlamak amacıyla yapılan yollardaki yapım çalışmaları ile sürekli olarak kirletilmektedir. Ek olarak, özellikle nehir tipi HES'lerin de ırmakta yaşayan canlıların hayatlarını tehdit ettiği bildirilmiştir.

Metaller sucul ortamlara endüstriyel veya zirai atıklar yoluyla girmelerinin yanında, herhangi farklı bir yolla atmosfere karışma yoluyla da girebilirler. Atmosferde bulunan metaller, yağmur gibi etkilerle yeryüzüne iner, akarsular yardımıyla da taşınırlar. Metal iyonlarının doğada kaybolma özellikleri de yoktur, biyolojik veya kimyasal yollarla parçalanmazlar. Ancak, bir metal bileşiği başka bir metal bileşiğine dönüşebilir (Rainbow, 1995).

### 5.3 Sediment Örneklerinin Element Analizlerinin Sonuçları

Mahmudiye istasyonunun sediment değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.3.1-4.3.4), As metaloidinin hem ilkbahar (5.02 µg/g) hem de sonbahar (5.63) mevsiminde sedimentte belirli bir değerde bulunduğu ancak konsantrasyonunun yüksek olmadığı görülmektedir. As elementinin en yüksek olduğu mevsim yaz (7.00 µg/g) iken, kış mevsiminde (4.33 µg/g) konsantrasyonu en düşük değerde belirlenmiştir. Sediment, sucul sistemlerde ağır metal birikiminin en yoğun olduğu ve o bölgenin kontaminasyon miktarının tahmin edilebildiği en önemli göstergedir. As miktarının sedimentte yüksek olmaması ve suda sonbahar mevsiminde limit değerleri aşmış olması, bölgedeki anlık veya mevsimsel birtakım değişimlerin meydana geldiğini göstermektedir.

Kıranyağmur istasyonunun sediment değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.3.1-4.3.4), tüm mevsimlerde arsenik elementinin sedimentte belirli bir değerde bulunduğu ancak konsantrasyonunun yüksek olmadığı görülmektedir. As miktarının, sedimentte yüksek değilken, ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde suda limit değerleri aşmış olması, bu istasyonda anlık ya da mevsimlik dalgalanmalar olduğunu ifade etmektedir. Yağışlarla tarım arazilerinden taşınan pestisit kalıntıları, suda ani As konsantrasyonu yükselmesine neden olmuş olabilir. Fe ise ilkbahar mevsiminde sedimentte normal düzeylerdeyken, suda yüksek çıkması da, o bölgede yağış, suyun akış hızı, taşınma veya başka sebeplerle ortamda anlık konsantrasyonunun arttığını göstermektedir.

Kocaali istasyonunda sediment örneklerinin ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde (Çizelge 4.3.1-4.3.4), sonbaharda Fe ve As sedimentte belli miktarlarda bulunmaktadır. As diğer istasyonlara göre en fazla birikimi göstermiş (6.1 µg/g), ancak limit değeri aşmamıştır. Sonbahar mevsiminde ayrıca sedimentte limit değerinin üzerinde Cd ve Pb birikimi göze çarpmaktadır. Kadmiyum, toksisitesi yüksek olan çevresel kirleticilerden biridir. Sucul ortamlarda çok düşük konsantrasyonlarda olsa bile, balıklar gibi sucul organizmalar için oldukça zararlı etkileri bulunmaktadır. Toksik ağır metallere biri olan Cd, toprağın ana materyalinden kaynaklanabileceği gibi, endüstriyel faaliyetlerden, fosforlu gübrelerin kullanımıyla tarımsal faaliyetlerden, lağım suları ve atmosferdeki depozitler gibi

antropojenik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (Assche ve Clijsters, 1990; Öktüren Asri ve ark., 2007). Sönmez ve ark., (2012) kadmiyumun kaynağının özellikle çevresel şartlarda sanayi ve endüstri atıkların, kullanılan gübrelerin ve deterjanların olduğunu belirtmiştir. Buna göre değerlendirildiğinde, ilkbahar ve yaz mevsimlerindeki tarımsal bir takım faaliyetlerin bir sonucu olarak, sonbahar mevsiminde kadmiyum seviyesinin yüksek seyretmesi, tarım alanı içerisinde bulunan Kocaali istasyonunda kullanılan gübre ve tarımsal ilaçlardan kaynaklandığı ile açıklanabilir. Kış mevsiminde ise, Zn miktarı suda olduğu gibi sedimentte de limit değerinin üzerinde tespit edilmiştir. Sedimentte var olan Zn elementinin, suda da sedimente bağlı olarak yüksek konsantrasyon göstermesi, burada yaşayan *A. chalcoides* bireyleri için esansiyel bir metal dahi olsa toksik etki yaratmış olabilir. Çinko (Zn), esansiyel bir metal olarak kabul edilmektedir ve homeostazisin korunması için elzem metallere biridir. Buna rağmen, yüksek konsantrasyonlarda toksik etki göstermektedir (Clearwater ve ark., 2002; Ergönül ve Altındağ, 2011). Kış mevsiminde sedimentte ayrıca, limit değerlerin üzerinde tespit edilen kadmiyum ve kurşuna da rastlanmıştır. Ancak, suda rastlanmamış olması, herhangi bir sebeple suda oluşacak karışma, dalgalanma, dip canlılarının sedimenti kaldırması, bileşikler halinde çöken metalin çözünmesi gibi etkilerle karşılaşılmasıyla açıklanabilir. Çünkü, sediment ve sudaki ağır metal konsantrasyonlarının miktarları, sıcaklık, pH ve çözünen konsantrasyonu gibi pek çok parametreye bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Banerjee ve ark., 2016; Üçüncü Tunca, 2016). Yaz mevsiminde suda belirlenen ağır metal değerlerinde yüksek konsantrasyona sahip ve limit değeri aşan herhangi bir metale rastlanmamış olsa da, sediment numunelerinde Zn ve Cd limit değerinin üzerindedir. Bu elementler, Melet Irmağı havzasının ana materyalinden, fındık tarımında kullanılan fosforlu ve mineral gübreler ve pestisitlerden, yerleşim alanlarındaki evsel sıvı atıklardan, taş ocağı gibi işletmelerde gerçekleştirilen faaliyetler sonucu antropojenik etkilerden ve atmosferden etkilenmiş olduğunu göstermektedir. Pb ise limite yakın bir konsantrasyon göstermiştir (17.1 µg/g) (Çizelge 4.3.2). Melet Irmağı Havzası içerisindeki Kocaali istasyonu, Kabataş ilçesinde bulunan maden (bakır, kurşun ve çinko) işletmesinin etkisi altındadır. Melet Irmağı'nda Hatipoğlu, (2017) tarafından yapılan çalışmada, yerel halk tarafından Gocalı olarak isimlendirilen Kocaali Köprüsü istasyonunun verilerine göre, ırmağın

yılda 66579 ton sediment taşıdığı ve taşınan sedimentin kil, silt ve kum boyutundaki malzemelerden oluştuğu belirtilmiştir. Ayrıca ırmağa bağlanan yan kollardan dolayı, taşınan sediment miktarı ırmağın aşağı kesiminde artış göstermektedir. Yine aynı şekilde erozyonla da yıllık ortalama olarak 66579 ton sediment taşınmaktadır. Tüm bunlar birlikte değerlendirildiğinde, Kocaali istasyonunda Zn, Cd ve Pb miktarlarının yüksek değerlerde olması beklenen bir sonuçtur.

Nehir ağzı istasyonu sediment açısından incelendiğinde, sonbahar mevsiminde yalnızca kadmiyum limit değerinin üzerinde tespit edilmiştir. İlkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde ise limit değerinin üzerinde olan bir elemente rastlanmamıştır. Ağır metal düzeyleri, suda daha değişken ve anlık ölçümlerde farklılık gösteren bir durumdur. Sediment ise, daha stabil ve ağır metal yükünü net bir şekilde göstermektedir. Bu sebeple, suda yüksek miktarlarda saptanan bu metallerin, yağış, heyelan, erozyon, taşınma ve diğer etkilerle ırmak suyuna karıştığı düşünülmektedir. Melet Irmağı havzasında Topçam boğazı ve çevresinin heyelan riskinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Hatipoğlu, 2017). Akbaş, (2015) Melet Irmağı'nın nehir ağzı istasyonundan örnekledikleri sediment örneklerinde, demir konsantrasyonunu ortalama 8544 µg/g olarak belirlemiştir. En yüksek Fe seviyesi Mart ayında tespit edilmiştir. Cu konsantrasyonu ortalama 18.7 µg/g ve en yüksek Ağustos ayında tespit edilmiştir. Cd konsantrasyonu ortalama 0.21 µg/g ve en yüksek Ağustos ayında, Cr konsantrasyonu ortalama 4.1 µg/g ve en yüksek Haziran ayında bulunmuştur. Pb konsantrasyonu ortalama 15.4 µg/g ve Zn konsantrasyonu ortalama 43.7 µg/g olarak en yüksek Temmuz ayında belirlenmiştir. Co konsantrasyonu ortalama 4.8 µg/g ve Mn konsantrasyonu ortalama 319.9 µg/g olarak en yüksek Mart ayında tespit edilmiştir. As konsantrasyonu ise, ortalama 1.7 µg/g olarak en yüksek Kasım ayında belirlenmiştir. Pb, Cd, ve Zn konsantrasyonları nehir ağzında yüksek bulunmuştur. Ekonomik olarak faydalanılan ve Melet Irmağı havzasında yayılımı bulunan maden yatakları ve bu bölgelerde kurulan maden işletmeleri, ırmağın metal yükünü etkilemektedir. Melet havzasında, elde ettiğimiz sonuçların da varlığını gösterdiği metallere olan başta çinko ve kurşun ile bakır, mangan, kaolin ve altın madenlerinin bulunduğu bildirilmiştir. Bakır, çinko ve kurşun madenleri özellikle Kabadüz ve Gürgentepe ilçelerinin güneyinde yayılım göstermektedir (Hatipoğlu, 2017).

Akbaş, (2015) aşağı Melet Irmağı'nda Ekim 2013-Eylül 2014 tarihleri arasında yaptığı çalışmada, sedimentteki ortalama element değerlerini Fe için 9084.25 µg/g, Zn için 34.69 µg/g, As için 1.50 µg/g, Cd için 0.15 µg/g ve Pb için 11.64 µg/g olarak tespit etmiştir. Bu çalışmada (Çizelge 4.3.7-4.3.8), Melet Irmağı'nın nehir ağız istasyonunda belirlenen sedimente ait metal miktarlarının yıllık ortalama değerleri Fe için 11743.00 µg/g, Zn için 57.43 µg/g, As için 5.58 µg/g, Cd için 0.23 µg/g ve Pb için 17.37 µg/g olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar beraber değerlendirildiğinde, araştırılan elementlerin bu çalışmada daha yüksek konsantrasyonlarda tespit edildiği görülmektedir. Bu durum, zaman içerisinde ağır metal birikiminin yukarıda da belirtilen çeşitli sebeplerden dolayı giderek arttığını göstermektedir.

#### **5.4 Doku Örneklerinin Element Analizlerinin Sonuçları**

Melet Irmağı'nda yaşayan *C. banarescui*, *V. vimba* ve *A. chalcoides* bireylerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularında belirlenen element düzeyleri, ülkemizde diğer su sistemlerindeki farklı türler için çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.1-5.3).

Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4 incelendiğinde, Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* bireylerinin karaciğerinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Fe konsantrasyonu sırasıyla 195.00 ± 73.400 ppm (mg/kg), 163.20 ± 54.100 ppm (mg/kg), 519 ± 314 ppm (mg/kg) ve 193.90 ± 14.60 ppm (mg/kg) olarak tespit edilmiştir. *C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Fe birikimi ilkbahar mevsiminde 155.60 ± 42.900 ppm (mg/kg), yaz mevsiminde 99.50 ± 40.500 ppm (mg/kg), sonbahar mevsiminde 248.80 ± 82.200 ppm (mg/kg), kış mevsiminde ise 218.30 ± 14.90 ppm (mg/kg) olarak bulunmuştur. Kas dokusunda tespit edilen Fe konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 28.11 ± 1.830 mg/kg, 39.90 ± 17.700 mg/kg, 74.60 ± 42.900 mg/kg ve 70.40 ± 22.80 mg/kg şeklindedir. Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, Fe birikimi ilkbahar mevsiminde karaciğer > solungaç > kas; yaz mevsiminde karaciğer > solungaç > kas; sonbahar mevsiminde karaciğer > solungaç > kas; kış mevsiminde solungaç > karaciğer > kas şeklindedir. Sonuçlara göre demirin en az biriktiği doku kas dokusu olmuştur. Canpolat ve Çalta, (2003) Keban Baraj Gölü'nden yakaladıkları *Capoeta capoeta umbla* türünün organ ve dokularında belirledikleri Fe seviyeleri incelendiğinde, en az

birikimin yine kas dokusunda olduğu dikkati çekmektedir. Bunun sebebi, kas dokusunun karaciğer ve solungaçlara kıyasla daha az aktif olan bir doku olmasıdır. Karaciğerde metal birikimi belirli bir süreyi kapsamaktadır. Ağır metal yönünden yüksek konsantrasyon gösteren ortamlarda yaşayan balıklar gibi organizmalar, ilk önce çeşitli yollarla metali bünyelerinden uzaklaştırarak vücut dışarisına atarlar. Ancak, belirli bir süre sonunda artık dışarı atılamayan fazla metal elementleri karaciğer gibi dokularda birikmeye başlar. Fe organizmalar için esansiyel bir metaldir ve belirli miktarlarda hem organizmanın yapısında bulunmaktadır hem de organizma tarafından kullanılmaktadır. Ancak, Mahmudiye istasyonu suyunda ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde belirli limitlerin üzerinde bulunması, burada yaşayan *C. banarescui* bireylerinin karaciğer, solungaç ve kas dokularında birikim göstermesi ile sonuçlanmıştır.

Melet Irmağı'nda yaşayan *C. banarescui*'nin kas dokusunda en fazla Fe birikimi sonbahar ve kış mevsimlerinde gözlemlenirken (Çizelge 4.4.2.2.3-4.4.2.2.4), *S. lucioperca*'nın kas dokusunda en fazla birikim ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde gerçekleşmiştir (Çağlak ve Karşlı, 2014). Mendil ve ark., (2005)'nin yaptıkları çalışmada da, farklı türlerde mevsimsel birikim incelendiğinde, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde Fe birikim miktarının değişim gösterebildiği dikkati çekmektedir. Yapılan çalışmaların sonuçlarından da anlaşılacağı üzere, balık türü, balıkların yaşadığı ortam, su değerleri, element konsantrasyonları, organ ve dokuların elementleri depolama kapasiteleri gibi bir çok etken, doku ve organlardaki element konsantrasyonu değerlerini etkilemektedir. Ayrıca, balıkların doku ve organlarında biriken elementlerin düzeyleri, balıkların yaşadıkları ortamın kirlilik durumuyla ilişkili bilgi vermektedir.



**Çizelge 5.1** Türkiye’deki araştırıcılar tarafından sucul ekosistemlerde yapılan diğer çalışmalar

<b>Tür</b>	<b>Örnekleme Yeri</b>	<b>Fe Birikimi (Kas)</b>	<b>Fe Birikimi (Karaciğer)</b>	<b>Fe Birikimi (Solungaç)</b>	<b>Kaynak</b>
<i>C. capoeta</i>	Akbelen Gölü	150.0 µg/g (i) 166.0 µg/g (y)	-	-	
<i>C. capoeta</i>	Uluöz Gölü	197.0 µg/g (i) 179.0 µg/g (y)	-	-	
<i>C. tinca</i>	Almus Gölü	125.0 µg/g (i) 135.0 µg/g (y)	-	-	
<i>C. tinca</i>	Güzelce Gölü	135.0 µg/g (i) 134.0 µg/g (y)	-	-	Mendil ve ark., (2005)
<i>C. carpio</i>	Hampınar Gölü	102.0 µg/g (i) 96.7 µg/g (y)	-	-	
<i>C. capoeta</i>	Hampınar Gölü	159.0 µg/g (i) 143.0 µg/g (y)	-	-	
<i>C. carpio</i>	Almus Gölü	86.8 µg/g (i) 96.7 µg/g (y)	-	-	
<i>L. cephalus</i>	Uluöz Gölü	86.3 µg/g (i) 64.3 µg/g (y)	-	-	

i: ilkbahar, y: yaz

**Çizelge 5.1** Türkiye’deki araştırıcılar tarafından sucul ekosistemlerde yapılan diğer çalışmalar (devamı)

Tür	Örnekleme Yeri	Fe Birikimi (Kas)	Fe Birikimi (Karaciğer)	Fe Birikimi (Solungaç)	Kaynak
<i>C. carpio</i>	Suğla Gölü	9.43 µg/g (y)	92.05 µg/g (y)	62.15 µg/g (y)	Çağlar, (2010)
		9.25 µg/g (s)	71.31 µg/g (s)	61.43 µg/g (s)	
		6.74 µg/g (k)	67.11 µg/g (k)	55.10 µg/g (k)	
<i>P. anaticus</i>	Suğla Gölü	4.04 µg/g (y)	30.16 µg/g (y)	32.86 µg/g (y)	Çağlar, (2010)
		3.86 µg/g (s)	32.73 µg/g (s)	26.72 µg/g (s)	
		3.28 µg/g (k)	38.43 µg/g (k)	31.58 µg/g (k)	
<i>S. lucioperca</i>	Beyşehir Gölü	4.72 mg/kg (i)	-	-	Çağlak ve Karalı, (2014)
		3.17 mg/kg (y)			
		4.62 mg/kg (s)			
		2.78 mg/kg (k)			
<i>C. carpio</i>	Altınyazı Baraj Gölü	26.203 mg/kg	43.814 mg/kg	32.839 mg/kg	Çetin ve ark., (2016)
<i>C. carassius</i>		16.960 mg/kg	25.845 mg/kg	24.136 mg/kg	
<i>B.bjoerkna</i>		8.859 mg/kg	33.393 mg/kg	20.044 mg/kg	
<i>P. fluviatilis</i>		9.108 mg/kg	16.684 mg/kg	14.531 mg/kg	
<i>S. lucioperca</i>		5.873 mg/kg	12.968 mg/kg	9.833 mg/kg	
<i>C. carpio</i>	Seyhan Baraj Gölü	230.72 mg/kg (i)	550.29 mg/kg (i)	303.87 mg/kg (i)	Güldiren ve Tekin Özan, (2018)
		51.26 mg/kg (y)	595.09 mg/kg (y)	378.42 mg/kg (y)	
		78.10 mg/kg (s)	417.95 mg/kg (s)	252.75 mg/kg (s)	
		146.14 mg/kg (k)	324.89 mg/kg (k)	351.12 mg/kg (k)	

i: ilkbahar, y: yaz, s: sonbahar; k:kış

Mahmudiye istasyonundan (Çizelge 4.4.2.2.3-4.4.2.2.4) yakalanan *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Zn konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $15.23 \pm 4.830$  mg/kg,  $10.23 \pm 2.900$  mg/kg,  $11.40 \pm 3.710$  mg/kg ve  $10.82 \pm 1.91$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Zn konsantrasyonu sırasıyla  $28.80 \pm 12.000$  ppm (mg/kg),  $16.61 \pm 4.720$  ppm (mg/kg),  $31.19 \pm 2.110$  ppm (mg/kg) ve  $41.90 \pm 15.30$  ppm (mg/kg) şeklindedir. *C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Zn birikimi ilkbahar mevsiminde  $26.70 \pm 5.670$  ppm (mg/kg), yaz mevsiminde  $11.42 \pm 3.250$  ppm (mg/kg), sonbahar mevsiminde  $34.80 \pm 9.740$  ppm (mg/kg), kış mevsiminde ise  $27.35 \pm 3.67$  ppm (mg/kg) olarak bulunmuştur. Mevsimlere göre değerlendirildiğinde, ilkbahar mevsiminde en fazla Zn birikimi karaciğerde gözlemlenirken, bunu solungaç ve kas dokusu izlemiştir. Zn birikimi yaz mevsiminde karaciğer > solungaç > kas; sonbahar mevsiminde solungaç > karaciğer > kas; kış mevsiminde karaciğer > solungaç > kas şeklindedir.

Mahmudiye istasyonundan (Çizelge 4.4.2.3.1-4.4.2.3.4) yakalanan *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Pb konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $0.12 \pm 0.009$  mg/kg,  $0.13 \pm 0.027$  mg/kg,  $1.53 \pm 1.290$  mg/kg ve  $0.49 \pm 0.176$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Pb konsantrasyonu sırasıyla  $1.42 \pm 0.663$  mg/kg,  $0.44 \pm 0.078$  mg/kg,  $0.79 \pm 0.122$  mg/kg ve  $0.77 \pm 0.361$  mg/kg şeklindedir. *C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Pb birikimi ilkbahar mevsiminde  $0.69 \pm 0.120$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.60 \pm 0.231$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.95 \pm 0.218$  mg/kg, kış mevsiminde ise  $1.34 \pm 0.129$  mg/kg olarak bulunmuştur.

