



## Kırkgöz Su Kaynakları ve Çırnık Köprüsü Arasında Yaşayan *Pseudophoxinus antalyae*, Bogutskaya, 1992'nin Kas Dokusunda Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması

Funda DİNDAŞ<sup>1</sup> , Yılmaz EMRE<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 07058, Konyaaltı, Antalya

### Ö Z

Araştırma, 2016-2017 yıllarında mevsimsel olarak Antalya ili Döşemealtı ilçesi sınırları içinde doğan Kırkgöz Kaynaklarında yaşayan ve endemik bir tür olan *Pseudophoxinus antalyae* Bogutskaya, 1992 (Çiçek balığı)'nda ağır metal düzeylerini belirlemek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Kırkgöz Kaynağı Döşemealtı'dan Lara'ya kadar 30 km'nin üzerindeki bir akış güzergâhını yerleşim yerleri ve en önemlisi Antalya Organize Sanayii Bölgesi Arıtma Suyu Deşarjını alarak Akdeniz'e dökülmektedir. Bu nedenle söz konusu yerleşim yerleri ve özellikle arıtma deşarj suyunun sebep olduğu muhtemel metal kirliliğini tespit etmek için anılan türde mevsimsel olarak Kırkgöz Kaynağı, Kepez Yükleme Göleti (OSB arıtma suyunun deşarjı alan istasyon) ve Çırnık Köprüsü istasyonlarından balık örneklemeleri yapılmıştır. Balıkların kas dokularında Kadmiyum (Cd) 1,48- 4,24 µg/g, Kobalt (Co) 0,73- 3,12 µg/g, Krom (Cr) 0,90- 8,14 µg/g, Bakır (Cu) 1,21- 4,22 µg/g, Mangan (Mn) 3,94- 32,39 µg/g, Nikel (Ni) 0,24- 0,78 µg/g, Kurşun (Pb) 20,03-58,15 µg/g ve Çinko (Zn) 223,07- 464,39 µg/g minimum- maksimum düzeyleri saptanmıştır. Buna göre: Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn düzeyleri genel anlamda TKG, DSÖ, AB, EPA ve FAO kriterlerinin üzerinde belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kırkgöz Kaynağı, kas dokusu, metal birikimi, *Pseudophoxinus antalyae*

### MAKALE BİLGİSİ

#### ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 26.03.2020  
Düzeltilme : 29.05.2020  
Kabul : 05.06.2020  
Yayın : 29.12.2020



DOI:10.17216/LimnoFish.709801

#### \* SORUMLU YAZAR

yilmazemre@akdeniz.edu.tr  
Tel : +90 533 776 14 67

## Investigation of Some Heavy Metal Levels in Muscle Tissue of *Pseudophoxinus antalyae* BOGUTSKAYA, 1992 (Flower Fish ) Inhabiting Between Kırkgöz Springs and Çırnık Bridge

**Abstract:** The study was carried out to determine the heavy metal of *Pseudophoxinus antalyae* Bogutskaya, 1992, (Flower fish) which is an endemic fish species living in Kırkgöz springs. Kırkgöz springs were born within the boundaries of Döşemealtı district of Antalya province seasonally in the years of 2016-2017. Kırkgöz springs, which carry runoff from urban and Antalya Organized Industrial Zone Water Treatment Discharge runoff falls, flows for approximately 30 km from Döşemealtı to Lara which flowing to the Mediterranean Sea. For this reason, to determine the possible metal pollution caused by the urban runoff and especially the water treatment discharge, fish were sampled seasonally from the Kırkgöz Springs, the Kepez Loading Pool (the station which receiving discharge of OIZ treatment water), and Çırnık Bridge stations. The minimum-maximum values of some heavy metals were determined in the muscle tissues of the fish: Kadmiyum (Cd) 1.48 - 4.24 µg /g, Cobalt (Co) 0.73 - 3.12 µg/g, Chromium (Cr) 0.90 - 8.14 µg /g, Copper (Cu) 1.21 - 4.22 µg/g, Manganese (Mn) 3.94- 32.39 µg/g, Nickel (Ni) 0.24 - 0.78 µg/g, Lead (Pb) 20.03-58.15 µg /g and Zinc (Zn) 223.07- 464.39 µg/ g. Accordingly: Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, and Zn levels were generally determined above the criteria of TFC, WHO, EC, EPA, and FAO.