**Çizelge 5.2** Türkiye’deki araştırıcılar tarafından sucul ekosistemlerde yapılan diğer çalışmalar

Tür	Örnekleme Yeri	Zn Birikimi (Kas)	Zn Birikimi (Karaciğer)	Zn Birikimi (Solungaç)	Kaynak
<i>C.capoeta</i>	Hampınar Gölü	24.9 µg/g (i) 19.2 µg/g (y)	-	-	
<i>C.capoeta</i>	Hampınar Gölü	24.9 µg/g (i) 19.2 µg/g (y)	-	-	
<i>C. capoeta</i>	Akbelen Gölü	21.2 µg/g (i) 25.3 µg/g (y)	-	-	
<i>C. capoeta</i>	Uluöz Gölü	23.0 µg/g (i) 26.4 µg/g (y)	-	-	Mendil ve ark., (2005)
<i>C. tinca</i>	Almus Gölü	17.5 µg/g (i) 11.9 µg/g (y)	-	-	
<i>C. tinca</i>	Güzelce Gölü	13.6 µg/g (i) 18.5 µg/g (y)	-	-	
<i>L. cephalus</i>	Çeltikçe Çayı	79.04 ppm	98.50 ppm	32.91 ppm	Akgün ve ark., (2007)
<i>C. tinca</i>	Kızılırmak havzası	311.13 µg/g (kış)	-	952.1 µg/g	Akbulut ve Emir Akbulut, (2010)
<i>C. capoeta</i>	Kızılırmak havzası	248.5 µg/g (ilkbahar)	-	1.259 µg/g (i)	Akbulut ve Emir Akbulut, (2010)
<i>P.anatolicus</i>	Suğla Gölü	7.77 µg/g (y) 9.88 µg/g (s) 6.93 µg/g (k)	44.14 µg/g (y) 56.68 µg/g (s) 33.39 µg/g (k)	54.76 µg/g (y) 67.80 µg/g (s) 39.89 µg/g (k)	Çağlar, (2010)
<i>C. carpio</i>	Suğla Gölü	11.58 µg/g (y) 9.83 µg/g (s) 10.87 µg/g (k)	94.34 µg/g (y) 96.21 µg/g (s) 69.33 µg/g (k)	89.06 µg/g (y) 92.81 µg/g (s) 98.41 µg/g (k)	Çağlar, (2010)

i: ilkbahar, y: yaz, s: sonbahar; k:kış

**Çizelge 5.2** Türkiye’deki araştırıcılar tarafından sucul ekosistemlerde yapılan diğer çalışmalar (devamı)

Tür	Örnekleme Yeri	Zn Birikimi (Kas)	Zn Birikimi (Karaciğer)	Zn Birikimi (Solungaç)	Kaynak
<i>S. lucioperca</i>	Beyşehir Gölü	26.497 mg/kg (i)	-	-	Çağlak ve Karlı, (2014)
		18.014 mg/kg (y)			
		15.85 mg/kg (s)			
		18.308 mg/kg (k)			
<i>C. baliki</i>	Porsuk Çayı	20.74 mg/kg	97.57 mg/kg	66.31 mg/kg	Köse ve ark., (2015)
<i>C. baliki</i>	Porsuk Çayı	35.15 mg/kg	-	220.58 mg/kg	Köse ve ark., (2015)
<i>C. sieboldii</i>	Porsuk Çayı	6.97 mg/kg	35.76 mg/kg	37.29 mg/kg	Köse ve ark., (2015)
<i>C. sieboldii</i>	Porsuk Çayı	15.66 mg/kg	50.44 mg/kg	54.68 mg/kg	Köse ve ark., (2015)
<i>B. tauricus</i>	Porsuk Çayı	30.05 mg/kg	70.68 mg/kg	74.50 mg/kg	Köse ve ark., (2015)
<i>B. tauricus</i>	Porsuk Çayı	39.47 mg/kg	152.02 mg/kg	77.42 mg/kg	Köse ve ark., (2015)
<i>C. carpio</i>	Altınyazı Baraj Gölü	0.766 mg/kg	21.188 mg/kg	11.291 mg/kg	Çetin ve ark., (2016)
<i>B. bjoerkna</i>		0.582 mg/kg	2.41 mg/kg	1.357 mg/kg	
<i>P. fluviatilis</i>		0.419 mg/kg	2.010 mg/kg	1.030 mg/kg	
<i>S. lucioperca</i>		0.385 mg/kg	1.256 mg/kg	1.131 mg/kg	
<i>C. carassius</i>		1.081 mg/kg	1.096 mg/kg	5.075 mg/kg	
<i>C. carpio</i>	Seyhan Baraj Gölü	200.71 mg/kg (i)	863.00 mg/kg (i)	825.45 mg/kg (i)	Güldiren ve Tekin-Özan, (2018)
		84.33 mg/kg (y)	920.37 mg/kg (y)	1565.64 mg/kg (y)	
		63.61 mg/kg (s)	748.62 mg/kg (s)	1233.2 mg/kg (s)	
		91.272 mg/kg (k)	1364.47 mg/kg (k)	1136.96 mg/kg (k)	

i: ilkbahar, y: yaz, s: sonbahar; k:kış

**Çizelge 5.3** Türkiye’deki araştırıcılar tarafından sucul ekosistemlerde yapılan diğer çalışmalar

<b>Tür</b>	<b>Örnekleme Yeri</b>	<b>Pb Birikimi (Kas)</b>	<b>Pb Birikimi (Karaciğer)</b>	<b>Pb Birikimi (Solungaç)</b>	<b>Kaynak</b>
<i>C. tinca</i>	Kızılırmak havzası	24.0 µg/g (k)	-	121.0 µg/g (k)	Akbulut ve Emir Akbulut, (2010)
<i>C. capoeta</i>	Kızılırmak havzası	59.0 µg/g	-	261.6 µg/g (i)	Akbulut ve Emir Akbulut, (2010)
<i>P. anatolicus</i>	Suğla Gölü	-	0.23 µg/g (y)	0.22 µg/g (y)	Çağlar, (2010)
			0.14 µg/g (s)	0.19 µg/g (s)	
			0.12 µg/g (k)	0.17 µg/g (k)	
<i>S. lucioperca</i>	Beyşehir Gölü	0.368 mg/kg (i)	-	-	Çağlak ve Karalı, (2014)
		0.024 mg/kg (y)			
		0.217 mg/kg (s)			
		0.15 mg/kg (k)			
<i>C. sieboldii</i>	Porsuk Çayı	-	0.41 mg/kg	0.93 mg/kg	Köse ve ark., (2015)
<i>C. sieboldii</i>	Porsuk Çayı	0.08 mg/kg	0.35 mg/kg	0.39 mg/kg	
<i>C. carpio</i>		17.564 mg/kg	19.829 mg/kg	18.423 mg/kg	Çetin ve ark., (2016)
<i>C. carassius</i>		4.097 mg/kg	5.319 mg/kg	5.832 mg/kg	
<i>B. bjoerkna</i>	Altınyazı Baraj Gölü	4.335 mg/kg	5.127 mg/kg	3.515 mg/kg	
<i>P. fluviatilis</i>		6.015 mg/kg	5.780 mg/kg	5.690 mg/kg	
<i>S. lucioperca</i>		5.841 mg/kg	6.127 mg/kg	5.881 mg/kg	
<i>C. carpio</i>	Seyhan Baraj Gölü	0.125 mg/kg (i)	0.41 mg/kg (i)	0.58 mg/kg (i)	Güldiren ve Tekin Özan, (2018)
		0.119 mg/kg (y)	0.249 mg/kg (y)	0.742 mg/kg (y)	
		0.06 mg/kg (s)	0.17 mg/kg (s)	0.402 mg/kg (s)	
		0.55 mg/kg (k)	0.50 mg/kg (k)	0.21 mg/kg (k)	

i: ilkbahar, y: yaz, s: sonbahar; k:kış

Mahmudiye istasyonundan yakalanan *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Pb konsantrasyonları yıl boyunca 0.12-1.53 mg/kg değerleri arasında bulunmuştur. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (Anonim, 2011b)'ne göre Pb için belirlenen limit değerin 0.30 mg/kg olduğu göz önünde bulundurulursa, yakalanan bireylerin sonbahar ve kış mevsimlerinde bu değeri aştığı görülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 1989)'nün belirlediği limit 0.5 mg/kg'dır (Çizelge 4.4.2.1). Buna göre, kış mevsiminde *C. banarescui* bireylerinin kas dokusundaki Pb konsantrasyonunun kış mevsiminde limit değerinde ( $0.49 \pm 0.176$  mg/kg) olduğu, sonbahar mevsiminde ise yine belirlenen limitin üzerinde olduğu ( $1.53 \pm 1.290$  mg/kg) belirlenmiştir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 1989)'nün Pb için balığın kas dokusunda belirlediği limit değeriyle karşılaştırıldığında (0.5 mg/kg) (Çizelge 4.4.2.1), hiç bir mevsimde Pb miktarı tehlikeli bir birikim arz etmemektedir.

Melet Irmağı Mahmudiye istasyonundan elde edilen sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4), örneklenen *C. banarescui* bireylerinde Cd'un konsantrasyonu tüm yıl boyunca karaciğer, solungaç ve kas dokusunda sırasıyla 0.02 - 0.10 mg/kg, E.M. - 0.08 mg/kg ve E.M.-0.02 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (Anonim, 2011b)'ne göre Cd miktarının balık kasında olması gereken limit değeri 0.10 mg/kg'dır. İlkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde *C. banarescui* türünün kas dokusunda belirlenen Cd konsantrasyonu bu limitin altındayken, sonbahar mevsiminde birikim üst limit değeriyle eşdeğerdir.

Kıranyağmur istasyonuna (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4) ait su örneklerinde de kadmiyuma rastlanmamıştır. Benzer şekilde, sediment numunelerinde de eser miktarda Cd varlığı tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, bu istasyonda yaşayan *V. vimba* bireylerinin ilkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde karaciğerlerinde Cd birikimi tespit edilmiş, sonbahar mevsiminde ise Cd birikimi gözlenmemiştir. Yalnızca yaz mevsiminde solungaçlarda eser miktarda birikim belirlenmiştir. Kas dokularında ise, ilkbahar mevsiminde Cd birikimi gözlemlenirken, yaz mevsiminde bu birikim eser miktardadır. Sonbahar ve kış mevsimlerinde ise kas dokusunda kadmiyuma rastlanmamıştır.

Çağlak ve Karıslı, (2014) Beyşehir Gölü'nde yaşayan, *Stizostedion lucioperca*'nın kas dokusunda Cd elementinin konsantrasyonunu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 0.008 mg/kg, 0.038 mg/kg, 0.047 mg/kg ve 0.03 mg/kg olarak tespit etmiştir. Çetin ve ark., (2016) Altinyazı Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada, örnekledikleri *C. carpio* türünün karaciğer, solungaç ve kaslarında Cd miktarını sırasıyla 0.370 mg/kg, 0.252 mg/kg ve 0.227 mg/kg; *C. carassius* türünde 0.384 mg/kg, 0.290 mg/kg ve 0.117 mg/kg; *B. bjoerkna* türünde 0.359 mg/kg, 0.383 mg/kg ve 0.298 mg/kg; *P. fluviatilis* türünde 0.289 mg/kg, 0.236 mg/kg ve 0.250 mg/kg; *S. lucioperca* türünde 0.274 mg/kg, 0.288 mg/kg ve 0.314 mg/kg olarak bulmuşlardır. Güldiren ve Tekin Özan, (2018) Seyhan Baraj Gölü'nde yaşayan, *C. carpio*'nın karaciğer dokusunda Cd elementinin konsantrasyonunu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 3.15 mg/kg, 7.32 mg/kg, 16.57 mg/kg ve 5.94 mg/kg; solungaç dokusunda sırasıyla 0.02 mg/kg, 0.22 mg/kg, 0.62 mg/kg ve 0.07 mg/kg; kas dokusunda sırasıyla 0.06 mg/kg, 0.016 mg/kg, 0.13 mg/kg ve 0.023 mg/kg olarak belirlenmiştir. Kadmiyum (Cd), su ortamında eser miktarlarda dahi bulunsa, organizmaların içeriğindeki doğal düzeyleri ve birikim miktarları farklı olmaktadır (Yarsan ve ark., 2000; Öktüren Asri ve ark., 2007). Mahmudiye istasyonunun su örneklerinde belirlenen Cd miktarı, tüm mevsimlerde limit değerin altında tespit edilmiştir. Bilindiği gibi, Cd miktarı, yer kabuğunda ortalama olarak 0.3 µg/g düzeyinde bulunmaktadır (Turkian ve Wedepohl, 1961). Bu miktarın üzerinde bulunması durumunda, toksik olarak çeşitli etkiler oluşturma durumu ortaya çıkabilir. Mahmudiye istasyonu sedimenti için düşünüldüğünde, Cd miktarı hiçbir mevsimde bu değerin üzerine çıkmamıştır. Aynı istasyonun sedimentinde tespit edilen Cd miktarları ilkbahar mevsiminde 0.1 µg/g, yaz mevsiminde 0.2 µg/g, sonbahar mevsiminde 0.2 µg/g ve kış mevsiminde 0.2 µg/g olarak bulunmuştur. *C. banarescui* bireylerinin karaciğer, solungaç ve kas dokularında belirlenen kadmiyum düzeyleri incelendiğinde, yaşadıkları ortama bağlı olarak dokularında biriktirmiş oldukları kadmiyum miktarı da yüksek değerlerde bulunmamıştır. Bunun sebebi, ırmak gibi iç su ortamlarındaki metal miktarlarının, mevsimlere göre değişkenlik gösterebilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu da, hem ortamdaki metal konsantrasyonunu hem de o ortamda yaşayan balıkların doku ve organlarındaki



metal birikim miktarlarını etkilemektedir (Çağlak ve Karşlı, 2014; Uysal ve Atalay, 2007).

Her ne kadar Mahmudiye istasyonuna ait su örneklerinde kadmiyuma rastlanmamış olsa da, aynı istasyondan alınan sediment numunelerinde Cd varlığı tespit edilmiştir. Bu istasyonda yaşayan *C. banarescui* bireylerinin karaciğer, solungaç ve kas dokularında da Cd birikimi gözlemlenmiştir. *C. banarescui* bireylerinin doku ve organlarında biriken Cd miktarı değerlendirildiğinde (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4), kış mevsiminde en fazla karaciğerde biriktiği belirlenmiştir. Bunu solungaç ve kas dokusu izlemektedir. İlkbahar mevsiminde ise birikim çoktan aza doğru solungaç, karaciğer ve kas şeklinde sıralanmıştır. Yaz mevsiminde en fazla karaciğerde birikim göstermiş, solungaç ve kas dokusunda eser miktarlarda birikmiştir. Sonbahar mevsiminde ise sıralama karaciğer, solungaç ve kas dokusu şeklindedir. Genel olarak düşünüldüğünde, kadmiyumun *C. banarescui* türünde en fazla karaciğerde biriktiği söylenebilir. Akgün ve ark., (2007) Çeltikçe Çayı'ndan örnekledikleri *Leuciscus cephalus* türünde Cd'un en fazla karaciğer (4.53 ppm), daha sonra kas dokuda (2.79 ppm) ve solungaçta (0.24 ppm) birikim gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Sağlantı ve Cicik, (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, kadmiyumun tatlı su çipurasına ait doku ve organlardaki birikimi incelenmiştir. Araştırma sonucunda, Cd elementinin en fazla solungaçta biriktiği saptanmıştır. Diğer dokularda ise kadmiyumun sırasıyla en fazla böbrek, karaciğer ve kas dokusunda depolandığı tespit edilmiştir. Çağlak ve Karşlı, (2014)'nın Beyşehir Gölü'nde *Sander lucioperca* (sudak) türünün kas dokusunda yapmış oldukları çalışmada, Cd birikim miktarını ilkbahar mevsiminde  $0.008 \pm 0.000$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.038 \pm 0.000$  mg/kg, sonbahar mevsiminde  $0.047 \pm 0.007$  mg/kg ve kış mevsiminde  $0.03 \pm 0.000$  mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Bu da, farklı türlerin ağır metalleri farklı organlarında farklı düzeylerde biriktirdiğini göstermektedir. Organizmaların çeşitli organlarında birikim gösteren ağır metallerin konsantrasyonlarının tahmin edilmesi ve standart bir birikim gösterdiklerinin söylenmesi oldukça zordur. Bunun sebebi, organ ve dokulardaki ağır metal birikiminin balığın türü, cinsiyeti, yaşam döngüsü, yaşı, ağırlığı gibi biyolojik özellikleri ile mevsim, yaşadığı ortam, beslenme durumu, su sıcaklığı, tuzluluk gibi çevresel faktörlere bağlı olmasından kaynaklanmaktadır (Ersoy, 2006; Çağlak ve Karşlı, 2014).

Mahmudiye istasyonundan (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4) yakalanan *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda tespit edilen Al konsantrasyonları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla  $1.75 \pm 0.180$  mg/kg,  $1.32 \pm 0.216$  mg/kg,  $8.82 \pm 5.630$  mg/kg ve  $10.92 \pm 4.11$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Karaciğerde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama Al konsantrasyonu sırasıyla  $15.80 \pm 5.300$  ppm (mg/kg),  $11.71 \pm 5.340$  ppm (mg/kg),  $6.01 \pm 1.410$  ppm (mg/kg) ve  $10.16 \pm 1.68$  ppm (mg/kg) şeklindedir. *C. banarescui* bireylerinin solungaçlarında ise Al birikimi ilkbahar mevsiminde  $2.88 \pm 0.474$  ppm (mg/kg), yaz mevsiminde  $10.41 \pm 5.630$  ppm (mg/kg), sonbahar mevsiminde  $16.60 \pm 9.780$  ppm (mg/kg), kış mevsiminde ise  $17.95 \pm 2.96$  ppm (mg/kg) olarak bulunmuştur.

Çağlak ve Karılı, (2014) Beyşehir Gölü'nde yaşayan, *Stizostedion lucioperca*'nın kas dokusunda Al elementinin konsantrasyonunu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 8.859 mg/kg, 7.401 mg/kg, 5.910 mg/kg ve 5.449 mg/kg olarak tespit etmiştir. Teber, (2013) kadife balığının solungaçlarındaki Al birikimini ilkbaharda 0.29 - 3.85 µg/g, bağırsakta 0,196 - 0,275 µg/g, deride 0,08 - 0,42 µg/g, kasta 0,21 - 0,349 µg/g, karaciğerde 0,254 - 0,5112 µg/g aralıklarında tespit etmişlerdir. İlkbahar mevsiminde alüminyumun en fazla solungaçta, en az bağırsakta biriktiğini bildirmişlerdir. Alüminyum değerleri yaz mevsiminde solungaç dokusu için ortalama 0.9229 µg/g, bağırsak için 1.0367 µg/g deri için 1.5696, kas için 0.4848, karaciğer için 0.6312 µg/g'dir. Sonbahar mevsiminde solungaç dokusu için ortalama 1.1453 µg/g, bağırsak için 0.5956 µg/g deri için 0.9198, kas için 0.7063, karaciğer için 0.6251 µg/g'dir. Kış mevsiminde solungaç dokusu için ortalama 1.8281 µg/g, bağırsak için 0.8636 µg/g deri için 0.9476, kas için 1.3872, karaciğer için 1.0224 µg/g'dir. Melet Irmağı'ndan örneklenen *C. banarescui* bireylerinde kas dokuda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde belirlenen Al miktarları sırasıyla 1.75 mg/kg, 1.32 mg/kg, 8.82 mg/kg ve 10.92 mg/kg şeklindedir (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4). *V. vimba* bireylerinde sırasıyla 1.38 mg/kg, 15.88 mg/kg, 11.20 mg/kg ve 0.26 mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.2.4.1-4.4.2.4.4). Kocaali istasyonundan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinde sırasıyla 4.59 mg/kg, 5.11 mg/kg, 3.32 mg/kg ve 6.59 mg/kg (Çizelge 4.4.2.6.1-4.4.2.6.4); Nehir ağız istasyonundan yakalanan *A. chalcoides* bireylerinde sırasıyla 2.63 mg/kg, 1.87

mg/kg, 5.63 mg/kg ve 18.50 mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4.2.8.1-4.4.2.8.4).