**Keywords:** Kırkgöz Springs, muscle tissue, metal loading, *Pseudophoxinus antalyae*

#### Alıntılama

Dındaş F, Emre Y. 2020. Kırkgöz Su Kaynakları ve Çırnık Köprüsü Arasında Yaşayan *Pseudophoxinus antalyae*, Bogutskaya, 1992'nin Kas Dokusunda Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. LimnoFish. 6(3): 261-269. doi: 10.17216/LimnoFish.709801

### Giriş

Hızlı nüfus artışı, sanayinin gelişmesi, kentleşme sonucunda ortaya çıkan altyapı eksikliği, artan tarım ve hayvancılık faaliyetleri ile evsel ve endüstriyel

atık sularda artış ile plansız yapılan çalışmalar çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Çevre kirliliğinin sonucunda alıcı ortam olan göl, gölet ve akarsuların su kalitesinin ve doğal dengesinin bozulmasına neden

olmaktadır (Oruçoğlu ve Beyhan 2019). Alıcı ortamlar için başlıca kirleticiler organik ve inorganik maddeler, tozlar, mikroorganizmalar, deterjanlar, pestisitler, ağır metaller, askıda katı maddeler, radyoaktivite, yağlar, petrol ürünleri ve benzerleridir (Ellis vd. 1989).

Bu kirleticiler arasında yer alan ve balık vücudunda birikimi sonucunda tehlike oluşturan maddelerden biri de ağır metallerdir. Ağır metaller; pil yapımı, elektrik-elektronik sanayi, kimyasal çalışmalar, kuyumculuk, otomotiv sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Kullanılan bu ağır metal atıklarının çevreye kontrolsüz bir şekilde bırakılması, özellikle suya karışması sonucunda suda, sedimentte ve balık vücudunda birikimleri görülür. Ağır metaller balık vücudunda stres etkeni olarak rol oynar. Pek çok stres etkeni, balıklarda “Genel Adaptasyon Sendromu” olarak adlandırılan stres yanıtlamalarına sebep olabilir. Ağır metaller sucul canlılarda hücresel ve moleküler düzeyde yapısal işlev bozukluklarına ve DNA kırılma frekanslarında artışa sebep olmaktadır (Kalay ve Karataş 1999; Levesque vd. 2002).

Balıklarda ağır metaller vücuda solunum veya sindirim yolu ile geçerler. İdrar onların vücuttan atılımını sağlayan en yaygın yoldur. Bağırsak mukozasından sindirim alanlarındaki boşluklara doğrudan salgılanırlar. Birçok metal normal hücre aktivitesi için gereklidir (Hughes 1996). Bununla birlikte *Cu*, *Zn* gibi ağır metaller belirli limitlerin üzerinde, *Pb* ve *Cd* ise çok düşük düzeylerde bile vücuda alındığında farklı sağlık sorunlarına yol açmaktadır (Yazkan vd. 2002).

Bütün metallerin (*Fe*, *Cu*, *Zn*, *Co*, *Mn*, *Cr*, *Mo*, *Se*, *Ni*, *Ti*) yer alması için kirliliğin aşırı derecede olması gerekir. Elzem ve elzem olmayan ağır

metallerin konsantrasyonları vücutta enzimler yardımıyla düzenlenebilmektedir. Ancak bu düzenlemenin yapılamadığı bazı türlerde oldukça yüksek metal seviyelerine rastlanılmaktadır (Bryan 1976).

Bu çalışmada, Antalya Organize Sanayi Bölgesi ve Cırnık Köprüsü arasında yaşayan, Kırkgöz kaynağından başlayarak denize dökülünceye kadar olan bölgede, Antalya çevresi için endemik olan çiçek balığının, *Pseudophoxinus antalyae* (Bogutskaya, 1992) (Cyprinidae) ağır metal yönünden incelenmesi amaçlanmıştır. Tür için benzer bir çalışmanın yapılmamış olması; hem anılan türün neslinin korunması, hem de tüketiminde olası olumsuz bazı sonuçların saptanması ile birlikte özellikle arıtma tesisi atık suları ile diğer etmenlerin metal kirliliği yansımalarının ne düzeyde olduğunun bir canlı indikatör üzerinden gösterilmesi bakımından çalışma önem arz etmektedir.

### Materyal ve Metot

*P. antalyae* bireyleri (Şekil 1) 4 mevsim boyunca ve aşağıda detaylı olarak açıklanan her istasyondan balık kafesleri kullanılarak yakalanmıştır. Kafesler gece yarısı yemli olarak suya bırakılmış ve sabah 9:00-10:00 civarında sudan çıkarılmıştır. Her mevsimde toplam 30 adet olacak şekilde her istasyondan farklı boy gruplarından 10 adet birey seçilmiş ve toplam 120 adet bireyin analizi gerçekleştirilmiştir. Yakalanan balıkların bulunduğu lokasyonlardan ilki su çıkışının olduğu Kırkgöz mevkii, ikincisi Antalya Organize Sanayi atıklarının döküldüğü yer olan Kepez I HES yükleme göleti çıkış bölgesi ve üçüncüsü Cırnık Köprüsü olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. *Pseudophoxinus antalyae*, Bogutskaya 1992 (Orijinal) ve avlanmada kullanılan kafes.