Melet Irmağı üzerinde belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada, Mahmudiye istasyonundaki (Çizelge 4.4.2.2.1-4.4.2.2.4) As elementinin ortalama konsantrasyonu ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde kas dokusunda sırasıyla  $0.39 \pm 0.046$  mg/kg,  $0.47 \pm 0.117$  mg/kg,  $1.32 \pm 0.386$  mg/kg ve  $0.99 \pm 0.07$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Karaciğer dokusunda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerindeki ortalama As konsantrasyonu sırasıyla  $1.35 \pm 0.482$  mg/kg,  $1.66 \pm 0.514$  mg/kg,  $2.08 \pm 0.457$  mg/kg ve  $1.05 \pm 0.18$  mg/kg şeklindedir. Yakalanan bireylerin solungaçlarında ise As birikimi ilkbaharda  $0.77 \pm 0.041$  mg/kg, yaz mevsiminde  $0.79 \pm 0.163$  mg/kg, sonbaharda  $2.32 \pm 0.526$  mg/kg, kış mevsiminde  $2.70 \pm 0.45$  mg/kg olarak bulunmuştur.

Melet Irmağı'ndaki *C. banarescui*, *V. vimba* ve *A. chalcoides* bireylerinin dokularındaki ağır metal düzeyleri ile diğer araştırmacıların farklı sucul sistemlerdeki farklı türlerle yapmış oldukları çalışmalarda tespit ettikleri ağır metal birikimleri hem benzerlik hem de farklılık göstermektedir. Balıkların doku ve organlarındaki ağır metal konsantrasyonunun farklılık gösterebileceği, ayrıca balık türünün beslenme alışkanlığına, yaşadığı ortamdaki ağır metal türüne ve konsantrasyonuna, o ortamda bulunduğu süreye bağlı olarak değişebileceği belirtilmiştir (Kargın ve Erdem, 1989). Akgün ve ark., (2007)'nin bildirdiğine göre, metaller doğal ortamlarda karışımlar halinde bulunurlar. Dolayısıyla hem birbirleri arasındaki etkileşimleri hem de suyun sıcaklık, pH, sertlik ve oksijen yoğunluğu gibi faktörleri, balıklar üzerindeki toksik etkilerini artırmaktadır. Ağır metallerin balık türleri üzerindeki toksik profilleri canlının türüne, yaşına, ayrıca ağır metalin vücut içerisine alınış yollarına, kimyasal özelliklerine, canlı tarafından absorblanma miktarına ve canlının ağır metale maruz kalma süresine göre değişebilmektedir (Bat ve ark., 1999).

Elde ettiğimiz sonuçlar, balıkların doku ve organlarındaki elementlerin birikim düzeylerinin habitata ve balık türlerine göre değiştiğini açıkça göstermektedir. Düşükcan, (2003)'in bildirdiğine göre, organizmalardaki ağır metal birikimi düzeyi, metalin türü ve konsantrasyonuna, su kalitesine, organizmanın türüne, mevsime, yaş ve beslenme tipine göre değişebilir. Sucul ekosistemler için özellikle ağır metalle

kontamine olmuş sularda yaşayan Cyprinid türleri için ağır metallerin tehlikeli olduğu da belirtilmiştir. Ayrıca, birikimlerdeki bu farklılıkların, karasal çevre, endüstriyel, evsel ve tarımsal tesislerin çeşitliliğinden de kaynaklanabilir. Doğrudan ve dolaylı olarak kontamine olan sularda ağır metal kontaminasyonunun artışı kaçınılmazdır. Kas dokusunda elde ettiğimiz sonuçlar (Çizelge 4.4.2.1.1-4.4.2.8.4), Melet Irmağı'nda yaşayan *C. banarescui*, *V. vimba* ve *A. chalcoides*'in kas dokularında ağır metal düzeylerinin bazı istasyonlar ve mevsimlerde ulusal ve uluslararası standartlarda (Çizelge 4.4.2.1) bildirilen tehlikeli sınırlarının altında veya üzerinde olduğunu göstermektedir.

## **5.5 Genotoksik Değerlendirmeler**

### **5.5.1 Balık Türlerine Ait Mikronükleus Frekansları Sonuçları**

Örnekleme yılı içerisinde Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin eritrosit hücrelerinde, As (yaz, sonbahar), Al (ilkbahar, sonbahar) ve Fe (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış) elementinin yüksek olduğu mevsimlerde gözlemlenen MN frekansındaki artışlar, sudaki ve sedimentteki farklı konsantrasyonlar dahi olsa, canlının genetik materyalinin sudaki bu değişimden etkilendiğini göstermektedir. As canlılar için esansiyel olmayan ağır metaller arasındadır ve toksik özelliğe sahiptir. Arseniğin toksik özelliği göz önünde bulundurularak MN testi sonuçları incelendiğinde, sırasıyla en yüksek MN frekansı yaz mevsiminde, sonra ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, en düşük MN frekansı ise kış mevsiminde hesaplanmıştır (Çizelge 4.5.3).

Kıranyağmur istasyonunda As'in suda en yüksek olduğu mevsim ilkbahar, sonbahar ve kış olarak göze çarpmaktadır. Ancak, bu istasyondan örneklenen *V. vimba* bireylerinin eritrosit hücrelerinde, yaz mevsiminde MN frekansı değeri en yüksektir. Bunun sebebi sudaki As ve diğer ağır metaller olabileceği gibi, bununla beraber pestisitler, evsel atıklar, havzanın doğal olarak maden cevherlerine sahip olması gibi farklı çevresel etkilerin de bir sonucu olarak ortaya çıktığı düşünülebilir. Arseniğin en yüksek konsantrasyonda olduğu ilkbahar mevsiminde MN frekansı da sonbahar ve kış mevsimlerine göre daha yüksektir. Sonbahar ve kış mevsimlerindeki arsenik konsantrasyonuna bağlı olarak MN frekansı değerlerinin de değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5.4).

MN frekansı değerleri Kocaali istasyonu için incelendiğinde (izelge 4.5.5), en yüksek değerler sırasıyla yaz, ilkbahar, sonbahar ve kiş mevsimlerinde görülmektedir. MN frekansının diğer mevsimlere göre daha sıcak olan yaz ve ilkbahar mevsimlerinde yüksek olması, ağır metal toksisitesi üzerinde etkili parametrelerden biri olan su sıcaklığı ile ilgili olabilir. Genel olarak ağır metallerin yüksek sıcaklık değerlerinde daha toksik etki gösterdiği kabul edilmektedir (Ergönül ve Altındağ, 2011). Sonbahar mevsiminde ise kiş mevsimine göre daha yüksek MN frekansı gözlenmesinin sebebi, arsenik ve alüminyum gibi esansiyel olmayan metallerin suda yüksek konsantrasyonda bulunmasıdır. Kiş mevsiminde ise hem Fe hem de Zn esansiyel metallere olmalarına rağmen, yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları canlı üzerinde toksik etki oluşturabilmektedir. Esansiyel metallere de organizmanın bünyesine girdiklerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. şenol ve Tekin-zan, (2016) Kovada Gölü'nde yaşayan *Carassius carassius* türünün karaciğer (Fe: 1296.10  $\mu\text{g/g}$ , Zn: 507.00  $\mu\text{g/g}$ ) ve böbrek (Fe: 997.81  $\mu\text{g/g}$ , Zn: 408.23  $\mu\text{g/g}$ ) dokularında biriken metallere, histomorfolojik değişikliklere sebep olduğunu belirtmişlerdir. Kocaali istasyonunda kiş mevsiminde tespit edilen kadmiyumun da, organizmaların yapısında doğal olarak bulunmayan, canlı bünyesine girdiğinde eser miktarda dahi olsa toksik etkiler oluşturan ve esansiyel olmayan metal olduğundan (zden ve ark., 2010; ağlak ve Karlı, 2014), hücresel ve moleküler düzeyde etkileri üzerine yapılan çalışmalarda, balıklarda bu düzeylerde dahi yapısal ve işlevsel bazı bozukluklara sebep olduğu belirtilmiştir (Kalay ve ark., 2004). Kadmiyum, toksisitesi yüksek olan çevresel kirleticilerden biridir. Sucul ortamlarda çok düşük konsantrasyonlarda olsa bile, balıklar gibi sucul organizmalar için oldukça zararlı etkileri bulunmaktadır. Yapılan diğer çalışmalarda da, kadmiyumun özellikle ağır metallere kontamine olmuş denizlerde, besin zincirinin st seviyelerinde yer alan balıklar tarafından alınarak biriktirildiğini ve farklı konsantrasyon düzeylerinde zararlı toksik etkiler oluşturduğunu belirtmektedir (Katalay ve Parlak, 2004; Öktüren Asri ve ark., 2007).

Nehir ağzı istasyonu MN frekansları diğer istasyonlarda da olduğu gibi en yüksek yaz mevsiminde, daha sonra ilkbahar, sonbahar ve kiş mevsimlerinde hesaplanmıştır (izelge 4.5.6). Arsenik bütün mevsimlerde canlının genetik materyalini etkilemesi muhtemel gözüken metal olarak tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde havanın da sıcak

olmasıyla beraber toksisitesinde de bir artışı olduğu görülmektedir. Balıkların hücrelerinde farklı konsantrasyonlara bağlı olarak meydana gelen mikronukleusların frekanslarında gerçekleşen artış, hücrelerin genotoksik kimyasallarla ve bu kimyasalların birlikte oluşturmuş oldukları kompleks bileşiklere maruz kalmaları sonucunda, gerek sucul ortamda gerekse laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çalışmalarla ortaya konmuştur (Çavaş, 2004).

Yazıcı, (2012)'nin Erzurum ili içerisindeki yerleşim bölgelerinden geçen Karasu Nehri'ndeki kirliliğin nehirde yaşayan balıklar üzerindeki genotoksik etkilerini belirlediği çalışmasında, Aşkale istasyonunun Dumlu ve Serçeme istasyonlarından özellikle ağır metal bakımından daha kirli olduğunu bildirmiştir. Buna bağlı olarak, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında Aşkale istasyonundan yakalanan balık türlerinde tespit edilen MN frekansının (*Leuciscus cephalus* için % 6.60; *Capoeta capoeta* için % 9.80) diğer istasyonlara göre yüksek çıkması (Dumlu istasyonundaki *L. cephalus* için % 2.80; *C. capoeta* için % 3.80 ve Serçeme istasyonundaki *L. cephalus* için % 1.40; *C. capoeta* için % 1.40), buradaki metal kirliliğini doğrulamıştır. Melet Irmağı türlerinde ilkbahar mevsiminde belirlenen MN frekansları *C. banarescui* (Mahmudiye) için % 2.10; *V. vimba* (Kıranyağmur) için % 1.80; *A. chalcoides* (Kocaali) için % 5.10 ve *A. chalcoides* (Nehir ağzı) için % 6.10 şeklindedir. Yaz mevsiminde ise yine sırasıyla *C. banarescui* (Mahmudiye) için % 2.20; *V. vimba* (Kıranyağmur) için % 5.20; *A. chalcoides* (Kocaali) için % 5.40 ve *A. chalcoides* (Nehir ağzı) için % 9.60 olarak hesaplanmıştır.

Yazıcı ve Şişman, (2015) Karasu Nehri'nin su kirliliğinin genotoksik etkilerini, MN testinden faydalanarak burada yaşayan *Barbus plebejus* türünde tespit etmişlerdir. Kirliliğin yoğun olduğu düşünülen Aşkale istasyonunda (Cd: 7.10 µg/L, Al: 287.80 µg/L, As: 12.50 µg/L, Pb: 11.30 µg/L ve Mn: 85.35 µg/L) ve daha temiz olduğu düşünülen Serçeme istasyonunda (Cd: <0.05 µg/L, Al: 69.20 µg/L, As: 2.20 µg/L, Pb: 3.05 µg/L ve Mn: 23.40 µg/L) gerçekleştirdikleri çalışmada, aşkale istasyonunda verilen ağır metallerin miktarlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. MN oluşumları incelendiğinde, Aşkale istasyonunda MN frekansının değerini % 2.00, Serçeme istasyonunda ise % 1.00 olarak tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, Aşkale istasyonundaki kirliliğin ağır metal bakımından Serçeme istasyonuna göre önemli derecede arttığını bildirmişlerdir.

Summak, (2009) Nilüfer Çayı (Bursa) suyunun genotoksik etkilerini MN testi ile değerlendirmiştir. Nilüfer Çayı üzerinde belirledikleri istasyonlardan aldıkları su örneklerine 3 ve 6 gün süreyle maruz bırakılan *Oreochromis niloticus* bireylerinin MN frekanslarında, daha temiz bölgedeki MN frekansı değerlerinin kirli bulunan Buttım ve Büyük Balıklı istasyonlarındaki MN frekansı artışının arasında önemli farklılıklar olduğunu belirtmiştir. Baraklı istasyonunda 3. ve 6. gün sonunda belirlenen MN frekansları sırasıyla ‰ 0.50 ve ‰ 0.50'dir. Çekrice istasyonu suyunun ‰10'luk konsantrasyonuna maruz kalan balıkların 3. ve 6. gün MN frekansları ‰ 1.50 ve ‰ 1.50; ‰20'lik konsantrasyonuna maruz kalan balıkların 3. ve 6. gün MN frekansları ‰ 1.00 ve ‰ 1.50 olarak belirlenmiştir. Kirli olan istasyonlardan Buttım istasyonu suyunun ‰ 10'luk konsantrasyonu 3. gün balıklarda ‰ 2.00'lik MN frekansı oluştururken, 6. günde gözlemlenen değer ‰ 2.75'tir. ‰20'lik konsantrasyonunda ise 3. gün ‰ 2.25, 6. Gün ‰ 4.00'tür. Bir diğer kirli istasyon Büyük Balıklı'da ‰ 10'luk konsantrasyonda 3. gün ‰ 3.00'lik, 6. gün ‰ 3.25 iken, ‰20'lik konsantrasyonunda ise 3. gün ‰ 4.25, 6. Gün ‰ 5.50'dir. Çalışmada, Nilüfer Çayı'nın üç farklı bölgesinden toplanan su örneklerinin element analizi sonuçlarında suda Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn oranlarının oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Melet Irmağı istasyonlarında ise suda Fe, As, Zn ve Al konsantrasyonları bazı istasyonlarda ve mevsimlerde yüksek bulunmuştur. MN frekanslarındaki artışlar, temelde element seviyelerindeki değişimlerle aynı doğrultuda etkiler oluşturmaktadır. Bu yapılan diğer çalışmalarda da görülmektedir.

Tatlı su ortamları dışında bunlara benzer şekilde, deniz ortamındaki balıklarla yapılan bir çalışmada, Çavaş, (2004) endüstriyel atıkların etkilerini araştırdığı çalışmasında, iki kirli istasyon olan Karaduvar ve Mersin Limanı ile daha temiz bir bölge olan Erdemli istasyonlarından *Mugil cephalus* örneklerinde MN frekanslarını dört mevsim için de değerlendirmiştir. Daha temiz olan Erdemli istasyonunda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde *M. cephalus* türünün eritrositlerinde belirlenen MN frekansı değerleri sırasıyla ‰ 1.31, ‰ 2.07, ‰ 1.17 ve ‰ 0.82 şeklindedir. Karaduvar istasyonunda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde MN frekansı değerleri sırasıyla ‰ 6.23, ‰ 7.05, ‰ 3.17 ve ‰ 4.01'dir. Mersin Limanı istasyonunda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde eritrositlerde belirlenen MN frekansı değerleri sırasıyla ‰ 4.93, ‰ 6.56, ‰ 4.37 ve ‰ 3.52

şeklinde. Sonuç olarak *M. cephalus* türünün eritrositlerinde hesaplanan en yüksek mikronükleus (MN) frekansları yaz mevsiminde ve en düşük mikronükleus (MN) frekansları kış mevsimindedir. Melet Irmağı'ndaki balık türleri için belirlenen MN frekansı değerleri yaz mevsiminde en yüksek ve kış mevsiminde en düşüktür. Bu açıdan çalışma sonuçları benzerlik göstermektedir. Ayrıca, yine mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, MN frekansı değerleri arasındaki farkın, özellikle yaz ve kış mevsimleri karşılaştırıldığında en yüksek, sonbahar ve kış mevsimleri karşılaştırıldığında ise en düşük olduğu, her iki çalışmada da benzer şekilde belirlenmiştir.

### 5.5.2 Balık Türlerine Ait Comet Parametreleri Sonuçları

*C. banarescui* bireylerinin eritrositleri kullanılarak gerçekleştirilen comet analizi verilerine göre, comet parametrelerinden biri olan kuyruk boyu değeri, mevsimler arasında büyükten küçüğe yaz, ilkbahar, sonbahar ve kış şeklinde sıralanmaktadır. Mevsimler arasındaki farklılıklar araştırılmış ve kış mevsimine ait değer diğer mevsimlerle arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri arasında ise anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). kuyruktaki DNA yüzdesi değeri kış mevsiminde % 11.51 olarak hesaplanmış ve diğer mevsimlerle karşılaştırıldığında aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Tespit edilen kuyruk momenti değerleri içinse, mevsimler arasında anlamlı bir fark yoktur ( $P>0.05$ ) (Çizelge 4.6.1).

Kıryanıyağmur istasyonu için comet analizi verileri değerlendirildiğinde ise, Comet parametrelerinden biri olan kuyruk boyu değeri, mevsimler arasında büyükten küçüğe yaz, ilkbahar, sonbahar ve kış şeklinde sıralanmaktadır. Mevsimler arasındaki farklılıklar değerlendirildiğinde, kış mevsimi diğer mevsimlerden farklı ve bu fark önemlidir ( $P<0.05$ ). İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri arasında ise anlamlı bir fark yoktur ( $P>0.05$ ). Aynı şekilde, kuyruktaki DNA yüzdesi ve baştaki DNA yüzdesi değerleri arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0.05$ ) (Çizelge 4.6.2). Kocaali istasyonuna ait comet analizi sonuçları da, *A. chalcoides* türü bireylerinin tüm mevsimlerde ağır metal konsantrasyonuna bağlı olarak etkilendiklerini göstermektedir. Mevsimler arasında karşılaştırma yapıldığında, tüm comet parametreleri için mevsimler arasında istatistiksel olarak bir farklılık tespit



edilmemiştir ( $P>0.05$ ). Ancak, comet parametrelerinden kuyruk boyu ve kuyruktaki DNA yüzdesi değerleri en fazla yaz mevsiminde daha sonra sırasıyla ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde saptanmıştır (Çizelge 4.6.3). Comet parametreleri bakımından değerlendirildiğinde, Nehir ağzı istasyonunda da mevsimler arasında kuyruk boyu, kuyruktaki DNA yüzdesi, baştaki DNA yüzdesi, kuyruk yoğunluğu, baş yoğunluğu ve kuyruk momenti değerlerinde istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır ( $P>0.05$ ) (Çizelge 4.6.4).

Okuşluk, (2008) Mogan Gölü'nden örneklediği ve kontrol grubu olarak kullandığı A.Ü. Ziraat Fakültesi Balık Araştırma Üretim çiftliğinden temin ettiği *Cyprinus carpio* bireylerinde tespit ettiği bazı comet parametrelerinin sonuçlarını, Mogan gölü bireylerinde kuyruk uzunluğu için 31.100  $\mu\text{m}$ , baş yoğunluğu için % 92.233, kuyruk yoğunluğu için % 7.767 ve kuyruk momenti için 1.500 olarak bildirmiştir. Kontrol grubu bireylerinde ise, kuyruk uzunluğu için 22.800  $\mu\text{m}$ , baş yoğunluğu için % 96.533, kuyruk yoğunluğu için % 3.467 ve kuyruk momenti için 0.40 olarak hesaplanmıştır. Kuyruk uzunluğu, baş yoğunluğu, kuyruk yoğunluğu ve kuyruk momenti değerleri için çalışma grubu ve kontrol grubu sonuçları karşılaştırıldığında, aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) olduğunu vurgulamıştır. Çizelge 4.6.1-4.6.4 incelendiğinde, Melet Irmağı'nda yaşayan *C. banarensis* türü için kış mevsiminde kuyruk boyu değeri (9.02  $\mu\text{m}$ ) ile ilkbahar (21.03  $\mu\text{m}$ ), yaz (21.40  $\mu\text{m}$ ) ve sonbahar (20.47  $\mu\text{m}$ ) mevsimlerindeki kuyruk boyu değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ( $P<0.05$ ). İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri arasındaki farklılık ise istatistiksel olarak önemsizdir ( $P>0.05$ ). *V. vimba* türü için kuyruk boyu değerleri arasında ilkbahar (25.12  $\mu\text{m}$ ), yaz (26.32  $\mu\text{m}$ ) ve sonbahar (22.16  $\mu\text{m}$ ) mevsimlerinde istatistiksel bir fark bulunmazken ( $P>0.05$ ), kış mevsiminde tespit edilen değer (17.78  $\mu\text{m}$ ) her üç mevsimle de aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Kocaali istasyonunda yaşayan *A. chalcoides* bireylerinde ise, ilkbahar (26.95  $\mu\text{m}$ ), yaz (27.75  $\mu\text{m}$ ), sonbahar (24.81  $\mu\text{m}$ ) ve kış (24.41  $\mu\text{m}$ ) mevsimlerinde kuyruk boyu değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir. Aynı şekilde, nehir ağzından yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin de ilkbahar (28.97  $\mu\text{m}$ ), yaz (29.11  $\mu\text{m}$ ), sonbahar (28.68  $\mu\text{m}$ ) ve kış (28.35  $\mu\text{m}$ ) mevsimlerinde tespit edilen kuyruk boyu değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir ( $P>0.05$ ).