Figure 1. *Pseudophoxinus antalyae*, Bogutskaya 1992 (Original), and the cage used for hunting.



Şekil 2. Örnek alınan istasyonlar ( 1. Kırkgöz, 2. Kepez I HES ve 3. Cırnık Köprüsü).

Figure 2. Sampled stations (1. Kırkgöz, 2. Kepez I HEPP and 3. Cırnık Bridge).

Bu çalışmada metallerin depolandığı hedef doku ve balığın en yenilebilir kısmı olduğu için balıkların kas dokusu (dorsal kas) kullanılmıştır. Yakalanan farklı boy ve ağırlıktaki balıkların incelemeye hazır hale getirilmesi için 600 mg/L karanfil yağı kullanılmıştır. Balıkların boy ve ağırlıkları ölçüldükten sonra balıkların kas dokusundan örnek alınmıştır. Bu örnekler porselen bıçaklı bir mikser kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen balık örneklerinden yakma işlemi için 0,5 gram yakma tüplerine alınarak üzerlerine 8 ml konsantre Nitrik asit (%65' lik) ve 2 ml Hidrojen Peroksit (%35) ilave edilip, mikrodalga fırında yakma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Yakma işlemi tamamlanan örnekler polietilen tüplere aktararak toplam hacimleri deiyonize su ile 15 ml'ye tamamlanmış ve metal analizine hazır hale getirilmiştir. Metal analizleri Varian 720-ES model ICP-OES cihazı kullanılarak yapılmıştır. Balıklarda; *Cd*, *Co*, *Cu*, *Cr*, *Mn*, *Ni*, *Pb* ve *Zn* düzeyleri tayin edilmiştir (ASTM 1985).

Kas dokusundaki ağır metallerin konsantrasyonları arasında alansal ve mevsimsel farklılıkların olup olmadığı iki yönlü varyans (Two-Way ANOVA) analizi kullanılarak %5 olasılık düzeyinde ( $p < 0,05$ ) incelenmiştir. Analizden önce, tüm verilerin normal dağılım ve varyans homojenliği gösterip- göstermediği sırasıyla Shapiro-Wilk normallik testi ve Levene testi kullanılarak değerlendirilmiştir. ANOVA varsayımlarını karşılamak üzere tüm veri seti  $\log_{10}(x + 1)$ ' a dönüştürülmüştür. İstatistiksel analizler SPSS Statistics 23 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### Bulgular

Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde sırasıyla Kırkgöz, Kepez ve Cırnık istasyonlarından yakalanan çiçek balığının kas doku örneklemelerinden temin edilen ağır metal düzeylerine ait sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Öte yandan, bu düzeylerdeki alansal ve mevsimsel değişimler ise Şekil 3'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Mevsimsel örnekleme alanında çiçek balığında *Cd*, *Co*, *Cr*, *Cu*, *Mn*, *Ni*, *Pb* ve *Zn* düzeyleri ( $\mu\text{g/g}$  yaş ağırlık).  
**Table 1.** Levels of *Cd*, *Co*, *Cr*, *Cu*, *Mn*, *Ni*, *Pb* and *Zn* levels ( $\mu\text{g} / \text{g}$  wet weight) in flower fish in seasonal sampling area.

İstasyon	Mevsim	<i>Cd</i> ( $\mu\text{g/g}$ )	<i>Co</i> ( $\mu\text{g/g}$ )	<i>Cr</i> ( $\mu\text{g/g}$ )	<i>Cu</i> ( $\mu\text{g/g}$ )	<i>Mn</i> ( $\mu\text{g/g}$ )	<i>Ni</i> ( $\mu\text{g/g}$ )	<i>Pb</i> ( $\mu\text{g/g}$ )	<i>Zn</i> ( $\mu\text{g/g}$ )
Kepez	İlkbahar	1,87	1,33	1,27	2,24	8,24	0,46	37,75	325,78
	Yaz	1,69	1,14	1,14	2,69	10,41	0,32	34,24	353,39
	Sonbahar	1,93	1,36	1,87	3,06	10,55	0,51	35,40	411,52
	Kış	1,59	1,14	1,29	3,34	7,20	0,34	33,82	377,23
	Ort.	1,77	1,24	1,39	2,83	9,10	0,41	35,31	366,98
Kırkgöz	İlkbahar	1,65	1,31	0,90	2,64	5,56	0,26	20,03	315,78
	Yaz	1,48	1,22	1,50	2,19	5,93	0,27	30,88	223,07
	Sonbahar	1,52	0,73	1,16	2,40	4,18	0,24	29,82	296,95
	Kış	1,61	1,29	1,04	1,21	3,94	0,26	25,25	298,34
	Ort.	1,56	1,14	1,15	2,11	4,90	0,26	26,50	283,54
Cırnık	İlkbahar	1,91	3,12	2,48	2,71	17,96	0,49	54,50	363,06
	Yaz	1,84	1,23	1,12	4,22	32,39	0,51	56,84	462,91
	Sonbahar	2,02	1,37	1,65	3,46	18,72	0,78	58,15	464,39
	Kış	4,24	1,91	8,14	4,21	17,55	0,71	46,94	414,60
	Ort.	2,50	1,91	3,35	3,65	21,66	0,62	54,11	426,24