*C. banarescui*'da kuyruk yoğunluğu (ilkbahar; % 26.63, yaz; % 26.34, sonbahar; % 21.23 ve kış; % 20.73) ve baş yoğunluğu (ilkbahar; % 73.37, yaz; % 73.66, sonbahar; % 78.77 ve kış; % 79.27) değerleri kendi aralarında değerlendirildiğinde, mevsimsel olarak aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ( $P>0.05$ ) (Çizelge 4.6.1). *V. vimba* bireylerinde, kuyruk yoğunluğu (ilkbahar; % 28.78, yaz; % 29.56, sonbahar; % 27.89 ve kış; % 26.99) ve baş yoğunluğu (ilkbahar; % 71.22, yaz; % 70.44, sonbahar; % 72.11 ve kış; % 73.01) değerleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde, mevsimsel olarak aralarında istatistiksel bir fark bulunmamıştır ( $P>0.05$ ) (Çizelge 4.6.2). *A. chalcoides* türünün eritrosit hücrelerinde belirlenen kuyruk yoğunluğu Kocaali istasyonunda ilkbaharda % 33.98, yazın % 35.99, sonbaharda % 33.36 ve kışın % 32.85) ve Nehir ağzı istasyonunda ilkbaharda % 40.27, yazın % 40.42, sonbaharda % 40.11 ve kışın % 38.05 olarak tespit edilmiştir. Baş yoğunluğu değerleri ise, Kocaali istasyonunda ilkbaharda % 66.02, yazın % 64.01, sonbaharda % 66.64 ve kışın % 67.15 ve Nehir ağzında baş yoğunluğu değerleri ilkbaharda % 59.73, yazın % 59.58, sonbaharda % 59.89 ve kışın % 61.95 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.3-4.6.4). Azalan değerlerde seyreden baş yoğunluğu, değeri artan bir kuyruk yoğunluğu ve kuyruk momenti değerleri anlamına gelmektedir. Açıklayacak olursak, bu durum genotoksik bir hasarın var olduğunu ve Nehir ağzı istasyonunda daha fazla gözlemlendiğini göstermektedir. Irmağın, ağır metaller de dahil tüm kirlilik yükünün nehir ağzında toplandığı düşünülürse, bu sonuç analizin doğruluğunu göstermektedir.

Mitkovska ve ark., (2017) nikel (Ni) ve kurşun (Pb) elementlerinin çeşitli konsantrasyonlarına (% 100, % 75, % 50, % 25) maruz bıraktıkları *C. carpio* bireylerinde kuyruktaki % DNA ve kuyruk momenti değerlerini değerlendirmişlerdir. İzin verilebilir konsantrasyonda 1000 µg (%100), 750 µg (%75), 500 µg (%50), 250 µg (%25) nikel ve 360 µg (%100); Pb 270 µg (%75); Pb 180 µg (%50); Pb 90 µg (%25) kurşun çözeltileri hazırlanmıştır. Hem kuyruktaki % DNA değeri hem de kuyruk momenti değerleri, her iki metal için de kontrol grubuyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli derecede genotoksik hasarın varlığını tespit etmişlerdir. % 100'lük konsantrasyonda Ni için %DNA<sub>T</sub> değeri 26.72 iken kuyruk momenti 2.43 olarak, Pb için %DNA<sub>T</sub> 26.37 ve kuyruk momenti 3.35 olarak hesaplanmıştır.

Önceki çalışmaların da sonuçları ışığında özetleyecek olursak, literatürde metal kontaminasyonu ile ilgili olarak yapılmış araştırmalar, Melet Irmağı'nda yaşayan balıkların eritrosit hücrelerinde hesaplanan MN frekansı ve comet parametreleri sonuçları bakımından bulgularımızı destekler niteliktedir. Karasu Nehri (Erzurum) ile nehri besleyen Serçeme Deresi ve Dumlu Deresi'nden yakalanan *Leuciscus cephalus*, *Capoeta capoeta*, *Gobius niger*, *Salmo trutta* türlerinde su kirliliğinin genotoksik etkilerinin araştırıldığı çalışmada (Yazıcı, 2012), incelemeler sonucunda mikronükleus başta olmak üzere, hücre çekirdeğinde meydana gelen morfolojik bozukluklar genotoksisite göstergeleri olarak değerlendirilmiştir. Balıklara ait eritrosit hücrelerinde hem mikronükleus oluşumları hem de diğer çekirdek anormallikleri gözlemlenmiştir. Melet Irmağı istasyonlarında incelenen bireylerin eritrositlerinde de çekirdek anormallikleri gözlemlenmiş ancak oluşumlarının az olduğu dikkati çekmiştir (Şekil 4.5.2). Melet Irmağı'nda çalışılan istasyonlarda da kirliliğe bağlı olarak artan bir çekirdek anormalliği belirlenmemiştir. Yazıcı, (2012)'nin yaptığı çalışmada, genotoksisitedeki artışın, Karasu Nehri'nin nehre bırakılan toksik atıklar ve kimyasallarca kirlendiği dolayısıyla belirlenen bu genotoksisitenin buna bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Melet Irmağı'nda bariz bir element kirliliği belirlenmemiş, ancak bazı istasyonlar ve mevsimlerde, su ve sedimentte dönem dönem artış gösteren elementlerin balıkların eritrositlerinde özellikle mikronükleus ve az sayıda da olsa çekirdek anormalliklerine sebep olduğu düşünülmektedir.

Melet Irmağı'nda Mahmudiye istasyonu için, suda Al ve Fe ilkbaharda, As ve Fe yaz mevsiminde, Al, As ve Fe ise sonbaharda yüksektir. Mahmudiye istasyonu, nehrin en yukarısında bulunan, çevresinde pek fazla yerleşim alanı olmayan, ancak tarım arazilerinin bulunduğu bir alandır. Bu nedenle, bu bölgedeki arsenik konsantrasyonunun fazlalığının kullanılan pestisitlerden kaynaklandığı düşünülebilir. Yağmur, rüzgar ve diğer sebeplerle suya karışan As, özellikle yağışın azaldığı, zaman zamansa ani yağışların yaşandığı yaz mevsiminde yüksek konsantrasyon göstermiştir. Benzer şekilde, yine yağışın en fazla görüldüğü ve su hareketlerinin çok olduğu sonbahar mevsiminde de As miktarı suda artmıştır. Pestisitlerin bakır (Cu), arsenik (As), kurşun (Pb), mangan (Mn) ve çinko (Zn) elementleri için kaynak oluşturduğu ve sucul çevrede kontaminasyona yol açtığı daha önceki çalışmalarda

bildirilmiştir (Aonghusa ve Gray, 2002; Summak, 2009). Mahmudiye istasyonunun sediment değerleri incelendiğinde, hem ilkbahar hem de sonbahar mevsiminde sedimentte belirli bir değerde bulunduğu ancak konsantrasyonunun yüksek olmadığı görülmektedir. Sediment, sucul sistemlerde ağır metal birikiminin en yoğun olduğu ve o bölgenin kontaminasyon miktarının tahmin edilebildiği en önemli göstergedir. As miktarının sedimentte yüksek olmaması ve suda limit değerleri aşmış olması, o bölgede anlık veya mevsimsel bazı değişimlerin olduğunu göstermektedir. Yağışlarla tarım arazilerinden taşınan pestisit kalıntıları, suda ani As konsantrasyonu yükselmesine neden olmuş olabilir. Fe ise ilkbahar mevsiminde sedimentte normal düzeylerdeyken, suda yüksek çıkması da, o bölgede yağış, suyun akış hızı veya başka sebeplerle ortamda anlık konsantrasyonunun arttığını göstermektedir. Her ne kadar Fe, canlılar için esansiyel bir element olsa da, yüksek konsantrasyonlarda toksik etkiler gösterebilmektedir. MN testi sonuçları incelendiğinde, en yüksek MN frekansı yaz mevsiminde (% 2.20), sonra sırasıyla ilkbahar (% 2.10) ve sonbahar (% 1.60) mevsimlerinde, en düşük MN frekansı ise kış mevsiminde (% 0.40) gözlemlenmiştir. Örneklem yılı içerisinde Mahmudiye istasyonundan örneklenen *C. banarescui* bireylerinin eritrosit hücrelerinde, As (yaz, sonbahar) ve Fe (ilkbahar) elementinin yüksek olduğu mevsimlerde gözlemlenen MN frekansındaki artışlar, sudaki ve sedimentteki farklı konsantrasyonlar dahi olsa, canlının genetik materyalinin sudaki bu değişimden etkilendiğini göstermektedir. Balık bireylerinin eritrositleri kullanılarak gerçekleştirilen Comet analizi verileri değerlendirildiğinde ise, Comet parametrelerinden biri olan kuyruk boyu değeri, mevsimler arasında büyükten küçüğe yaz, ilkbahar, sonbahar ve kış şeklinde sıralanmaktadır. Mevsimler arasındaki farklılıklar araştırılmış ve kış mevsimine ait değer diğer mevsimlerle arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ( $P < 0.05$ ). İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri arasında ise anlamlı bir fark yoktur ( $P > 0.05$ ) (Çizelge 4.6.1). İlkbahar mevsiminde Fe konsantrasyonunun yüksek, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise As konsantrasyonunun yüksek oluşu, *C. banarescui* bireylerinin eritrosit hücrelerinde genetik hasara sebep olmuş olabilir. Organizmaların genetik materyali olan DNA'da hasarlara yol açabilecek kimyasal ve fiziksel ajanlar tarafından, DNA molekülünün yapısında veya fonksiyonunda meydana getirilen değişiklikler, canlının onarım mekanizması tarafından tamir edilemeyecek boyutlara geldiğinde, biyolojik

organizasyonun farklı seviyelerinde farklı etkilerin ortaya çıkması söz konusu olmaktadır (Llorente ve ark., 2001). Metaller, hem nehir suyunun fiziko-kimyasal dengesini hem de besin zincirini bozmaktadır. Buna ek olarak, sucul canlılarda morfolojik, fizyolojik ve bu çalışmanın da konusunu oluşturan sitogenetik değişiklikler meydana getirirler. Ağır metallerce kontamine olmuş sulara maruz kalmış sucul organizmalar üzerinde yapılan birçok genotoksik çalışmada, metallerin sebep olduğu DNA hasarı ortaya konmuştur (Vargas ve ark., 2001; Matsumoto ve ark., 2006; Barbosa ve ark., 2009; Yadav ve Trivedi, 2009). Ağır metal konsantrasyonunun hiç yükselme göstermediği kış mevsiminde örneklenen bireylerde de, comet analizi sonucunda DNA kırılmaları gözlemlenmiştir. Ağır metallere kontamine olmuş nehirlerde yapılan diğer çalışmaların sonuçları ile balıkların ağır metallere maruz kalma süreleri arasındaki farklılıkları açıklamak amacıyla, kullanılan biyolojik belirteçler ve test organizmalarına ilaveten, ağır metaller arasındaki sinerjik veya antagonistik etkileşimleri de göz önünde bulundurmak gerekmektedir (Lambolez ve ark., 1994).

Melet Irmağı'nda Kıranyağmur istasyonu için, As ilkbahar, sonbahar ve kış mevsiminde yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir. Kıranyağmur istasyonu, nehir üzerinde belirlenen 2. istasyon olup, Topçam Barajı'nın altındaki ilk istasyondur. Çevresinde tarım arazileri bulunmaktadır. Bu nedenle, istasyonda farklı mevsimlerde değişen arsenik konsantrasyonundaki artış, tarım alanlarında kullanılan pestisitlerin bir sonucu olarak düşünülebilir. Çeşitli sebeplerle nehir suyuna geçen As, özellikle yağışın bol olduğu ilkbahar mevsiminde yüksek konsantrasyon göstermiştir. Benzer şekilde, yine yağışın en fazla görüldüğü ve su hareketlerinin çok olduğu sonbahar mevsiminde ve takibinde kış mevsiminde de As miktarı suda artmıştır. Kıranyağmur istasyonunun sediment değerleri incelendiğinde, tüm mevsimlerde sedimentte belirli bir değerde bulunduğu ancak konsantrasyonunun yüksek olmadığı görülmektedir. As miktarının sedimentte yüksek olmaması ve ilkbahar, sonbahar ve kış suda limit değerleri aşmış olması, o bölgede anlık veya mevsimsel bazı değişimlerin olduğunu düşündürmektedir. Yağışlarla tarım arazilerinden taşınan pestisit kalıntıları, suda As konsantrasyonunun yükselmesine sebep olmuş olabilir. As canlılar için esansiyel olmayan ağır metaller arasındadır ve toksik özelliğe sahiptir. Arseniğin toksik özelliği göz önünde bulundurularak MN testi sonuçları incelendiğinde, sırasıyla en

yüksek MN frekansı yaz mevsiminde (% 5.20), sonra ilkbahar (% 1.80) ve sonbahar (% 1.40) mevsimlerinde, en düşük MN frekansı ise kış mevsiminde (% 1.10) hesaplanmıştır. Kıranyağmur istasyonundan örneklenen *Vimba vimba* bireylerinin eritrosit hücrelerinde, As elementinin suda en yüksek olduğu mevsim sırasıyla ilkbahar, sonbahar, kış ve yaz olarak göze çarpmaktadır. Yaz mevsiminde MN frekansındaki yüksek değer, sudaki diğer ağır metallere beraber, farklı çevresel etkilerin bir sonucu olarak düşünülebilir. Arseniğin en yüksek konsantrasyonda olduğu ilkbahar mevsiminde MN frekansı da yüksektir. MN frekansı sonbahar ve kış mevsimlerindeki arsenik konsantrasyonu ile aynı doğrultuda MN frekansı değerleri göstermiştir. Sedimentte belli bir oranda biriken ve suda farklı konsantrasyonlarda var olan özellikle arsenik ve diğer metallerin, canlıların genetik materyalini etkileyerek DNA kırıklarına yol açtığı söylenebilir. Comet analizi verileri değerlendirildiğinde ise, Comet parametrelerinden biri olan kuyruk boyu değeri, mevsimler arasında büyükten küçüğe yaz, ilkbahar, sonbahar ve kış şeklinde sıralanmaktadır. Mevsimler arasındaki farklılıklar değerlendirildiğinde, kış mevsimi diğer mevsimlerden farklı ve bu fark önemlidir ( $P < 0.05$ ). İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri arasında ise anlamlı bir fark yoktur ( $P > 0.05$ ). Aynı şekilde, kuyruktaki DNA yüzdesi ve baştaki DNA yüzdesi değerleri arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemlidir (Çizelge 4.6.2). Özellikle ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde yüksek As konsantrasyonunun, *V. vimba* bireylerinin eritrosit hücrelerinde genetik hasara sebep olduğu hem MN testi hem de comet analizi ile belirlenmiştir.

Kocaali istasyonu için suda miktarı tespit edilen ağır metallere yüksek konsantrasyonda tespit edilen, sonbahar mevsiminde Fe ve As iken, kış mevsiminde Fe ve Zn elementleridir. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde As konsantrasyonu limit değere çok yaklaşmış olsa da, bu değeri geçmemiştir. Diğer metaller arasında ise konsantrasyonu yüksek metal bulunmamaktadır. Aynı mevsimler ve metaller için sediment örneklerinin ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde, sonbaharda Fe ve As sedimentte belli miktarlarda bulunmaktadır. As diğer istasyonlara göre en fazla birikimi göstermiş ( $6.1 \mu\text{g/g}$ ), ancak limit değeri aşmamıştır. Sonbahar mevsiminde ayrıca sedimentte limit değerinin üzerinde Cd ve Pb birikimi göze çarpmaktadır. Kadmiyum, toksisitesi yüksek olan çevresel kirleticilerden biridir. Sucul ortamlarda çok düşük konsantrasyonlarda olsa bile, balıklar gibi sucul organizmalar için oldukça

zararlı etkileri bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar, kadmiyumun özellikle ağır metallere kontamine olmuş denizlerde, besin zincirinin üst seviyelerinde yer alan balıklar tarafından alınarak biriktirildiğini ve farklı konsantrasyon düzeylerinde zararlı toksik etkiler oluşturduğunu belirtmektedir (Katalay ve Parlak, 2004; Öktüren Asri ve ark., 2007). Kış mevsiminde ise, Zn miktarı suda olduğu gibi limit değerin üzerinde tespit edilmiştir. Sedimentte var olan Zn elementinin, suda da sedimente bağlı olarak yüksek konsantrasyon göstermesi, burada yaşayan *A. chalcoides* bireyleri için esansiyel bir metal dahi olsa toksik etki yaratmış olabilir. Çinko esansiyel bir metal olarak kabul edilmektedir ve homeostazisin korunması için elzem metallere biridir. Buna rağmen, yüksek konsantrasyonlarda toksik etki göstermektedir (Clearwater ve ark., 2002; Ergönül ve Altındağ, 2011). Kış mevsiminde sedimentte ayrıca, limit değerlerin üzerinde tespit edilen kadmiyum ve kurşuna da rastlanmıştır. Ancak, suda rastlanmamış olması, herhangi bir sebeple suda oluşacak karışma, dalgalanma, dip canlılarının sedimenti kaldırması, bileşikler halinde çöken metalin çözünmesi gibi etkilerle karşılaşılmasıyla açıklanabilir. Çünkü, sediment ve sudaki ağır metal konsantrasyonlarının çeşitliliği; ayrıca sıcaklık, pH ve çözünen konsantrasyonu gibi pek çok parametreye bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Banerjee ve ark., 2016; Üçüncü Tunca, 2016). Yaz mevsiminde suda belirlenen ağır metal değerlerinde yüksek konsantrasyona sahip ve limit değeri aşan herhangi bir metale rastlanmamış olsa da, sediment numunelerinde Zn ve Cd limit değerin üzerindedir. Toksik ağır metallere biri olan Cd, toprağın ana materyalinden kaynaklanabileceği gibi, endüstriyel faaliyetlerden, fosforlu gübrelerin kullanımıyla tarımsal faaliyetlerden, lağım suları ve atmosferdeki depozitler gibi antropojenik faaliyetlerden kaynaklanabilmektedir (Assche ve Clijsters, 1990; Öktüren Asri ve ark., 2007). Pb ise limit değere yakın bir konsantrasyon göstermiştir (17.1 µg/g) (Çizelge 4.3.2). Kadmiyum, kurşun gibi metallere, organizmaların yapısında doğal olarak bulunmayan ve canlı bünyesine girdiklerinde eser miktarda dahi olsa toksik etkiler oluşturan non-esansiyel metallere olarak adlandırılmaktadırlar (Özden ve ark., 2010; Çağlak ve Karşlı, 2014). MN frekansı değerleri incelendiğinde, en yüksek değerler sırasıyla yaz, ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde görülmektedir. MN frekansının diğer mevsimlere göre daha sıcak olan yaz ve ilkbahar mevsimlerinde yüksek olması, ağır metal

toksisitesi üzerinde etkili parametrelerden biri olan su sıcaklığı ile ilgili olabilir. Genel olarak ağır metallerin yüksek sıcaklık değerlerinde daha toksik etki gösterdiği kabul edilmektedir (Ergönül ve Altındağ, 2011). Sonbahar mevsiminde ise kış mevsimine göre daha yüksek MN frekansı gözlenmesinin sebebi, arsenik gibi esansiyel olmayan bir metalin suda yüksek konsantrasyonda bulunmasıdır. Kış mevsiminde ise hem Fe hem de Zn esansiyel metaller olmalarına rağmen, yüksek konsantrasyonlarda canlı üzerinde toksik etki oluşturmalarından kaynaklanmaktadır. Comet analizi sonuçları da, *A. chalcoides* türü bireylerinin tüm mevsimlerde ağır metal konsantrasyonuna bağlı olarak etkilendiklerini göstermektedir. Mevsimler arasında karşılaştırma yapıldığında, istatistiksel olarak bir farklılık tespit edilmemiştir ( $P>0.05$ ). Ancak yine mikronükleus testi sonuçlarına benzer olarak, comet parametrelerinden kuyruk boyu ve kuyruktaki DNA yüzdesi değerleri en fazla yaz mevsiminde daha sonra sırasıyla ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde saptanmıştır (Çizelge 4.6.3). Bu da, yapılan genotoksik testlerin sonuçlarının uyumlu olduğunu ve birbirini desteklediğini göstermektedir.

Nehir ağızı istasyonunda ilkbahar ve yaz mevsiminde As; sonbahar mevsiminde Al, Fe ve As; kış mevsiminde ise Fe ve As konsantrasyonlarının yüksek olduğu belirlenmiştir. Arsenik metalinin tüm mevsimlerde mevcut olduğu göze çarpmaktadır. Nehir ağızı istasyonu, ırmağın bütün metal yükünün taşınarak bir noktada toplandığı alandır. Genel olarak düşünüldüğünde, arsenik ırmak boyunca varlığını hep göstermiştir. Bunun sebebi de, tarım alanlarında kullanılan pestisit içeriklerinden kaynaklı metal taşınımıdır. Sediment açısından incelendiğinde, tüm mevsimlerde limit değerinin üzerinde herhangi bir metale rastlanmamıştır. Ağır metal düzeyleri, suda daha değişken ve anlık ölçümlerde farklılık gösteren bir durumdur. Sediment ise, daha stabil ve ağır metal yükünü net bir şekilde göstermektedir. Bu sebeple, suda yüksek miktarlarda saptanan bu metallerin, yağış, taşınma ve diğer etkilerle ırmak suyuna karıştığı düşünülmektedir. MN frekansları diğer istasyonlarda da olduğu gibi en yüksek yaz mevsiminde, daha sonra ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde hesaplanmıştır. Arsenik bütün mevsimlerde canlıların genetik materyalini etkilemesi muhtemel gözükken metal olarak tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde havanın da sıcak olmasıyla beraber toksisitesinde de bir artışı olduğu görülmektedir. Balıkların hücrelerinde farklı konsantrasyonlara bağlı olarak meydana



gelen mikronukleusların frekanslarında gerçekleşen artış, hücrelerin genotoksik kimyasallarla ve bu kimyasalların birlikte oluşturmuş oldukları kompleks bileşiklere maruz kalmaları sonucunda, gerek sucul ortamda gerekse laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çalışmalarla ortaya konmuştur (Çavaş, 2004). Comet parametreleri bakımından değerlendirildiğinde, mevsimler arasında kuyruk boyu, kuyruktaki DNA yüzdesi, baştaki DNA yüzdesi, kuyruk yoğunluğu, baş yoğunluğu ve kuyruk momenti değerlerinde istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır ( $P>0.05$ ) (Çizelge 4.6.4). Comet analizi sonuçları, MN testi sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Orta ve Doğu Karadeniz bölümleri arasında doğal bir sınır olan Melet Irmağı, Doğu Karadeniz Havzası'nın önemli akarsularından biridir. Irmak, havza içerisinde bulunan noktasal ve noktasal olmayan kaynaklar tarafından oluşturulan bir kirlilik baskısı altındadır. Irmak üzerinde etkisi olan tüm antropojenik, tarımsal, doğal ve yapay etkiler, hem ırmağın doğal yapısını hem de suyun kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Yapılan bu çalışmada da, bu etkinin varlığı ortaya konmuştur. Bu araştırmada, genotoksik açıdan değerlendirilen elementlerin konsantrasyonları, kabul edilebilir limit değerlere (SKKY, 2004; YSKY, 2012) ve dünya genelinde yer kabuğunda (Turekian ve Wedepohl, 1961) olması gereken miktarlarına göre incelendiğinde, Melet Irmağı üzerinde belirlenen bazı istasyonlarda ve mevsimlerde suya ve sedimente ait ağır metal konsantrasyonlarının arttığı ve böylece balıklarda genotoksik etkilere sebep olacak derecelerde etkilediği belirlenmiştir.

Ordu ilinde özellikle fındık tarımında ve diğer tarım ürünlerinin yetiştirilmesinde bazı tarım zararlıları, yabancı otlar ve yapraklardaki küllemenin önüne geçilmesi için içeriğinde glifosat isopropilamin tuzu (480 g/l) bulunan tarım ilaçları kullanılmaktadır (Anonim, 2018b). Arslan, (2015) yaptığı çalışmada, aynı etken maddeyi içeren glifosat pestisitinin subletal dozlarına maruz bıraktığı gökkuşuğu alabalıklarında, eritrositlerdeki mikronükleus sayısında çok önemli artışlar olduğunu, aynı zamanda balıkların karaciğer ve solungaç dokularında da bazı histopatolojik etkilere yol açtığını belirtmiştir. Ayrıca, yapılan diğer çalışmalarda da belirtildiği üzere, pestisitler, organoklorlu pestisit (OCP) kalıntıları, poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), poliklorlu bifeniller (PCB) gibi kimyasal bileşikler de balıklar için genotoksik etkiler oluşturan kimyasallardır. Yapılmış bazı çalışmalarda, *Ameiurus nebulosus* türünde (Amado ve ark., 2006) PAH ve PCB ile kirlenmiş sularda ve *C. carpio* türünde (Pandrangı ve ark., 1995) PAH ve PCB'lerle kontamine olmuş sularda yaşayan balıklarda DNA hasarlarının frekanslarında artışlar olduğu tespit edilmiştir. *Leuciscus cephalus* türünde (Aniagu ve ark., 2006) ağır metaller kadar PAH, PCB, OCP'lerin; *Mugil* sp. ve *Netuma* sp. (de Andrade ve ark., 2004a; 2004b)'de yüksek sıcaklıkla beraber organoklorin pestisitlerin ve ağır metallerin DNA hasarına sebep olduğu bildirilmiştir. Melet Irmağı'ndan yakalanan *C.*

*banarescui*, *V. vimba* ve *A. chalcoides* bireylerinde gözlemlenen mikronükleus oluşumları ve comet parametreleriyle DNA kırıklarının oluşumundan hesaplanan değerler, balıkların eritrositlerinde görülen genotoksik hasarlara metal(oid) kontaminasyonunun yanında pestisitlerin de etkisinin olabileceğini düşündürmektedir.

Araştırma bulguları, sucul ekosistemlerin biyolojik olarak izlenmesinde, çevresel kirleticilerin sebep olduğu kontaminasyonun sonuçlarını görmede, hassas parametreler olarak kullanılan comet analizi ve mikronükleus testinin önem ve değerini vurgulamaktadır. Comet analizi parametreleri kullanılarak belirlenen eritrosit hücrelerindeki çekirdeklerde gerçekleşen DNA kırılmaları, balıkların su numunelerinde ölçümü alınan metallerin dışındaki maddelere veya suyun fiziko-kimyasal özelliklerine maruz kalmasıyla da ilişkilendirilebilir. Çünkü sucul ortamlardaki kirleticiler nadiren tek başına kimyasallar olarak ortaya çıkmakta, genel olarak birçoğu bir arada ve birbirleriyle etkileşim halinde bulunmaktadır. Ağır metallerle beraber çeşitli antropojenik faaliyetler sonucunda karışan organoklorlu pestisit kalıntıları, poliaromatik hidrokarbonlar, halojenli hidrokarbonlar, poliklorlu bifeniller ve diğer pestisitlerin sucul ekosistemlerde sebep olduğu olumsuz etkiler de, yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Çalışkan ve ark., 2003; Ayaş ve ark., 2007b; Özmen ve ark., 2008; Costa ve ark., 2009). Bu çalışmalarda, belirtilen kimyasalların bilinen genotoksik etkilerinin yanında, histolojik ve histopatolojik birçok etkilerinin de bulunduğu bildirilmiştir. Bunlar, karaciğer ve böbreklerdeki histopatolojik değişiklikler, solungaçlarda meydana gelen yapısal doku hasarları, fizyolojik stres, solungaçlardaki hasarlar sonucunda yaşanan solunum bozukluğu, asit-baz dengesinde bozulmalar ve en sonunda canlının ölümüyle sonuçlanan durumlar belirtilmiştir (Çalışkan ve Yerli, 2000).

Balıklarda uygulanan mikronükleus (MN) testinin, çeşitli sebeplerle oluşan genotoksitenin belirlenmesi için kullanışlı bir teknik olduğu görülmektedir. Ayrıca, bu test su kalitesinin belirlenmesinde de kullanılabilir. Oluşan mikronükleuslar karakteristiktir ve kolaylıkla belirlenebilir. Mikronükleus testinden hem *in situ* hem de kontrollü laboratuvar koşulları altında kolaylıkla ve sıkça yararlanılmaktadır (Pantaleao ve ark., 2006; Summak, 2009). Hem çalışmada tespit edilen ağır metaller, hem de çevresel diğer kirleticiler veya karşılıklı etkileşimleri birlikte, Melet Irmağı

istasyonlarında saptanan genotoksik hasara yol açmış olabilir. White and Rasmussen, (1998) bazı endüstriyel atık suların dikkat çekici genotoksitesine rağmen, evsel atık suların sucul sistemler ve bunlarla ilişkili biyota için daha büyük bir genotoksik tehlike oluşturduğuna dair kanıtları ortaya koymuşlardır. Scalon ve ark., (2010)'nın Sinos Nehri havzasında yaptıkları çalışmada da evsel atık suların birçoğunun hiçbir muamele görmeden havzaya karıştığını, bu nedenle genotoksite açısından incelenmesi ve kontrol edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Melet Irmağı istasyonlarından özellikle Kocaali istasyonunda sedimentte belirlenen yüksek miktardaki Cd ve Pb suda kendini belli etmemiştir. Su numunelerinde rastlanmaması henüz sediment tabanında belirli doygunluğa ulaşmamasının bir sonucudur. Dolayısıyla, ırmağın bu kısmında sürekli bir Cd ve Pb girişi olduğu da söylenememektedir. Ancak, ilerleyen zaman diliminde tarım alanlarının bulunduğu bu alanda, pestisitlerin ve tarım ilaçlarının kullanımının devamında ve maden işletmesinin etkisinde, bu durum su sistemi için tehlike oluşturabilir. Sediment, birçok sucul organizmanın beslenme, barınma ve yumurta bırakma alanını oluşturur. Ayrıca, su kalitesi ve dolaylı olarak da sucul organizmalar üzerinde önemli bir etkilere sahiptir. Biyolojik çeşitliliğin ve çevre kalitesinin belirleyicisi olarak da işlev gören sediment, kirlilik kaynaklarının belirlenmesinde, su örneklemeleri sırasında önemli istasyonların seçiminde de rol oynar (Gale ve ark., 2006). Tüm bunlar düşünüldüğünde, ırmağın bu anlamda izlenmesi, önemli ve üzerinde durulması gereken bir konudur.

Su örneklerinin limit değerleri aşan element düzeyleri incelendiğinde Mahmudiye ve Kıranyağmur istasyonları genel olarak Al, Fe ve As; Kocaali istasyonu Al, Fe, As, Zn, Cd ve Cu; nehir ağzı istasyonu ise Al, Fe, As ve Cu elementleri bakımından kirli bulunmuştur. Melet Irmağı Ordu ili için temel içme suyu kaynağıdır. Bu açıdan düşünüldüğünde, su kaynağının korunması ve devamlılığı için, yoğun olarak fındık tarımında kullanılan pestisitler, evsel atıklar ve diğer kirletici kaynakların çevreye bırakılmasıyla ilgili olarak halkın bilinçlendirilmesi gereklilik arz etmektedir.

Sediment örneklerinin limit değerleri aşan element düzeyleri değerlendirildiğinde ise, Kocaali istasyonunda sadece yaz mevsiminde Zn ve Cd, sonbahar mevsiminde Cd ve Pb, kış mevsiminde Zn, Cd ve Pb elementleri bakımından; nehir ağzı istasyonunda

ise sonbahar mevsiminde Cd elementi konsantrasyonu bakımından sedimentin kirli olduğu belirlenmiştir. Her ne kadar Melet Irmağı için yakın bir zamanda söz konusu gibi gözükme de, sedimentteki ağır metal kontaminasyonu, su kalitesini ve sucul organizmalardaki biyoakümüülasyonu etkileyerek uzun vadede insan sağlığı ve sucul ekosistem üzerinde problemler doğurabilir. Bazı yerleşim alanlarının yakınından akıp giden nehir, yerel halk tarafından avcılık, sulama ve diğer ihtiyaçlar için faydalanılan bir kaynak oluşturmaktadır. Bu nedenle, ırmağın havza özellikleri de göz önünde bulundurulduğunda, sedimentteki ağır metallerin jeokimyasal dağılımlarının ve sedimentte birikim mekanizmalarının da düzenli takibi gereklidir. Sedimentteki element kontaminasyonun ve ırmak suyuyla olan ilişkisinden dolayı kontaminasyonun devam etmesi durumunda, kirliliğin kontrolünde su kalite yönetimine ait yaklaşımların geliştirilmesi de büyük bir önem taşımaktadır.

Balık bireylerinin kas dokularında tespit edilen ve bazı ulusal ve uluslararası standart değerler ile karşılaştırılan elementlerden olan arsenik, *C. banarescui* ve *V. vimba* bireylerinin kas dokusunda ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde (FAO, 1983); Kocaali istasyonunda yaşayan *A. chalcoides* bireylerinde sonbahar mevsiminde (FAO, 1983); nehir ağzı istasyonunda yaşayan *A. chalcoides* bireylerinde ise ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde (FAO, 1983) yüksek tespit edilmiştir. Alüminyum, *V. vimba* bireylerinin kas dokusunda yaz mevsiminde (IAEA, 2003), nehir ağzı istasyonunda yaşayan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokularında ise kış mevsiminde (IAEA, 2003) yüksektir. Kurşun, Kocaali istasyonunda yaşayan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda sonbahar (Anonim, 2002; IAEA, 2003; Anonim, 2011b; EC, 2008) ve kış (FAO, 1989; WHO, 1989; Anonim, 2002; IAEA, 2003; Anonim, 2011b; EC, 2008) mevsimlerinde limit değerlerin üzerinde belirlenmiştir. Sonuçlara göre, yerel halk tarafından avlanarak bir besin kaynağı olarak değerlendirilen bu türlerin, dikkatli tüketilmesi önem arz etmektedir.

Mahmudiye istasyonunda yaz mevsiminde suda ve *C. banarescui* bireylerinin kas dokusunda limit değerlerin üzerinde tespit edilen As elementinin etkisi, MN frekansı ve comet parametrelerinin değerlerine de yansımıştır. Aynı durum ile sonbahar mevsiminde de karşılaşılmıştır. As elementi hem suda hem de balık bireylerinin kas dokularında sınır değerleri aşmıştır. Mikronükleus frekansı yaz mevsiminde en yüksek değerdeyken, sonbahar mevsiminde yazı göre daha düşük değerdedir. Comet

parametrelerinden olan ve hücre çekirdeğindeki DNA'da meydana gelen kırılmaların yoğunluğuna göre değişen kuyruk boyu değeri, yaz mevsiminde sonbahar mevsimine göre daha düşüktür. Buna rağmen, bir başka parametre olan ve kırılan DNA parçalarının miktarını yansıtan kuyruktaki % DNA değeri, yaz mevsiminde sonbahar mevsimine göre daha yüksektir. Kıranyağmur istasyonundaki *V. vimba* bireyleri için elde edilen sonuçlara bakıldığında, ilkbahar ve sonbahar mevsiminde balıkların yine genel olarak As elementinin etkisinde olduğu göze çarpmaktadır. Yaz mevsiminde ise, Al ve Fe elementleri hem suda hem de balıkların kas dokusunda limit değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. Bu mevsimlerde yakalanan bireylerin eritrosit hücrelerindeki MN frekansları ve Comet parametreleri incelendiğinde, her üç elementin de konsantrasyonlarının bireyleri genotoksik açıdan etkilediği açıkça görülmüştür. Yaz mevsiminde hem Al hem de Fe elementlerinin etkisindeki *V. vimba* bireylerinde en yüksek MN frekansı gözlemlenmiştir. Comet parametreleri açısından, kuyruk uzunluğu, kuyruktaki % DNA ve kuyruk momenti değerleri de en yüksek saptanan değerler olarak hesaplanmıştır. Kocaali istasyonunda suda As ve sedimentte Pb miktarları limit değerlerin üzerinde bulunmuş, bu bölgeden yakalanan *A. chalcoides* bireylerinin kas dokusunda da hem As hem de Pb konsantrasyonlarının limit değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bu bireylerin karaciğer ve solungaçlarında da As ve Pb elementlerinin birikim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bölgeye yakın bulunan çinko, bakır ve kurşun işletmelerinin varlığı, su ve sedimentte kendini göstermiştir. Kış mevsiminde ise aynı istasyonda Zn elementi suda, sedimentte ve balıkların kas dokusunda aynı anda limit değerlerin üzerindedir. Fakat dikkati çeken nokta, mikronükleus frekansının diğer mevsimlere göre en düşük değerde hesaplanmış olduğudur. Zn elementinin hem esansiyel bir metal oluşu hem de çevresel bir etki olarak su sıcaklığının düşük oluşunun, metalin kuvvetli olabilecek etkisini azalttığı aşikardır. Nehir ağzı istasyonunda As elementi tüm mevsimlerde hem suda hem de balıkların kas dokusunda limit değerlerin üzerindedir. Havzanın bu anlamda As elementinin etkisi altında olduğu görülmektedir. Çünkü nehir ağzı ırmağın tüm yükünün aşağıda toplandığı bir alandır ve yukarıdaki istasyonlarda da As elementi sürekli varlığını göstermiştir. Bu istasyondan örneklenen *A. chalcoides* bireylerinde MN frekansı en yüksek yaz ayında ve en düşük kış ayında belirlenmiştir. Comet parametreleri açısından değerlendirildiğinde,

yaz mevsiminde kuyruk boyu en yüksek, kış mevsiminde en düşük değerdedir. Kuyruktaki % DNA değeri ve kuyruk momenti değerleri de yaz mevsiminde en yüksek, kış mevsiminde en düşük gözlemlenmiştir.

Kıranyağmur istasyonunda kış mevsiminde, suda limit değeri geçen ancak balık dokularında geçmemiş olan Al, As ve Fe elementlerinin dahi MN oluşumlarına sebep olduğu dikkati çekmiştir. Diğer mevsimler için hesaplanan MN frekansı değerlerinden daha düşük olsa da, kış mevsiminde de mikronükleus oluşumuyla karşılaştırılması, sadece su ve sedimentte bulunan elementlerin değil, araştırmada varlığı saptanmamış pestisitler ve diğer bileşiklerin de balıklar üzerinde etkisinin olabileceğini düşündürmektedir. Kocaali istasyonunda ilkbahar ve yaz mevsimlerinde Fe elementinin suda, yaz mevsiminde ise Zn ve Cd elementlerinin sedimentte limit değerleri geçmiş olmasına karşılık, *A. chalcoides* bireylerinin kas dokularında bu elementler limit değerleri geçmemiştir. Buna rağmen, bu istasyonda en yüksek MN frekanslarına sırasıyla yaz ve ilkbahar mevsimlerinde gözlemlenmiştir. Bu durum ırmak üzerinde belirlenen bu istasyonun, sadece ağır metal ve metaloidlerce etkilenmediğini açıkça göstermektedir. Kocaali istasyonunun yoğun fındık tarımının yapıldığı bir bölgede oluşu, yerleşim yerlerinden dolayı evsel atıklara maruz kaldığı ve bu bölgede hayvancılığın da yoğun olarak yapılmasından dolayı, analizleri yapılmayan diğer kirletici maddeleri de barındırdığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Irmağın kirletici yükü bakımından yoğun olduğu gözden kaçırılmamalıdır.

Sucul ortamların genotoksitesinin belirlenmesinde, mikronükleus frekanslarının tespiti ve comet analizi yöntemlerinin balıklar gibi organizmalardan faydalanılarak uygulanmasının mümkün olduğu, bu çalışmayla bir kez daha gösterilmiştir. Bu yöntemler, Melet Irmağı'nda da başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Melet Irmağı'nda yaşayan bazı balık türlerinde de, ağır metaller ve metaloidler gibi olası kirleticilerin genotoksik etkilere sebep olduğu ve ortaya çıkardıkları DNA değişimlerinin tespiti, comet analizi ve mikronükleus testi kullanılarak belirlenmiştir. Uygulanan bu yöntemlerin, var olan kirleticilerin suda ve sedimentte yüksek miktarlarda olmaları halinde veya düşük konsantrasyonlarda olsalar bile, oluşturabilecekleri genotoksik etkileri ve organizmada oluşabilecek genotoksik kontaminasyonu değerlendirmek için de oldukça uygun metotlar olduğu bir kez daha gösterilmiştir. Ayrıca, genel

olarak düşünülürken, DNA değişimlerinin sucul sistemde var olan kirleticilerin neler olduğunun, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin detaylı bilgisine gerek kalmadan genotoksitelerinin saptanmasında ve etkilerinin miktarlarının belirlenmesinde de avantaj sağladığı gösterilmiştir. Melet Irmağı üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmada, *C. banarencui*, *V. vimba* ve *A. chalcoides* türlerinin eritrositleri kullanılarak yapılan comet analizi ve mikronükleus testi, Melet Irmağı'nın genotoksik bir potansiyele sahip olduğuyla ilgili bilgiler sağlamıştır. Melet Irmağı'nın muhtemel kirleticilerden nasıl etkilendiği ve ırmağın biyolojik olarak izlenmesinin bu analizlerle başarılı bir şekilde gerçekleştirilebileceğini göstermiştir. Ek olarak, bu analizlerin güvenilir metotlar olarak kullanılabilceğini de kanıtlamıştır.