### Kadmiyum (Cd)

Çalışma süresince çiçek balığındaki Cd konsantrasyonu 4,24 µg/g (Çırnık, kış) ile 1,48 µg/g (Kırkgöz, yaz) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Çırnık istasyonunun ortalama Cd konsantrasyonu (2,50 µg/g) diğer iki istasyona kıyasla (1,77 µg/g Kepez; 1,56 µg/g Kırkgöz) daha yüksek bir değerde olduğu belirlenmiş ve istasyonlar arasındaki fark anlamlı görülmüştür ( $p<0,05$ ). Kış mevsimine ait ortalama Cd konsantrasyonunun (2,48 µg/g), ilkbahar, sonbahar ve yaz mevsimlerine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ).

### Kobalt (Co)

Çalışma boyunca çiçek balığındaki Co konsantrasyonu 3,12 µg/g (Çırnık, ilkbahar) ile 0,73 µg/g (Kırkgöz, sonbahar) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Dört mevsimin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları incelendiğinde, ortalama Co konsantrasyonu Kırkgöz istasyonundan Çırnık istasyonuna doğru bir artış göstermiştir. Çırnık istasyonunda ortalama Co konsantrasyonu (1,91 µg/g) diğer iki istasyona kıyasla (1,24 µg/g Kepez; 1,14 µg/g Kırkgöz) daha yüksek bir değerde olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Kepez ile Kırkgöz istasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir ( $p>0,05$ ). İlkbahar mevsimine ait ortalama Co konsantrasyonu (1,91 µg/g), sonbahar (1,15 µg/g) ve yaz (1,19 µg/g) mevsimlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

### Krom (Cr)

Cr konsantrasyonu 8,14 µg/g (Çırnık, kış) ile 0,90 µg/g (Kırkgöz, ilkbahar) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Cr konsantrasyonunun istatistiksel olarak hem alansal ( $p<0,05$ ) hem de mevsimsel farklılık gösterdiği belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). En yüksek Cr değeri Çırnık istasyonunda (3,35 µg/g) en düşük ise Kırkgözler istasyonunda (1,15 µg/g) şeklinde ölçülmüştür. İlkbahar ve sonbahar mevsimleri arasında bir farklılık olmamasına ( $p>0,05$ ) rağmen, kış mevsiminin (3,49 µg/g) diğer tüm istasyonlardan yüksek olduğu tespit edilmiştir.

### Bakır (Cu)

Cu konsantrasyonu 4,22 µg/g (Çırnık, yaz) ile 1,21 µg/g (Kırkgöz, kış) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Ortalama Cu konsantrasyonunun en yüksek Çırnık istasyonunda (3,65 µg/g) en düşük ise Kırkgöz istasyonunda (2,10

µg/g) olduğu belirlenmiş ve istasyonlar arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Cu konsantrasyonu bakımından mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık belirlenmemiştir ( $p>0,05$ ).

### Mangan (Mn)

Mn konsantrasyonu 32,39 µg/g (Çırnık, yaz) ile 3,94 µg/g (Kırkgöz, kış) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Her üç istasyonun Mn konsantrasyonları arasında önemli derecede farklılık bulunmuş olup, en yüksek Mn değeri Çırnık istasyonunda (21,65 µg/g) en düşük ise Kırkgöz istasyonunda (4,89 µg/g) ölçülmüştür ( $p<0,05$ ). Yaz mevsiminde Mn konsantrasyonunun (16,24 µg/g) diğer tüm mevsimlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

### Nikel (Ni)

Ni konsantrasyonu 0,78 µg/g (Çırnık, sonbahar) ile 0,24 µg/g (Kırkgöz, sonbahar) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Çırnık istasyonunda ortalama Ni konsantrasyonu (0,62 µg/g) diğer iki istasyona kıyasla (0,41 µg/g Kepez; 0,26 µg/g Kırkgöz) daha yüksek bir değerde olduğu belirlenmiş ve fark önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Sonbahar mevsimine ait ortalama Ni konsantrasyonunun (0,51 µg/g), ilkbahar (0,40 µg/g) ve yaz (0,36 µg/g) mevsimlerinden farklı olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ).

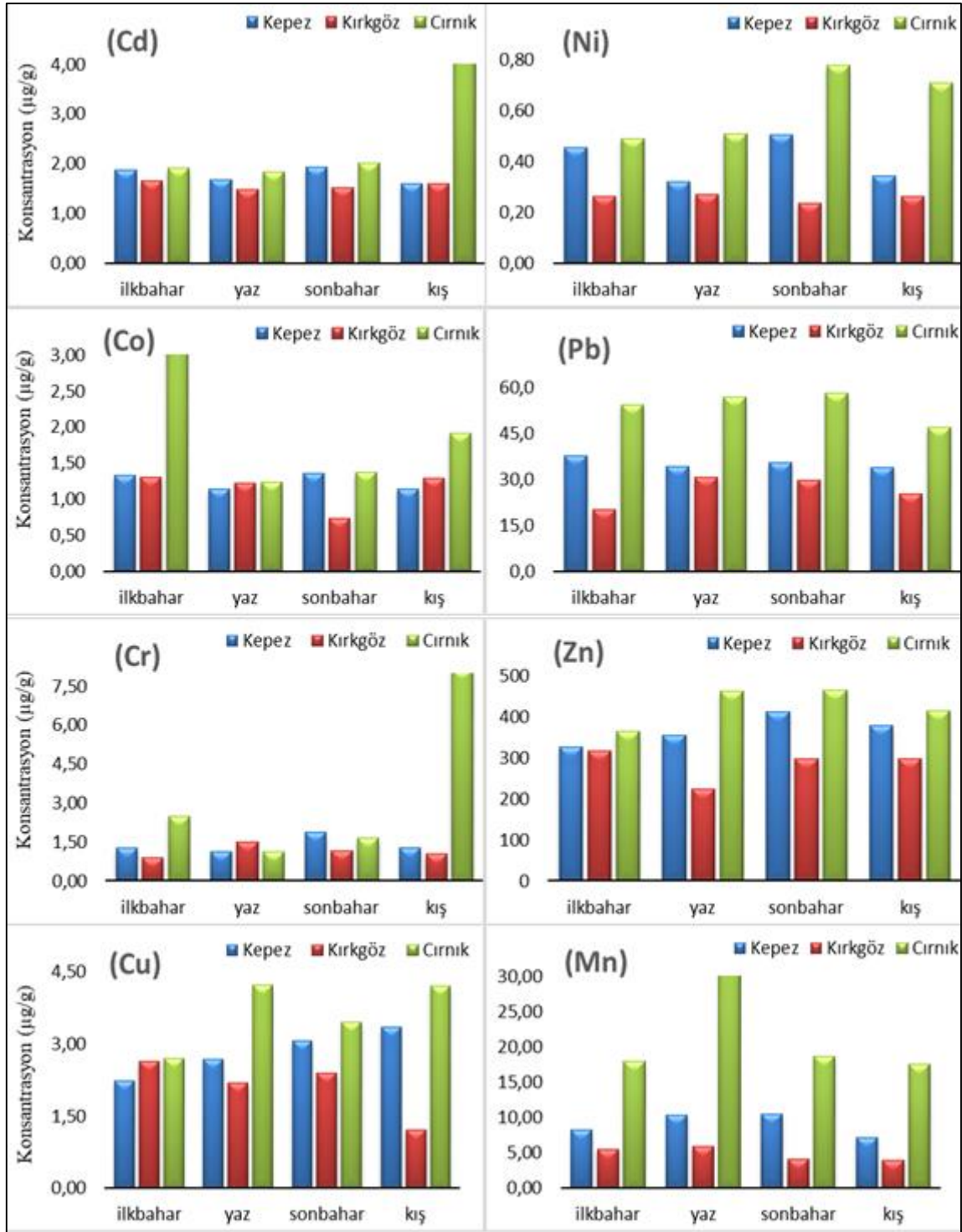
### Kurşun (Pb)

Pb konsantrasyonu 58,15 µg/g (Çırnık, sonbahar) ile 20,03 µg/g (Kırkgöz, ilkbahar) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Ortalama Pb konsantrasyonunun en yüksek Çırnık istasyonunda (54,10 µg/g) en düşük ise Kırkgöz istasyonunda (26,49 µg/g) olduğu belirlenmiş ve fark anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Pb konsantrasyonu bakımından mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık belirlenmemiştir ( $p>0,05$ ).

### Çinko (Zn)

Zn konsantrasyonu 464,39 µg/g (Çırnık, sonbahar) ile 223,07 µg/g (Kırkgöz, yaz) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). En yüksek Zn konsantrasyonu Çırnık istasyonunda (426,24 µg/g) en düşük ise Kırkgözler istasyonunda (283,53 µg/g) ölçülmüş ve fark önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Sonbahar mevsimine ait ortalama Zn konsantrasyonunun (390,95 µg/g), ilkbahar (334,87 µg/g) ve yaz (346,45 µg/g) mevsimlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ).