Bu çalışma, Melet Irmağı'nın ağır metaller gibi toksik maddeler tarafından nasıl ve ne derece etkilendiğini geleneksel bir yöntem olan su, sediment ve dokulardaki element birikimlerinin kimyasal analizlerinin gerçekleştirilmesi yanında, bu elementlerin burada yaşayan balıklardaki genotoksik etkilerinin de araştırılmasıyla daha kapsamlı sonuçlar elde etmemizi sağlamıştır. Çünkü yaşadıkları ortamla bir bütün halinde olan balıklar, buldukları bölgedeki toksik etkileri de gösterebilmektedir. Ayrıca, balıklar gibi organizmalar hem kendi bünyelerindeki toksik maddelerin konsantrasyonu hem de toksik maddenin birikim miktarına bağlı olarak verdikleri biyolojik yanıtlar arasındaki ilişkinin anlaşılmasında büyük fayda sağlamaktadırlar. Bu sebeple, ağır metallerin sucul sistemlerdeki durumunun su ve sediment konsantrasyonlarının yanında canlıda hangi ölçüde birikim gösterdiği ve canlıyı hangi yollarla nasıl etkilediğinin araştırılması da giderek önem kazanmaktadır. Bu durum, yapılan bu çalışmada da kanıtlanmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen tüm sonuçlar düşünülürken, aşağıda belirtilen önerilerin göz önünde bulundurulması da önem arz etmektedir:

- Hem organizmaların sağlığı hem de yaşadıkları sucul sistem hakkında daha fazla bilgi edinilebilmesi açısından, buna benzer çalışmaların üzerinde daha fazla durulmalıdır. Elde dileyen sonuçlara uygun olarak, gelecekte karşılaşılabilecek durumlara karşı alınacak önlemler bugünden planlanmalıdır.
- Nüfusun hızla artması ve ortaya çıkan antropojenik etkiler, hali hazırda doğal oluşumunda metallerin etkisinde olan Melet Irmağı'nı olumsuz olarak



etkilemektedir. Ordu ilinin içme ve kullanma suyu kaynağı olan bu ırmağın üzerindeki baskıları hafifletmek ve akarsu sisteminin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla, buna benzer çalışmalara devam edilmelidir. Akarsu havzasında yaşanan ve yaşanması muhtemel olan problemlerin önüne büyümeden geçilmesi bu aşamada önemlidir. Çalışmalar sonucunda vurgulanan problemlerin çözümü için Melet havzasının kirleticiler tarafından kontaminasyonunu azaltmak ve sürdürülebilirliğini sağlamak adına çözüm önerileri üretilmeye ve uygulanmaya çalışılmalıdır.

- Melet Irmağı için havza bazında oluşturulacak bir koruma statüsüne acilen ihtiyaç bulunmaktadır. Bu anlamda alınacak önlemlerin, yapılan bu çalışmanın sonuçları göz önünde bulundurularak bir an önce değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, yurdumuzda bulunan akarsu havzaları, göller ve denizler bu bakış açısıyla ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

- Irmak üzerinde belirlenen istasyonlardan yakalanan *C. banarescui*, *V. vimba* ve *A. chalcoides* türleri, havzanın çevresindeki yerleşim bölgelerinde oturan yerel halk tarafından tüketilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, yakalanan balıkların kas dokularında As, Al, Pb, Fe ve Zn elementleri bazı ulusal ve uluslararası standart değerlerin üzerindedir. İnsanlar tarafından avlanarak tüketilen bu türlerin, özellikle As, Al ve Pb içerikleri bakımından insan sağlığını tehdit edebileceği dikkate alınmalıdır.

- Sonuçlara göre, Melet Irmağı'nda yaşayan diğer canlı türleri de ağır metal kontaminasyonu tehdidi ile karşı karşıyadır. Dolayısıyla, diğer canlıların dokularındaki element birikimi düzeyleri de araştırılmalıdır.

- Ağır metaller ile tarım ilaçları ve pestisitlerden kaynaklı diğer etken maddelerin ekosistemlere sürekli katılımlarıyla, ırmak suyunda, sedimentinde ve balıkların dokularında tespit edilen element konsantrasyonları ile buna bağlı olarak balıklarda belirlenen genotoksik etkilerin, günden güne artması söz konusudur. Canlılarda birçok çevresel faktörle gerçekleşebilen genotoksik hasarın, uygulanan bu testlerle hızlı ve güvenilir bir şekilde tespitinin mümkün olduğu görülmüştür. Organizmaların hücre tamir mekanizmasının yetersiz kalması sonucu mutasyonlardan kansere varan derecelerde etkilenmeleri söz konusu olduğundan, bu çalışmalar erken teşhis açısından dikkate alınmalıdır.

- Sucul sistemlerde üreticilerden son tüketicilere kadar organizmaların organ ve dokularında biriken ağır metaller ve diğer kimyasal maddeler, besin zincirinin üst basamaklarına konsantrasyonları artarak ulaşmaktadır. Bu durumda kirleticiler, sucul ekosistemdeki besin zincirini oluşturan organizmalar için zehirli olabilmektedir. Zehirli etkileri olmasa bile, doku ve organlarda biriken kimyasallar dolaylı olarak besin zinciri yoluyla insanlara kadar ulaşabilmektedir. Dolayısıyla bu yolla insan sağlığını da tehdit etmektedirler. Bu sebeple, ırmakta yaşayan balık türleri ve diğer canlıların sağlığı, dolayısıyla insan sağlığı bakımından gerekli tedbirlerin de bir an önce alınarak, faaliyete geçirilmesi sağlanmalıdır.
- Tüm bu kirlilik kaynakları yanında günden güne daha fazla kirlilik etmeninin ortaya çıkması, sistemde hali hazırda mevcut olan biyoçeşitliliğin de azalabileceği gerçeğini göstermektedir. İrmağın hem fiziko-kimyasal özelliklerinin belirli periyotlarda takibi hem de balıklar gibi sucul organizmalarla havzanın durumunun ele alınıp, ırmağın kaynak kısmından mansaba kadar farklı zonlarının değerlendirilmesi yoluyla suyun kalitesinin, organizmalar için optimum yaşam şartlarının ve kirlilik kaynaklarının kontrolü sağlanmalıdır.
- Melet Irmağı'nın geçtiği Ordu ili, jeolojik konumundan dolayı doğal halinde bile ağır metallerce belli bir miktar içeriğe sahiptir. Bunun yanında, ırmağın kontaminasyonuna yol açabilecek diğer genotoksik ajanlar konusunda hali hazırda net bir bilgi bulunmamaktadır. Öncelikle ırmaktan toplanacak su ve sediment örneklerinde ağır metallerin yanı sıra başta diğer genotoksik ajanları oluşturan çeşitli DDT, pestisitler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, poliklorlu bifenil bileşikler gibi kimyasalların da varlıklarının araştırılması, nehrin geleceği ve sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Ayrıca, ağır metal ve diğer genotoksik ajanların burada yaşayan balıklar ve diğer canlılardaki etkilerinin izlenmesi gerekmektedir.
- Yapılan bu çalışma, sucul sistemlerin kirletici faktörlerle nasıl ve ne derece etkilendiğinin izlenmesi, balıklarda meydana gelen genotoksik etkilerin, akut veya kronik olma durumlarının daha kapsamlı araştırılmasının önemini ortaya koymuştur. Ağır metaller dışında, suda bulunabilecek organoklorlu pestisit kalıntıları (OCP), poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), halojenli hidrokarbonlar (HAH), poliklorlu bifeniller (PCB), diklorodifeniltrikloroethan (DDT), heptaklor, heptaklor epoksit, aldrin gibi organoklorlu bileşikler, insektisitler ve diğer pestisit kalıntıları su

sistemlerinde bir arada değerlendirilmeli veya laboratuvar çalışmalarıyla da desteklenerek ele alınmalıdır. Melet Irmağı, özellikle fındık tarımının yapıldığı ve diğer tarımsal faaliyetlerin de sürdürüldüğü bir havza olarak, ağır metaller dışında yukarıda belirtilen diğer ksenobiyotiklere de açık bir bölgedir. Melet Irmağı balıklarında tespit edilen genotoksik etkilerin varlığı düşünüldüğünde, ileride yapılacak çalışmaların kapsam ve yöntemlerinin de yukarıdaki durumlar göz önünde bulundurularak geliştirilmesi ve uygulanması, daha kuvvetli veriler elde edilmesi bakımından önem arz etmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

- Adiloğlu, M. (2013). Organoklorlu Pestisitlerin Buğday Bitkisi (*Triticum aestivum* L.) ve Japon Balığı (*Carassius auratus* L.) Üzerindeki *in vitro* Genotoksik Etkilerinin Comet Tekniği ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Akan, T. (2012). Organofosforlu Pestisitlerin Arpa Bitkisi (*Hordeum vulgare* L.) ve Zebra Balığı (*Danio rerio*) Üzerindeki *in vitro* Genotoksik Etkilerinin Comet Testi ile Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Akaydın, A. (2014). Doğu Karadeniz sularından yakalanan ekonomik öneme sahip bazı balık türlerinde ağır metal birikiminin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Giresun.
- Akbaş, A. (2015). Ordu ili Aşağı Melet ırmağının sedimentte ağır metal birikimi. Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Giresun.
- Akbulut, A., & Emir Akbulut, N. (2010). The study of heavy metal pollution and accumulation in water, sediment, and fish tissue in Kızılırmak River Basin in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 167(1-4), 521-526.
- Akgün, M., Gül, A., & Yılmaz, M. (2007). Sakarya nehri Çeltikçe Çayı'nda yaşayan *Leuciscus cephalus* L., 1758 dokularında ağır metal birikimi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakóltesi Dergisi*, 27(2), 179-189.
- Aksu, P. (2007). İnci Balığı'nda (*Acanthalburnus microlepis*, De Filippi 1863) Sodyum Hipoklorit'in (NaOCl) Genotoksik Etkisi ve LC<sub>50</sub> Değeri. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kars.
- Alam, M. G. M., Tanaka, A., Stagnitti, F., Allinson, G., & Maekawa, T. (2001). Observations on the effects of caged carp culture on water and sediment metal concentrations in lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 48(1), 107-115.
- Alkan, N., Aktaş, M., & Gedik, K. (2012). Comparison of metal accumulation in fish species from the southeastern Black sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88(6), 807-812.
- Alkan, A., Alkan, N., & Akbaş, U. (2016). The factors affecting heavy metal levels in the muscle tissues of whiting (*Merlangius merlangus*) and red mullet (*Mullus barbatus*). *Tarım Bilimleri Dergisi – Journal of Agricultural Sciences*, 22(3), 349-359.
- Allen, P. (1995). Chronic accumulation of cadmium in the edible tissues of *Oreochromis aureus* (Steindachner); modification by mercury and lead. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 29(1), 8-14.

- Allen-Gil, S. M., & Martynov, V. G. (1995). Heavy metal burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River, northern Russia. *Science of the Total Environment*, 160-161, 653-659.
- Al-Sabti, K. (1994). Micronuclei induced by selenium, mercury, methylmercury and their mixtures in binucleated blocked fish erythrocyte cells. *Mutation Research*, 320(1-2), 157-163.
- Al-Sabti, K., & Metcalfe, C. D. (1995). Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water. *Mutation Research*, 343(2-3), 121-135.
- Altaş, L., & Büyükgüngör, H. (2007). Heavy metal pollution in the Black Sea shore and offshore of Turkey. *Environmental Geology*, 52(3), 469-476.
- Amado, L. L., Robaldo, R. B., Geracitano, L., Monserrat, J. M., & Bianchini, A. (2006). Biomarkers of exposure and effect in the Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus* (Teleostei: Paralichthyidae) from the Patos Lagoon estuary (Southern Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 52(2), 207-213.
- Andersson, T., Förlin, L., Olsen, S., Fostier, A., & Breton, B. (1993). Pituitary as a target organ for toxic effects of P4501A1 inducing chemicals. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 91(1-2), 99-105.
- Aniagu, S. O., Day, N., Chipman, J. K., Taylor, E. W., Butler, P. J., & Winter, M. J. (2006). Does exhaustive exercise result in oxidative stress and associated DNA damage in the chub (*Leuciscus cephalus*)? *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 47(8), 616-623.
- Anlaş, F. C. (2014). Amoksisilin'in Alabalıklarda (*Oncorhynchus mykiss*) in vivo Genotoksik Aktivitesinin Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Anonim (2002). Gıda maddelerinde belirli bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi hakkında tebliğ, türk gıda kodeksi yönetmeliği. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Resmi Gazete (23 Eylül 2002), Sayı: 24885.
- Anonim (2004). Ordu çevre durum raporu. T.C. Ordu Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Ordu.
- Anonim (2009). Evimizdeki tehlikeli atıklar el kitabı. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 46s.
- Anonim (2011a). Ordu çevre durum raporu. T. C. Ordu Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Ordu, 209s.
- Anonim (2011b). Türk gıda kodeksi bulaşanlar yönetmeliği. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Resmi Gazete (29 Aralık 2011), Sayı: 28157.
- Anonim (2016). Ordu ili 2015 yılı çevre durum raporu. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çed ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, Ordu.
- Anonim (2017). Comet analizi eğitimi rehberi <http://www.autocomet.com/TutorialCometScore.pdf> , 21.02.2018



- Ay, Ö., Kalay, M., Tamer, L., & Canli, M. (1999). Copper and lead accumulation in tissues of a freshwater fish *Tilapia zilli* and its effects on the branchial Na, K-ATPase activity. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 62(2), 160-168.
- Ayaş, Z., Ekmekçi, G., Yerli, S. V., & Özmen, M. (2007a). Heavy metal accumulation in water, sediments and fishes of Nallihan Bird Paradise, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 28(3), 545-549.
- Ayaş, Z., Ekmekçi, G., Özmen, M., & Yerli, S. V. (2007b). Histopathological changes in the livers and kidneys of fish in Sariyar Reservoir, Turkey. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 23, 242-249.
- Aydın Uncumusaoğlu, A., Şengül Ü., & Akkan, T. (2016). Environmental contamination of heavy metals in the Yağlıdere Stream (Giresun), Southeastern Black Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(12), 5492-5498.
- Aygün Ertürk, F. (2013). Ağır metallerin neden olduğu genetik ve epigenetik değişikliklerin moleküler yöntemlerle belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Erzurum.
- Balkıs, N., Topcuoğlu, S., Güven, K. C., Öztürk, B., Topaloğlu, B., Kırbaçoğlu, Ç., & Aksu, A. (2007). Heavy metals in shallow sediments from the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea regions of Turkey. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 13(2), 147-153.
- Banerjee, S., Kumar, A., Maiti, S. K., & Chowdhury, A. (2016). Seasonal variation in heavy metal contaminations in water and sediments of Jamshedpur stretch of Subarnarekha river, India. *Environmental Earth Sciences*, 75(3), 1-12.
- Barak, N. E., & Mason, C. F. (1990). Mercury, cadmium and lead concentrations in five species of freshwater fish from eastern England. *Science of the Total Environment*, 92, 257-263.
- Barbosa, J. S., Cabral, T. M., Ferreira, D. N., Agnezlina, L. F., & Batistuzzo De Medeiros, S. R. (2009). Genotoxicity assessment in aquatic environment impacted by the presence of heavy metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(3), 320-325.
- Barlow, S., Renwick, A. G., Kleiner, J., Bridges, J. W., Busk, L., Dybing, E., Edler, L., Eisenbrand, G., Fink-Gremmels, J., Knaap, A., Kroes, R., Liem, D., Müller, D. J., Page, S., Rolland, V., Schlatter, J., Tritscher, A., Tueting, W., & Würtzen, G. (2006). Risk assessment of substances that are both genotoxic and carcinogenic report of an international conference organized by EFSA and WHO with support of ILSI Europe. *Food and Chemical Toxicology*, 44(10), 1636-1650.
- Bat, L., Gündoğdu, A., & Öztürk, M. (1999). Ağır metaller. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6, 166-175.
- Bayhan, T., & Ünübol Aypak, S. (2016). Büyük Menderes deltasından avlanan kefal ve levreklerde Cu, Zn ve Cd düzeylerinin belirlenmesi ve metallotiyonin ile ilişkisinin araştırılması. *Gıda*, 41(5), 359-365.

- Belpaeme, K., Cooreman, K., & Kirsch-Volders, M. (1998). Development and validation of the *in vivo* alkaline comet assay for detecting genomic damage in marine flatfish. *Mutation Research*, 415, 167-184.
- Bettini, S., Ciani, F., & Franceshini, V. (2006). Recovery of the olfactory receptor neurons in the African tilapia marine following exposure to low copper level. *Aquatic Toxicology*, 76(3-4), 321-328.
- Bickham, J. W., Sandhu, S., Herbert P. D. N., Chikhi, L., & Athwal, R. (2000). Effects of chemical contaminants on genetic diversity in natural populations: implications for biomonitoring and ecotoxicology. *Mutation Research*, 463(1), 33-51.
- Bolognesi, C., & Hayashi, M. (2011). Micronucleus assay in aquatic animals. *Mutagenesis*, 26(1), 205-213.
- Bopp, K. S., Abicht, H. K., & Knauer, K. (2008). Copper-induced oxidative stress in rainbow trout gill cells. *Aquatic Toxicology*, 86(2), 197-204.
- Boran, M., & Altinok, I. (2010). A review of heavy metals in water, sediment and living organisms in the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(4), 565-572.
- Bostancı, D., Kurucu, G., & Polat, N. (2015). Evaluating bony structures for ageing and growth parameters of *Capoeta banarescui* inhabiting lower Melet River (Ordu-Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 704-708.
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1992). Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Alabama University, Alabama.
- Bryan, G. W. (1976). Some aspects of heavy metal tolerance in aquatic organisms. (Editör: A.P.M. Lockwood), effects of pollutants on aquatic organisms. Cambridge University Press, Cambridge.
- Buschini, A., Martino, A., Gustavino, B., Monfrinotti, M., Poli, P., Rssi, C., Santoro, M., Dörr, A. J. M., & Rizzoni, M. (2004). Comet assay and micronucleus test in circulating erythrocytes of *Cyprinus carpio* specimens exposed *in situ* to lake waters treated with disinfectants for potabilization. *Mutation Research*, 557(2), 119-129.
- Butterworth, B. E. (2006). A classification framework and practical guidance for establishing a mode of action for chemical carcinogens. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 45(1), 9-23.
- Calderón-Garcidueñas, L., Osnaya, N., Rodríguez-Alcaraz, A., & Villarreal-Calderón, A. (1997). DNA damage in nasal respiratory epithelium from children exposed to urban pollution. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 30(1), 11-20.
- Camargo, M. M. P., Fernandes, M. N., & Martinez, C. B. R. (2009). How aluminium exposure promotes osmoregulatory disturbances in the neotropical freshwater fish *Prochilus lineatus*. *Aquatic Toxicology*, 94(1), 40-46.



- Candan, E. D. (2010). Melet ırmağında (Ordu) bulunan *Cladophora* (Chlorophyta) örneklerindeki ağır metal birikimi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ordu.
- Candan, E. D., & Taş, B. (2014). Melet Irmağı'nda (Ordu) *Cladophora crispata*'da bazı ağır metal düzeyleri. *Journal of Fisheries Sciences*, 8(2), 104-113.
- Canlı, M., & Atlı, G. (2003). The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, 121(1), 129-136.
- Canpolat, Ö., & Çalta, M. (2003). Heavy metals in some tissues and organs of *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) fish species in relation to body size, age, sex and seasons. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12(9), 961-966.
- Carrasco, K. R., Tilbury, K. L., & Myers, M. S. (1990). Assessment of the piscine micronucleus test as an *in situ* biological indicator of chemical contaminant effects. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47(11), 2123-2136.
- Catton, W. T. (1951). Blood cell formation in certain teleost fishes. *Blood*, 6, 39-60.
- Chaiyo, S., Apiluk, A., Siangproh, W., & Chailapakula, O. (2016). High sensitivity and specificity simultaneous de-termination of lead, cadmium and copper using PAD with dual electrochemical and colorimetric detection. *Sensors and Actuators B*, 233, 540-549.
- Cicik, B. (2003). Bakır-çinko etkileşiminin sazan (*Cyprinus carpio* L.)'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi üzerine etkileri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 12(48), 32-36.
- Clearwater, S. J., Farag, A. M., & Meyer, J. S. (2002). Bioavailability and toxicity of dietborne copper and zinc to fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C; Toxicology and Pharmacology*, 132(3), 269-313.
- Cornetta, T., Padua, L., Testa, A., Levoli, E., Festa, F., Tranfo, G., Baccelliere, L., & Cozzi, R. (2008). Molecular biomonitoring of a population of nurses handling antineoplastic drugs. *Mutation Research*, 638(1-2), 75-82.
- Correia, T. G., Narcizo, A. M., Bianchini, A., & Moreira, R. G. (2010). Aluminum as an endocrine disruptor in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 151(4), 461-466.
- Costa, P. M., Diniz, M. s., Caeiro, S., Lobo, J., Martins, M., Ferreira, A. M., Caetano, M., Vale, C., DelValls, T. A. & Costa, M. H. (2009). Histological biomarkers in liver and gills of juvenile *Solea senegalensis* exposed to contaminated estuarine sediments: A weighted indices approach. *Aquatic Toxicology*, 92, 202-212.
- Çağlak, E., & Karslı, B. (2014). Beyşehir Gölü'ndeki sudak (*Stizostedion lucioperca*, Linnaeus 1758) balığı kasında bazı ağır metallerin birikiminin araştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20, 203-214.
- Çağlar, C. (2010). Suğla Gölü'nde yaşayan *Phoxinellus anatolicus* Hanks, 1924 ve *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758'nun karaciğer, kas ve solungaç dokularında

ağır metal düzeyleri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Konya.

- Çalışkan, M., & Yerli, V. S. (2000). Organochlorine Pesticide Residues in Aquatic Organisms from Köyceğiz Lagoon System, Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, 121, 1-9.
- Çalışkan, M., Erkmen, B., & Yerli, S. V. (2003). The effects of zeta cypermethrin on the gills of common guppy *Lebistes reticulatus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 14, 117-120.
- Çavaş, T. (2004). Endüstriyel atıkların genotoksik etkilerinin mikronükleus testi ve AgNOR analiz teknikleri kullanılarak *in-situ* ve laboratuvar koşulları altında araştırılması. Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Mersin.
- Çavaş, T., Garanko, N. N., & Arkhipchuk, V. V. (2005). Induction of micronuclei and binuclei in blood, gill and liver cells of fishes subchronically exposed to cadmium chloride and copper sulphate. *Food and Chemical Toxicology*, 43(4), 569-574.
- Çavaş, T., & Könen, S. (2007). Detection of cytogenetic and DNA damage in peripheral erythrocytes of goldfish (*Carassius auratus*) exposed to a glyphosate formulation using the micronucleus test and the comet assay. *Mutagenesis*, 22(4), 263-268.
- Çavaş, T., & Könen, S. (2008). *In vivo* genotoxicity testing of the amnesic shellfish poison (domoic acid) in piscine erythrocytes using the micronucleus test and the comet assay. *Aquatic Toxicology*, 90(2), 154-159.
- Çavaş, T. (2011). *In vivo* genotoxicity evaluation of atrazine and atrazine-based herbicide on fish *Carassius auratus* using the micronucleus test and the comet assay. *Food and Chemical Toxicology*, 49(6), 1431-1435.
- Çavusoğlu, K., Gündoğan, Y., Çakır Arıca, Ş., & Kırındı, T. (2007). *Mytilus* sp. (midye), *Gammarus* sp. (nehir tırnağı) ve *Cladophora* sp. (yeşil alg) örnekleri kullanılarak Kızılırmak nehrindeki ağır metal kirliliğinin araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 52-60.
- Çekim, M., & Dere, T. (2014). Eğri Çayı'na deşarj edilen endüstriyel atıksuların karakterizasyonu ve kirlilik yüklerinin belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(3), 207-213.
- Çetin, M. (2012). Sazan (*Cyprinus carpio*) Balığında Krom (VI)'nın Histopatolojik ve Mikronükleus Testi ile Genotoksik Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Çetin, E., Güher, H., & Gürsoy Gaygusuz, Ç. (2016). Altınyazı Baraj Gölü'nde (Edirne-Türkiye) yaşayan bazı balık türlerinde ağır metal birikimlerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Aquatic Sciences*, 31(1), 1-14.
- Çiftçi, N., Korkmaz, C., Ay, Ö., Karayakar, F., & Cicik, B. (2017). Bakır ve kurşunun *Oreochromis niloticus*'da hepatosomatik indeks, gonadosomatik

- indeks ve kondüsyon faktörü üzerine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 13(1), 12-18.
- Çok, İ., Ulutaş, O. K., Okuşluk, Ö., Durmaz, E., & Demir, N. (2011). Evaluation of DNA damage in common carp (*Cyprinus carpio* L.) by comet assay for determination of possible pollution in Lake Mogan (Ankara). *The Scientific World Journal*, 11, 1455-1461.
- Dave, G., & Xiu, R. (1991). Toxicity of mercury, copper, nickel, lead, and cobalt to embryos and larvae of zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 21(1), 126-134.
- de Andrade, V. M., de Freitas, T. R., & da Silva, J. (2004a). Comet assay using mullet (*Mugil* sp.) and sea catfish (*Netuma* sp.) erythrocytes for the detection of genotoxic pollutants in aquatic environment. *Mutation Research*, 560(1), 57-67.
- de Andrade, V. M., da Silva, J., da Silva, F. R., Heuser, V. D., Dias, J. F., Yoneama, M. L., & de Freitas, T. R. O. (2004b). Fish as bioindicators to assess the effects of pollution in two southern Brazilian rivers using the Comet assay and micronucleus test. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 44(5):459–68.
- De, A., Sen, P. C., & Tewari, I. C. (1993). Enteropathogenic bacteria in river Ganges in Varanasi. *Indian Journal of Pathology and Microbiology*, 36(4), 425-432.
- Dhawan, A., Bajpayee, M., & Parmar, D. (2009). Comet assay: a reliable tool for the assessment of DNA damage in different models. *Cell Biology and Toxicology*, 25(1), 5-32.
- Díaz, A., Carro, S., Santiago, L., Estévez, J., Guevara, C., Blanco, M., Sánchez, L., Sánchez, L., López, N., Cruz, D., López, R., Cuetara, E. B. & Fuentes, J. L. (2009). Estimates of DNA strand breakage in bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) leukocytes measured with the comet and DNA diffusion assays. *Genetics and Molecular Biology*, 32(2), 367-372.
- Dick, P. T., & Dixon, D. G. (1985). Changes in circulating blood cell levels of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, following acute and chronic exposure to copper. *Journal of Fish Biology*, 26(4), 475-481.
- Dixon, D. R., Pruski, A. M., Dixon, L. R. J., & Jha, A. N. (2002). Marine invertebrate eco-genotoxicology: a methodological overview. *Mutagenesis*, 17(6), 495-507.
- Dural, M., & Göksu, M. Z. L. (2006). Çamlık lagünü (Karataş, Adana), seston, bentoz ve sedimentinde mevsimsel ağır metal değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1), 65-69.
- Dündar, Y., & Aslan, R. (2005). Yaşamı kuşatan ağır metal kurşunun etkileri. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 6, 1-5.
- Düşükcan, M. (2013). Heavy metal contents in the muscle tissue of *Capoeta trutta* fish species in relation to body size and sex. *Turkish Journal of Science & Technology*, 8(2), 91-97.

- EC (2008). Commission Regulation (EC) No 629/2008 of 2 July 2008 amending regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, L173, 0006–0009.
- Ergönül, M. B., & Altındağ, A. (2011). Çinko ve bakırın kadife balığı (*Tinca tinca* L., 1758) için akut toksisitesinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 14(3), 19-24.
- Ersoy, B. (2006). Kuzeydoğu Akdeniz (Adana/Karataş) Bölgesi'nde avlanma mevsiminde tüketilen balıkların besin kompozisyonu ve ağır metal içerikleri. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Adana.
- Factori, R., Leles, S. M., Novakowski, G. C., Rocha, C. L. S. C., & Thomaz, S. M. (2014). Toxicity and genotoxicity of water and sediment from streams on dotted duckweed (*Landoltia punctata*). *Brazilian Journal of Biology*, 74(4), 769-778.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (1983). Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fishery Circulars No:764, Fish and Agriculture Organization, Roma, Italy.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (1989). National research council recommended dietary 626 allowances 10th ed. National Academy Press., Washington, DC. USA.
- Förstner, G., & Wittmann, T. (1981). Metal pollution in the aquatic environment, Berlin Heidelberg. *Newyork Springer Verlag*, 3(21), 271-318.
- Gale, S. A., King, C. K., & Hyne, R. V. (2006). Chronic sublethal sediment toxicity testing using the estuarine amphipod, *Melita plumulosa* (Zeidler): evaluation using metal-spiked and field-contaminated sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25(7), 1887-1898.
- Gökkuş, K. (2008). İskenderun ve Antalya körfezlerindeki kemane balığı (*Rhinobatus Rhinobatus*, L., 1758)'nin çeşitli organlarında ağır metal birikiminin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya.
- Güldiren, O., & Tekin Özan, S. (2018). Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nda yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın kas, karaciğer ve solungaçlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 157-167.
- Güner, U., & Gökalp Muranlı, F. D. (2011). Micronucleus Test, Nuclear Abnormalities and Accumulation of Cu and Cd on *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 615-622.
- Güner, U., & Gökalp Muranlı, F. D. (2013). Balıklarda tek hücre jel elektroforezi (comet assay). *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi / The Black Sea Journal of Sciences*, 3(9), 103-114.

- Güven, K., Özbay, C., Ünlü, E., & Satar, A. (1999). Acute lethal toxicity and accumulation of copper in *Gammarus pulex* (L.) (Amphipoda). *Turkish Journal of Biology*, 23(4), 513-21.
- Gyori, B. M., Venkatachalam, G., Thiagarajan, P. S., Hsu, D., & Clement, M. V. (2014). Open comet: an automated tool for comet assay image analysis. *Redox Biology*, 9(2), 457-465.
- Handy, R. D. (1992). The assessment of episodic metal pollution I. uses and limitations of tissue contaminant analysis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after short waterborne exposure to cadmium or copper. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 22(1), 74-81.
- Hatipoğlu, İ. K. (2012). Turnasuyu ile Melet ırmağı arası kıyı bölgesinin jeomorfolojisi, Ordu. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Samsun.
- Hatipoğlu, İ. K. (2017). Melet ırmağı orta ve aşağı çığırının uygulamalı jeomorfolojisi, Ordu. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Samsun.
- Hayashi, M., Ueda, T., Uyeno, K., Wada, K., Kinae, N., Saotome, K., Tanaka, N., Takai, A., Sasaki, Y. F., Asano, N., Sofuni, T., & Ojima, Y. (1998). Development of genotoxicity assay systems that use aquatic organisms. *Mutation Research*, 399(2), 125-133.
- Heddle, J. A., Hite, M., Kirkhart, B., Mavoumin, K., Mac Gregor, J. T., Newell, G. T. & Salamone, M. F. (1983). The induction of micronuclei as a measure of genotoxicity. A report of the U.S. environmental protection agency gene-tox program. *Mutation Research*, 123(1), 61-118.
- Henry, T. B., Kwon, J. W., Armbrust, K. L., & Black, M. C. (2004). Acute and chronic toxicity of five selective serotonin reuptake inhibitors in *Ceriodaphnia dubia*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23(9), 2229-2233.
- Hilmy, A. M., El Domiaty, N. A., Daabees, A. Y., & Abdel Latife, H. A. (1987). Some physiological and biochemical indices of zinc toxicity in two fresh water fishes, *Clarias lazera* and *Tilapia zilli*. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part C*, 87(2), 297-301.
- Hoofman, R. N., & De Raat, W. K. (1982). Induction of nuclear anomalies (micronuclei) in the peripheral blood erythrocytes of the eastern mudminnow *Umbra pygmaea* by ethyl methanesulphonate. *Mutation Research*, 104(1-3), 147-152.
- IAEA (2003). World-wide intercomparison exercise for the determination of trace elements and methylmercury in fish homogenate international atomic energy agency - 407 Report No: IAEA/AL/144 IAEA/MEL/72.
- Ikuta, S. (1985). Ab initio MO calculations on the stable conformations and their binding energies of the ion-molecule complexes: Ion= H<sup>+</sup>, Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> Be<sup>2+</sup>, and molecule= CO and N<sub>2</sub>. *Chemical physics*, 95(2), 235-242.

- Imandoust, S. B., & Gadam, S. N. (2007). Are people willing to pay for river water quality, contingent valuation. *International Journal of Environmental Science Technology*, 4(3), 401-408.
- İkikat Tümer, E. (2017). Kahramanmaraş ilinde su kirliliğinin çiftçiler üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1), 25-31.
- Jordao, C. P., Pereira, J. C., Brune, W., Pereira, J. L., & Braathen, P. C. (1996). Heavy metal dispersion from industrial wastes in the Vale Do Aço, Minas Gerais, Brazil. *Environmental Technology*, 17(5), 489-500.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., & Timur, S. (2003). Metallerin çevresel etkileri –I. *TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi*, 136, 47-53.
- Kalay, M., Koyuncu, C. E., & Dönmez, A. E. (2004). Comparison of cadmium levels in the muscle and liver tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* caught from the Mersin Gulf, (In Turkish). *Ekoloji Çevre Dergisi*, 1352, 23-27.
- Kammann, U., Bunke, M., Steinhart, H., & Theobald, N. (2001). A permanent fish cell line (EPC) for genotoxicity testing of marine sediments with the comet assay. *Mutation Research*, 498(1-2), 67-77.
- Kammann, U., Biselli, S., Hühnerfuss, H., Reineke, N., Theobald, N., Vobach, M., & Wosniok, W. (2004). Genotoxic and teratogenic potential of marine sediment extracts investigated with comet assay and zebrafish test. *Environmental Pollution*, 132(2), 279-287.
- Kaptan, H., & Tekin Özcan S. (2014). Eğirdir Gölü'nün (Isparta) Suyunda, Sedimentinde ve Gölde Yaşayan Sazan'ın (*Cyprinus carpio* L., 1758) Bazı Doku ve Organlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. *Suleyman Demirel University Journal of Science (E-Journal)*, 9(2), 44-60.
- 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(9), 1371-1376.
- Karahasan, F., & Bayrak Özbucak, T. (2015). *Typha latifolia* L. türünün farklı kısımlarındaki ağır metal ve makro element miktarlarının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 151-160.
- Kargın, F., & Erdem, C. (1989). Farklı Cu konsantrasyonlarının *T. nilotica*'da birikimi ve mortalite üzerine etkileri. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(2), 53-66.
- Katalay, S., & Parlak, H. (2004). Kadmiyum'un *Gobius niger* L., 1758 (Pisces: Gobiidae)'in eritrosit yapısı üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi*, 21(1-2), 99-102.
- Kates, R. W. (2000). Population and consumption. *Environment*, 42(3), 10-19.
- Kayhan, F. E., Çolak, S., Yön, N. D., Kaymak, G., & Akbulut, C. (2015). Trace metal levels in abdominal muscle tissues of freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) from Iznik lake, Bursa, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(2), 20-25.

- Kır, İ., Tekin Özan, S., & Tuncay, Y. (2007). Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24(1-2), 155-158.
- Kırıcı, M., Taysı, M. R., Bengü, A. Ş., & İspir, Ü. (2013). Murat Nehri'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da bazı metal düzeylerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 85-90.
- Klaasen, C. D., Liu, J. & Choudhuri, S. (1999). Metallothionein: an intracellular protein to protect against cadmium toxicity. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 39, 267-294.
- Klobučar, G. I. V., Stambuk, A., Pavlica, M., Peric, M. S., Kutuzovic, B., & Hylland, H. K. (2010). Genotoxicity monitoring of freshwater environments using caged carp (*Cyprinus carpio*). *Ecotoxicology*, 19(1), 77-84.
- Kodat, M. (2016). Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı sedimentlerinde solunum oranlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Giresun.
- Kontas S., Bostancı D., & Polat N. (2015). Aşağı Melet Irmağı (Ordu)'nda Yasayan *Barbus tauricus* Kessler, 1877'un Biyometrik ve Meristik Karakterleri. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 5(12), 53-69.
- Kontaş S., Bostancı D. (2015a). New Fisheries-related data from the Mediterranean Sea (April 2015) Determination of reliable bony structure for ageing and biological data of the Crimean barbel *Barbus tauricus* Kessler, 1877 from Turkey. *Mediterranean Marine Science*, 16(1), 285-293.
- Kontaş S., Bostancı D. (2015b). Morphological and Biometrical Characteristics on Otolith of *Barbus tauricus* Kessler, 1877 on Light and Scanning Electron Microscope. *International Journal of Morphology*, 33(4), 1380-1385.
- Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., & Arslan, N. (2015). Heavy Metal Accumulations in Water, Sediment, and Some Cyprinid Species in Porsuk Stream (Turkey). *Water Environment Research*, 87(3), 195-204.
- Kumar, P., Kumar, R., Nagpure, N. S., Nautiyal, P., Kushwaha, B., & Dabas, A. (2013). Genotoxicity and antioxidant enzyme activity induced by hexavalent chromium in *Cyprinus carpio* after *in vivo* exposure. *Drug and Chemical Toxicology*, 36(4), 451-460.
- Kurucu, G., Bostancı, D., Polat, N. (2014). Aşağı Melet Irmağı (Ordu-Türkiye)'nda Yaşayan *Capoeta banarescui*'nin Meristik ve Morfometrik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 4(10),1-14.
- Lambolez, L., Vasseur, P., Ferrad, J. F., & Gisbert, T. (1994). The environmental risks of industrial waste disposal: an experimental approach including acute and chronic toxicity studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 28(3), 317-328.
- Levesque, H. M., Moon, T. W., Campbell, P. G. C., & Hontela, A. (2002). Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of yellow perch (*Perca flavescens*) chronically exposed to metals in the field. *Aquatic Toxicology*, 60(3-4), 257-267.

- Llorente, M. T., Martos, A., & Castaño, A. (2002). Detection of cytogenetic alterations and blood cell changes in natural populations of carp. *Ecotoxicology*, 11(1), 27-34.
- Mansour, S. A., & Sidky, M. M. (2002). Ecotoxicological studies. 3. heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate, Egypt. *Food Chemistry*, 78(1), 15-22.
- Marple, T., Li, H., & Hasty, P. (2004). A genotoxic screen: rapid analysis of cellular dose-response to a wide range of agents that either damage DNA or alter genome maintenance pathways. *Mutation Research*, 554(1-2), 253-266.
- Mascher, F. (1987). Bacteriological examinations of drinking water in the district of Melut (Upper Nile Province) South Sudan. *Journal of hygiene, epidemiology, microbiology and immunology*, 31(1), 23-30.
- Matsumoto, S. T., Mantovani, M. S., Malaguttii, M. I. A., Dias, A. L., Fonseca, I. C., & Marin-Morales, M. A. (2006). Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root-tips. *Genetics and Molecular Biology*, 29(1), 148-158.
- Mendil, D., Uluozlu, O. D., Hasdemir, E., Tuzen, M., Sari, H., & Suicmez, M. (2005). Determination of trace metal levels in seven fish species in lakes in Tokat, Turkey. *Food Chemistry*, 90(1-2), 175-179.
- Mendil, D., Demirci, Z., Tuzen, M., & Soylak, M. (2010a). Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species from the Black sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48(3), 865-870.
- Mendil, D., Ünal, O. F., Tuzen, M., & Soylak, M. (2010b). Determination of trace metals in different fish species and sediments from the River Yeşilırmak in Tokat, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48(5), 1383-1392.
- Milošković, A., Dojcinovic, B. P., Simic, S. B., Pavlovic, M., Simic, V. M. (2014). Heavy metal and trace element bioaccumulation in target tissues of three edible predatory fish species from bovan reservoir. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(8a), 1884-1891.
- Minareci, O., Öztürk, M., & Minareci, E. (2004). Manisa Belediyesi evsel atık su arıtma tesisinin, Gediz nehrinin ağır metal kirliliğine olan etkilerinin belirlenmesi. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 5(2), 135-139.
- Mitchelmore, C. L., & Chipman, J. K. (1998). Detection of DNA strand breaks in brown trout (*Salmo trutta*) hepatocytes and blood cells using the single cell gel electrophoresis (comet) assay. *Aquatic Toxicology*, 41(1-2), 161-182.
- Mitkovska, V. I., Dimitrov, H. A., & Chassovnikarova, T. G. (2017). *In vitro* genotoxicity and cytotoxicity assessment of allowable concentrations of nickel and lead: comet assay and nuclear abnormalities in acridine orange stained erythrocytes of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Zoologica Bulgarica*, 8, 47-56.