Şekil 3. Çiçek balığı kas dokusundaki ağır metal düzeylerinin alansal ve mevsimsel değişimleri.

Figure 3. Spatial and seasonal changes in heavy metal levels in the muscular tissue of fish flower.

### Tartışma ve Sonuç

Araştırma süresince *P. antalyae* bireylerinin kas dokusunda belirlenen ağır metallerin ortalama konsantrasyonları değerlendirildiğinde; Kırkgöz İstasyonundan Çırnık İstasyonuna doğru bir artışın olduğu görülmüştür. Diğer yandan çalışmamızda hedeflenen kas dokusundaki kadmiyum (Cd) konsantrasyonu 4,24 µg/g (Çırnık-Kış) ile 1,48 µg/g (Kırkgöz-Yaz) arasında değişim göstermiştir. Canlı

vd. 1998 Seyhan nehrinden yakalanan *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium*' un kas dokularında sırasıyla ortalama 0,93, 1,07 ve 0,95 µg/g olarak bulmuşlardır. Buna karşın Göksu vd. 2003 bu kez Seyhan Baraj Gölündeki Aynalı Sazan (*C. carpio*) ve Sudak (*Sander lucioperca*) balıklarında yaptıkları çalışmada ise kas dokusundaki Cd düzeylerini Aynalı Sazan için 0,46 (µg/g yaş ağırlık), Sudak için ise, 0,49 (µg/g yaş ağırlık) olarak

saptamışlardır. Tokatlı vd. (2016) Meriç Nehir'i deltasındaki bazı balıkların kas dokularındaki *Cd* düzeyini belirlemişlerdir. Buna göre Gala Gölündeki *C. carpio*' da ortalama 0,51, *Silurus glanis*' de 0,18, Sudak (*S. lucioperca*)'da ise 0,6 şeklinde bulunmuş olup, diğer bazı balık türlerinde ise kadmiyum dedeksiyon sınırının altında tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada Meriç Nehir'indeki *C. carpio*' da 0,92, *S. glanis*' de 0,32 ve *S. lucioperca*' da ise 0,61 mg/kg şeklinde saptamışlardır. Yine Çetin vd. (2016), Altinyazı Baraj Gölündeki (Edirne) *C. carpio*' da ortalama 0,23, *Carassius carassius*' da 0,12, *Blicca bjoerkna*' da 0,29, *Perca fluviatilis*' de 0,25 ve *S. lucioperca*' da ise 0,31 µg/g olarak belirlemişlerdir. Buna göre kadmiyumun (*Cd*) kaslardaki birikimi mevsim koşullarına bakılmaksızın tüm bahsedilen bu çalışmalarda değerlendirilen balıklardaki birikim düzeylerinden yüksektir.

Diğer bir metal olan kobaltın (*Co*) kas dokusundaki birikimi ise, çalışma süresince 3,12 µg/g (Çırnık-İlkbahar) ile 0,73 µg/g (Kırkgöz-Sonbahar) arasında değişim göstermiştir. Kırıcı vd. (2013a) Murat Nehir'indeki *Capoeta trutta*'nın kas dokusunda minimum 0,001, maksimum 0,074 mg/kg; Kırıcı vd. (2013b) *Capoeta capoeta umbla*'nın için minimum 0,000 ve maksimum ise 0,335 düzeyinde saptamışlardır. Çağlak ve Karslı (2014), Beyşehir Gölündeki Sudak (*S. lucioperca*) balığının kas dokusunda *Co* düzeyini minimum 0,001, maksimum 0,074 mg/kg şeklinde ölçmüşlerdir.

*Cr* konsantrasyonu 8,14 µg/g (Çırnık-Kış) ile 0,90 µg/g (Kırkgöz-ilkbahar) arasında değişim göstermiştir. Çağlar (2010) Suğla Gölündeki *C. carpio* ve *Phoxinellus anatolicus*' un kas dokularındaki *Cr* düzeylerini ölçmüşlerdir. *P. anatolicus*' un kas dokusunda *Cr* düzeyi ölçüm sınırının altında bulunurken; *C. carpio*' da en fazla sonbaharda (0,07), en az ise yaz mevsiminde (0,03 µg/g olarak) ölçülmüştür. Teber (2013) Sıdıklı Küçükdoğan Baraj Gölünde avlanan Kadife balığı (*Tinca tinca*)'nın kas dokusundaki ortalama *Cr* konsantrasyonunu 0,564 µg/g düzeyinde belirlemiştir. Eroğlu vd. 2017 ise Keban Baraj Gölündeki Dikenli Yılan Balığı (*Mastacembelus mastacembelus*)'nın kas dokusundaki *Cr* düzeyini en düşük 0,0046 mg/kg ve en yüksek olarak ise 0,0069 mg/kg şeklinde ölçmüşlerdir. Sökmen vd. (2018) Karasu Nehrindeki *Capoeta umbla*'nın kas dokularındaki *Cr* birikimini ortalama olarak 2,012 mg/kg düzeyinde saptamışlardır. Öte yandan Güldiren ve Tekin-Ozan (2018) ise Seyhan Baraj Gölündeki *C. carpio* balığının kas dokusunda 0,01-4,06 mg/kg olarak belirlemiş ve ilkbahar mevsiminde arttığını, buna karşın yaz mevsiminde azaldığını ifade etmişlerdir. Sonuçlardan görüldüğü üzere en

yüksek *Cr* düzeyi *P. antalyae* balıklarında saptanmıştır.

Öte yandan diğer önemli bir metal olan bakır (*Cu*) konsantrasyonu araştırmamızda örneklenen balıkta 4,22µg/g (Çırnık-Yaz) ile 1,21 µg/g (Kırkgöz-Kış) arasında değişim göstermiştir. Akgün vd. (2007) Sakarya Nehri Çeltikçi Çayında yaşayan *Leuciscus cephalus*' un kas dokularında *Cu* konsantrasyonunu en düşük 1,524, en yüksek 38,530 mg/kg olarak saptamışlardır. Çağlar (2010) Suğla Gölü'ndeki *P. anatolicus* ve *C. carpio*' nun kas dokularındaki *Cu* düzeyini 0,51-0,83 ve 0,30-0,36 µg/g arasında değiştiğini bildirmiştir. Yabancı vd. (2013) ise Bafa Gölündeki levrek (*Dicentrarchus labrax*) balığının kas dokusunda *Cu* düzeyini 0,61 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Teber (2013) Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölündeki Kadife Balığı'nın (*T. tinca*) kas dokusundaki *Cu* düzeyini ortalama olarak 0,0671 µg/g şeklinde saptamıştır. Öte yandan Kaptan ve Tekin-Ozan (2014) Eğirdir Gölündeki sazan (*C. carpio*) balığının kas dokusundaki *Cu* birikimini ortalama 14,21 mg/kg şeklinde belirlemişlerdir. Düşükcen vd. (2014) Karakaya Baraj Gölünden yakalanan *Luciobarbus xanthopterus*'un kas dokusundaki *Cu* konsantrasyonunu 0,86 mg/kg şeklinde bulmuşlardır. Yine Çağlak ve Karslı (2014), Beyşehir Gölündeki Sudak (*S. lucioperca*) balığının kas dokusundaki *Cu* düzeyi 0,326 ile 0,552 mg/kg olarak ölçmüşlerdir. Sökmen vd. (2018) ise Karasu Nehir'indeki *C. umbla*'nın kas dokusundaki ortalama *Cu* düzeyini 0,711 mg/kg olarak saptamışlardır. *P. antalyae*'nın kas dokusundaki *Cu* düzeyi, Sakarya Nehri Çeltikçi Çayındaki *L. cephalus* ve Eğirdir Gölündeki *C. carpio* istisna edilirse, diğer çalışma sonuçlarından daha yüksek olduğu görülecektir.

Çalışmamızda ortalama *Mn* konsantrasyonu Kırkgöz istasyonundan Çırnık istasyonuna doğru önemli derecede bir artış göstermiştir. Çağlar (2010) Suğla Gölünde yaşayan *P. anatolicus*' da kas dokusundaki *Mn* birikimini 0,25 µg/g olarak en yüksek sonbaharda ölçmüştür. Buna karşın, *C. carpio*' da ise, yine sonbaharda en yüksek 0,23 µg/g olarak saptamıştır. Kırıcı vd. (2013a) Murat Nehrinden avlanan *C. trutta*'nın kas dokularında *Mn* düzeyini ortalama en düşük 0,028 Mayıs ayında, en yüksek ise Aralık ayında 0,449 mg/kg olarak ölçmüşlerdir. Teber (2013) Karasu Nehri'nde yaşayan *C. umbla*'nın kas dokusundaki *Mn* düzeyini ortalama olarak 10,969 mg/kg şeklinde ölçmüştür. Kaptan ve Tekin-Ozan (2014) Eğirdir Gölü'ndeki sazan (*C. carpio*) balığının kas dokusundaki *Mn* düzeyini minimum 0,01, maksimum 3,23 ve ortalama olarak da 0,96 mg/kg şeklinde belirlemişlerdir. Çağlak ve Karslı (2014) Beyşehir Gölü Sudak

(*S. lucioperca*) balığı kas dokusundaki *Mn* düzeyini 0,215-0,311 mg/kg olarak saptamışlardır. Tüm bunlara karşın Sökmen vd. (2018) Karasu Nehrinde yaşayan *C. umbla*'nın kas dokusundaki *Mn* düzeyini ortalama olarak 10,969 mg/kg şeklinde ölçmüşlerdir. Görüleceği üzere; istasyon ve mevsimlere göre, genelde en yüksek konsantrasyon düzeyi çalışmamızda kayıt edilmiştir.