- Mol, S., Özden, Ö., & Oymak S. A. (2010). Trace Metal Contents in Fish Species from Ataturk Dam Lake (Euphrates, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10: 209-213.
- Mutlu, C., Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., & Ateş, A. (2012). Comparison of the heavy metal concentrations in Atlantic Horse Mackerel, *Trachurus trachurus*, from coastal waters of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(2), 304-307.
- Ojima, Y., Ueno, K., & Hayashi, M. (1976). A review of the chromosome numbers in fishes. *La kromosomo*, 30, 19-47.
- Okuşluk, Ö. (2008). Mogan Gölü'ndeki olası kirlenmenin sazan balıklarında (*Cyprinus carpio* L.) comet testi kullanılarak araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Öktüren Asri F., Sönmez, S., & Çıtak, S. (2007). Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Derim*, 24(1), 32-39.
- Özbucak, T., Ertürk, Ö., Ergen Akçin, Ö., Polat, G., & Özbucak, S. (2018). Maden Yataklarında Bulunan Bazı Bakterilerin Ağır Metallerin Biyoremediasyonunda Kullanılabilir Potansiyellerinin Belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 114-124.
- Özden, Y. (2008). Enne ve Porsuk Barajı sedimentine bağlı ağır metallerin *Cyprinus carpio*'nun değişik dokularına biyoakümülyasyonunun araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Özden, Ö., Erkan, N., & Ulusoy, Ş. (2010). Determination of mineral composition in three commercial fish species (*Solea solea*, *Mullus surmuletus*, and *Merlangius merlangus*). *Environmental Monitoring Assessment*, 170(1-4), 353-363.
- Özerk, O. C. (2004). Melet Havzasının (Ordu) hidrojeoloji incelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Özmen, M., Ayaş, Z., Güngördü, A., Ekmekçi, F. G., & Yerli, S. (2008). Ecotoxicological assessment of water pollution in Sarıyar Dam Lake, Turkey. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70, 163-173.
- Özoktay, S. (2015). Melet Irmağı, Turnasuyu Deresi ve Akçaova Deresi (Ordu)'nin aşağı havzalarında epifitik alg florası ve su kalitesinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ordu.
- Özparlak, H., Arslan, G., & Arslan, E. (2012). Determination of some metal levels in muscle tissue of nine fish species from Beyşehir Lake, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12(4), 761-770.
- Pagenkopf, G. K. (1983). Gill surface interaction model for trace-metal toxicity to fishes: role of complexation, ph and water hardness. *Environmental Science and Technology*, 17(6), 342-347.

- Pandrangi, R., Petras, M., Ralph, S., Vrzoc, M. (1995). Alkaline single cell gel (Comet) assay and genotoxicity monitoring using bullheads and carp. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 26 (4), 345–356.
- Pantaleao Sde, M., Alcantara, A. V., Alves Jdo, P., & Spano, M. A. (2006). The piscine micronucleus test to assess the impact of pollution on the Japaratuba river in Brazil. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 47(3), 219-224.
- Papagiannis, I., Kagalou, I., Leonardos Petridis, D., & Kalfakaou, V. (2004). Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). *Environmental International*, 30(3), 357-362.
- Parlak, H., Çakır, A., Boyacıoğlu, M., & Çakal Arslan, Ö. (2006). Heavy metal deposition in sediments from the delta of the Gediz River (Western Turkey): a preliminary study. *Ege University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3-4), 445-448.
- Piperakis, S. M., Kontogianni, K., Piperakis, M. M., & Tsilimigaki, S. (2006). Effects of pesticides on occupationally exposed humans. *The Scientific World Journal*, 6, 1211-1220.
- Poletta, G. L., Gigena, F., Loteste, A., Parma, M. J., Kleinsorge, E. C., & Simoniello, M. F. (2013). Comet assay in gill cells of *Prochilodus lineatus* exposed *in vivo* to cypermethrin. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 107(3), 385-390.
- Poli, P., Buschini, A., Restivo, F. M., Ficarelli, A., Cassoni, F., Ferrero, I., & Rossi, C. (1999). Comet assay application in environmental monitoring: DNA damage in human leukocytes and plant cells in comparison with bacterial and yeast tests. *Mutagenesis*, 14(6), 547-556.
- Powers, D. A. (1989). Fish as model systems. *Science*, 246(4928), 352-358.
- Prá, D., Laub, A. H., Knakievicz, T., Carneiro, F. R., & Erdtmann, B. (2005). Environmental genotoxicity assessment of an urban stream using freshwater planarians. *Mutation Research*, 585(1-2), 79-85.
- Rai, L. C., Gaur, J. P., & Kumar H. D. (2008). Phycology and heavy-metal pollution. *Biological Reviews*, 56(2), 99-151.
- Rainbow, P. S. (1995). Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 31(4), 183-192.
- Rajaguru, P., Suba, S., Palanivel, M., & Kalaiselvi, K. (2003). Genotoxicity of a polluted river system measured using the alkaline comet assay on fish and earthworm tissues. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 41(2), 85-91.
- Russo, C., Rocco, L., Morescalchi, M. A., & Stingo, V. (2004). Assessment of environmental stress by the micronucleus test and the Comet assay on the genome of teleost populations from two natural environments. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57(2) 168-174.
- Sağlamtimur, B., Cicik, B., & Erdem, C. (2004). Kısa süreli bakır-kadmiyum etkileşiminde tatlisu çipurası (*Oreochromis niloticus* L. 1758)'nın karaciğer,

- böbrek, solungaç ve kas dokularındaki kadmiyum birikimi. *Ekoloji*, 14(53), 33-38.
- Sargazi, M., Roberts, N. B., & Shenkin, A. (2001). *In vitro* studies of aluminium-induced toxicity on kidney proximal tubular cells. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 87(1-2), 37-43.
- Scalon, M. C. S., Rechenmacher, C., Siebel, A. M., Kayser, M. L., Rodrigues, M. T., Maluf, S. W., Rodrigues, M. A. S., & Silva, L. B. (2010). Evaluation of Sinos River water genotoxicity using the comet assay in fish. *Brazilian Journal of Biology*, 70(4), 1217-1222.
- Ščančar, J., Stibilj, V., & Milačič, R. (2004). Determination of aluminium in Slovenian foodstuffs and its leachability from aluminium-cookware. *Food Chemistry*, 85(1), 151-157.
- Shang, Z., Che, Y., Yang, K., & Jiang Y. (2012). Assessing local communities' willingness to pay for river network protection: a contingent valuation study of Shanghai, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(11), 3866-3882.
- Simoniello, M. F., Gigena, F., Poletta, G., Loteste A., Kleinsorge, E., Campana, M., Scagnetti, J., & Parma, M. J. (2009). Alkaline comet assay for genotoxic effect detection in neotropical fish *Prochilodus lineatus* (Pisces, Curimatidae). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 83(2), 155-158.
- SKKY (2004). Su kirliliği kontrolü yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete Tarihi: 31.12.2004, Resmi Gazete Sayısı: 25687, Ankara.
- Soldatov, A. A. (1995). Peculiarities of organization and functioning of the fish red blood system. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 41(3), 272-281.
- Sosse, B. A., Genet, P., Dunand-Vinit, F., Toussaint, L. M., Epron, D., & Badot, P. M. (2004). Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbohydrate accumulation and changes in ion contents. *Plant Science*, 166(5), 1213-1218.
- Sönmez, A. Y., Hisar, O., & Yanık, T. (2012). Karasu Irmağı'nda ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1), 69-77.
- Sönmez, A. Y., Kadak, A. E., Özdemir, R. C., & Bilen, S. (2016). Kastamonu kıyılarından yakalanan bazı ekonomik balık türlerinde ağır metal birikiminin tespiti. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 31(B), 84-90.
- Sriussadaporn, C., Yamamoto, K., Fukushi, K., & Simazaki, D. (2003). Comparison of DNA damage detected by plant comet assay in roadside and non-roadside environments. *Mutation Research*, 541(1-2), 31-44.
- Summak, Ş. (2009). Bursa Nilüfer Çayı suyunun genotoksik etkilerinin balık mikronukleus testi ile değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Bursa.

- Şenol, N., & Tekin Özcan, S. (2016). The histomorphological changes in *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758), liver and kidney tissues of some heavy metals. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 45(9), 1123-1127.
- Tanaka, Y. (1998). Structure of the reptilian spleen. Ed.: Gans, C., Gaunt, A. S., *Biology of the Reptilia*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Ithaca, New York, 533-586.
- Taş, B., & Kurt, I. (2014). Aşağı Melet Irmağı'nın (Ordu) diyatomeleler dışındaki epipelik alglerinin çeşitliliği. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 4(11), 49-63.
- Taş, B., Yılmaz, Ö., & Kurt, I. (2015). Aşağı Melet Irmağı (Ordu, Türkiye)'nda su kalitesinin göstergesi olan epipelik diyatomeleler. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(7), 610-616.
- Taylan, Z. S., & Böke Özkoç, H. (2007). Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 17-33.
- Teber, Ç. (2013). Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü (Kırşehir)'nde yaşayan kadife balığı (*Tinca tinca* L., 1758)'nda ağır metal birikimi. Yüksek Lisans Tezi, Ahi Eran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir.
- Tekin Özcan, S. (2005). Beyşehir Gölü'nde yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve kadife balığı (*Tinca tinca* L., 1758)'ndaki parazitlerin ve ağır metal birikiminin araştırılması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Tepe, Y. (2009). Metal concentrations in eight fish species from Aegean and Mediterranean Seas. *Environmental Monitoring Assessment*, 159(1-4) 501-509.
- Tice, R. R., Agurell, E., & Anderson, D. (2000). Single cell gel/comet assay: guidelines for *in vitro* and *in vivo* genetic toxicology testing. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 35(3), 206-221.
- Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., Çiçek, A., Dayıoğlu, H. & Başkurt, S. (2016). Maden Havzası Balıklarında Vücut Ağırlığı ile Ağır Metal Biyoakümülyasyon İlişkileri: Emet Çayı Havzası. *Anadolu University Journal of Science and Technology C- Life Science and Biotechnology*, 4(2), 57-72.
- Toroğlu, E., Toroğlu, S., & Alaeddinoğlu, F. (2006). Aksu Çayı'nda (Kahraman Maraş) akarsu kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(1), 93-103.
- Turan, D., Taş, B., Çilek, M., & Yılmaz, Z. (2008). Aşağı Melet Irmağı (Ordu, Türkiye) balık faunası. *Journal of Fisheries Sciences*, 2(5), 698-703.
- Turan, C., Dural, M., Oksuz, A., & Öztürk, B. (2009). Levels of heavy metals in some commercial fish species captured from the Black Sea and Mediterranean Coast of Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 82(5), 601-604.
- Turekian, K. K. & Wedepohl, K. H. (1961). Distribution of the elements in some major units of the Earth's Crust. *Geological Society of America Bulletin*, 72(2), 175-191.

- Tüfekçioğlu, A. (1995). Ordu-Melet Irmağı havzasındaki orman ekosistemlerinde yükselti ve bakı etmenlerine göre bitki örtüsü ve bazı toprak özelliklerinin değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Türkmen, M., Akyurt, İ., Zebel, S., & Türkmen, A. (2016). Giresun Sahillerinde Denize Dökülen Aksu Deresi Balıklarında Metallerin Biyolojik Birikimi. *The Black Sea Journal of Sciences*, 6(14), 45-53.
- Tüzen, M. (2003). Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 80(1), 119-123.
- Udroiu, I. (2006). The micronucleus test in piscine erythrocytes. *Aquatic Toxicology*, 79(2), 201-204.
- Uluozlu, O. D., Tuzen, M., Mendil, D., & Soylak, M. (2007). Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. *Food Chemistry*, 104(2) 835-840.
- Uruç, K., Demirezen Yılmaz, D., & Akbulut, H. (2008). Farklı pH değerlerinin *Lemna gibba* L. ve *Lemna minor* L.'de nikel alınımı ve klorofil miktarına etkisi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 13-15.
- Ustaogđlu, F., Tepe, Y., Aydın, H., & Akbaş, A. (2017). Investigation of water quality and pollution level of lower Melet River, Ordu, Turkey. *Alinteri Journal of Agricultural Sciences*, 32(1), 69-79.
- Uysal, K., & Atalay, M. A. (2007). DPÜ Göleti'nde ekstantif yetiştiriciliği yapılan aynalı sazanların (*Cyprinus carpio*) gelişimi ve ağır metal akümülyasyon oranlarının değerlendirilmesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, Ulusal Su Günleri 2007 Sempozyum Özel Sayısı, 5-8, 663-670.
- Uzunoğlu, O. (1999). Gediz Nehri'nden alınan su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Üçüncü Tunca, E. (2016). Beyşehir Gölü'nde su ve sedimentte ağır metal birikimi ve sedimentte antropojenik kontaminasyon değerlendirmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 205-219.
- Vargas, V. M. F., Migliavacca, S. B., Melo, A. C., Horn, R. C., Guidobono, R. R., Ferreira, I. C. F. S., & Pestana, M. H. D. (2001). Genotoxicity assessment in aquatic environments under the influence of heavy metals and organic contaminants. *Mutation Research*, 490(2), 141-158.
- Vural, N. (1984). Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları No: 56, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 432 s.
- Wagner, A., & Boman, J. (2003). Biomonitoring of trace elements in muscle and liver tissue of freshwater fish. *Spectrochimica Acta Part B*, 58(12), 2215-2226.
- Walton, R. C., McCrohan, C. R., Livens, F. R., & White, K. N. (2009). Tissue accumulation of aluminium is not a predictor of toxicity in the freshwater snail, *Lymnaea stagnalis*. *Environmental Pollution*, 157(7), 2142-2146.

- White, P. A., & Rasmussen, J. B. (1998). The genotoxic hazards of domestic wastes in surface waters. *Mutation Research*, 410(3), 223-236.
- WHO (World Health Organization) (1984). Guidelines for drinking water quality. Volume: 2, Health criteria and other supporting information: WHO-Publications, Geneva, Switzerland, 335.
- WHO (World Health Organization) (1989). National research council recommended dietary 626 Allowances 10th ed. National Academy Press., Washington, DC. USA.
- Wicklund, A., Runn, P., & Norrgren, L. (1988). Cadmium and zinc interactions in fish; effects of zinc on the uptake, organ distribution and elimination of 109 Cd in the zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 17(3), 345-354.
- Windom, H. (1991). Distribution of Fe, Mg, Cu, Zn, Ag in oyster along the Georgia coast. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 29(4), 450-452.
- Yadav, K. K. & Trivedi, S. P. (2009). Chromosomal aberrations in a fish, *Channa punctata* after *in vivo* exposure to three heavy metals. *Mutation Research*, 678(1), 7-12.
- Yarsan, E., Bilgili, A., & Türel, I. (2000). Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus Krynicki*) örneklerindeki ağır metal düzeyleri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24(1), 93-96.
- Yazıcı, Z. (2012). Karasu Nehri'nde (Erzurum) yaşayan bazı balık türleri üzerine su kirliliğinin sitogenetik etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Erzurum.
- Yazıcı, Z., & Şişman, T. (2015). Karasu Nehri'ndeki su kirliliğinin *Barbus plebejus*'daki genotoksik etkileri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 9-16.
- Yılmaz, M., Teber, Ç., Akkan, T., Er, Ç., Kariptas, E., & Çiftci, H. (2016). Determination of heavy metal levels in different tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Sıddıklı Küçükboğaz Dam Lake (Kırşehir), Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(6), 1972-1977.
- Yırtıcı, Ü. (2007). Tartrazinin *Cyprinus carpio*'daki Genotoksik Etkisinin Mikronükleus Yöntemi ile Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kayseri.
- YSKY (2012). Yerüstü su kalitesi yönetmeliği. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Resmi Gazete Tarihi: 10.08.2016, Resmi Gazete Sayısı: 29797, Ankara.
- Zhuang, P., Li, Z. A., Wang, G., & Zou, B. (2013). Concentration of heavy metals in fish from a mine-affected area and potential health risk. *Fresenius Environmental Bulletin* 22(8), 2402-2408.

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	SEDA KONTAŞ
Doğum Yeri	ANKARA
Doğum Tarihi	05.01.1986
Uyruğu	T.C.
Telefon	0537 921 20 61
E-Posta Adresi	sedakontas@gmail.com
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
Fakülte	FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ
Bölümü	BİYOLOJİ
Yüksek Lisans	
Üniversite	ORDU ÜNİVERSİTESİ
Enstitü Adı	FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Anabilim Dalı	BİYOLOJİ
Doktora	
Üniversite	ORDU ÜNİVERSİTESİ
Enstitü Adı	FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Anabilim Dalı	MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK
Yayınlar	
<p>Yedier, S., Bostancı, D., <b>Kontaş, S.</b>, Kurucu, G., Apaydin Yagci, M. &amp; Polat, N., 2019. Comparison of Otolith Morphology of Invasive Big-Scale Sand Smelt (<i>Atherina boyeri</i>) from Natural and Artificial Lakes in Turkey. Iranian Journal of Fisheries Sciences, (In press).</p> <p>Yedier, S., Bostancı, D., <b>Kontaş, S.</b>, Kurucu, G., &amp; Polat, N., 2018. Fluctuating Asymmetry in Otolith Dimensions of <i>Trachurus mediterraneus</i> collected from the Middle Black Sea. Acta Biologica Turcica, 31(4), 152-159.</p> <p>Bostancı, D . Yedier, S., <b>Kontaş, S.</b>, Kurucu, G., &amp; Polat, N., 2017. Length-Weight, Length-Length Relationships and Condition Factors of Some Fish Species in Yalıköy Stream (Ordu-Turkey). Yunus Research Bulletin, 17(4), 375-383.</p> <p>Bostancı, D . Yedier, S., <b>Kontaş, S.</b>, Kurucu, G., &amp; Polat, N., 2017. Regional variation of relationship between total length and otolith sizes in the three <i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810 populations, Turkey. Su Ürünleri Dergisi, 34(1), 11-16.</p> <p>Yedier, S., <b>Kontaş, S.</b>, Bostancı, D. &amp; Polat, N., 2016. Otolith and scale morphologies of doctor fish (<i>Garra rufa</i>) inhabiting Kangal Balıklı Çermik Thermal Spring (Sivas, Turkey), Iranian Journal of Fisheries Sciences, 15(4), 1593-1608.</p> <p>Bostancı D., Yılmaz M., Yedier S., Kurucu G., <b>Kontaş S.</b>, Darcın M., Polat N., 2016. Sagittal otolith morphology of sharpsnout seabream <i>Diplodus</i></p>	

*puntazzo* (Walbaum, 1792) in Eagean Sea. International Journal of Morphology, 34(2), 484-488.

Bostancı D., Polat N., Kurucu G., Yedier S., **Kontaş S.**, Darcın M., 2015. Using otolith shape and morphometry to identify four *Alburnus* species (*A. chalcoides*, *A. escherichii*, *A. mossulensis* and *A. tarichi*) in Turkish inland waters. Journal of Applied Ichthyology, 31(6), 1013-1022.

**Kontaş S.**, Bostancı D., 2015. New Fisheries-related data from the Mediterranean Sea (April 2015) Determination of reliable bony structure for ageing and biological data of the Crimean barbel *Barbus tauricus* Kessler, 1877 from Turkey. Mediterranean Marine Science, 16(1), 285-293.

**Kontaş S.**, Bostancı D., 2015. Morphological and Biometrical Characteristics on Otolith of *Barbus tauricus* Kessler, 1877 on Light and Scanning Electron Microscope. International Journal of Morphology, 33(4), 1380-1385.

**Kontaş S.**, Bostancı D., Polat N., 2015. Aşağı Melet Irmağı (Ordu)'nda Yasayan *Barbus tauricus* Kessler, 1877'un Biyometrik ve Meristik Karakterleri. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 5(12), 53-69.

Bostancı D., Apaydın Yagcı M., **Kontaş S.**, Kurucu G., Polat N., 2014. İstilacı Bir Tür *Atherina boyeri* Risso, 1810 nin Eğirdir Gölü Popülasyonunda Morfometrik ve Bazı Kemiksi Yapıların Biyometrik Özellikleri. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 10(1), 1-11.

Bostancı D., Yılmaz S., Polat N., **Kontaş S.**, 2012. İskorpit *Scorpaena porcus* L. 1758'un Otolit Biyometri Özellikleri. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 2(6), 59-68.