Aynı ilişki Nikel içinde görülmüştür. Yabanlı vd. (2013) Bafa Gölünden yakalanan Levrek (*D. labrax*) balığının kas dokusundaki *Ni* düzeyini 34,48 mg/kg olarak saptamışlardır. Kırıcı vd. (2013a) Murat Nehir'inde avlanan *C. trutta*'nın kas dokusundaki *Ni* düzeyini ortalama olarak 0,033-0,325 mg/kg arasında ölçmüşlerdir. Çağlak ve Karşı (2014) Beyşehir Gölünde yaşayan Sudak (*S. lucioperca*) balığı'nın kas dokusundaki *Ni* düzeyini 0,14-0,222 mg/kg olarak saptamışlardır. Kaptan ve Tekin-Ozan (2014) Eğirdir Gölü'nden avlanan *C. carpio*'nun kas dokusundaki *Ni* düzeyini 0,12-7,7 mg/kg (ortalama 1,47 mg/kg) şeklinde ölçmüşlerdir. Tokatlı vd. (2016) Meriç Nehri deltasındaki bazı balıkların kas dokularındaki *Ni* düzeyini belirlemişlerdir. Buna göre Gala Gölünde *C. carpio*'da 2,94, *S. glanis*'de 1,32, *Scardinius erythrophthalmus*'da 1,65, *Esox lucius*'da 2,2, *C. gibelio*'da 0,58, *P. fluviatilis*'de 2,29, *S. lucioperca*'da 1,82 ve *Squalius orpheus*'da ise 1,28 mg/kg şeklinde belirlemişlerdir. Buna karşın Meriç Nehir'indeki türlerin kas dokusunda biriken *Ni* metalinin düzeyleri ise; *C. carpio*'da 1,72, *S. glanis*'de 1,76 ve *S. lucioperca*'da ise 2,08 düzeyinde tespit etmişlerdir. Güldiren ve Tekin-Ozan (2018) Seyhan Baraj Gölü'ndeki *C. carpio* balığının kas dokusundaki *Ni* birikimini 0,36-1,78 mg/kg olarak ölçmüşlerdir. *Ni* düzeyi kış mevsiminde artış, sonbaharda ise azalış göstermiştir. Yine Sökmen vd. (2018) Karasu Nehir'indeki *C. umbla*'nın kas dokusunda *Ni* birikim ortalamasını 2,89 mg/kg olarak ölçmüşlerdir. Bu verilere göre; çalışma materyalimizdeki *Ni* düzeyi genelde diğer çalışmalara göre düşük bulunmuştur.

Çalışmamızda dört mevsimin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları incelendiğinde, ortalama *Pb* konsantrasyonu Kırkgöz istasyonundan Çırnık istasyonuna doğru önemli derecede bir artış göstermiştir. Selvi ve Kaya (2013) Atikhisar Baraj Gölü'nden (Çanakkale) avlanan turna (*E. lucius*) balığının kas dokusunda *Pb* düzeyini 0,183 µg/g şeklinde ölçmüşlerdir. Tokatlı vd. (2016) Meriç Nehri Deltasında bulunan Gala Gölü'nde yaşayan balıkların kas dokusundaki *Pb* düzeylerini *C. carpio*'da ortalama 0,47, *S. glanis*'de 0,38, *S. erythrophthalmus*'da 0,47, *E. lucius*'da 0,52, *C. gibelio*'da 0,56, *P. fluviatilis*'de 0,55 ve *S.*

*lucioperca*'da ise 0,70 düzeyinde ölçmüşlerdir. Çetin vd. (2016) Altınyazı Baraj Gölü'ndeki *C. carpio*'nun kas dokusundaki *Pb* düzeyini 17,56, *C. carassius*'da 4,10, *B. bjoerkna*'da 4,34, *P. fluviatilis*'de 6,02, *S. lucioperca*'da ise 5,841 mg/kg şeklinde saptamışlardır. Güldiren ve Tekin-Ozan (2018) Seyhan Baraj Gölündeki *C. carpio* balığının kas dokusundaki *Pb* düzeyini 0,01-1,70 mg/kg olarak belirlemişlerdir. Kış mevsiminde birikimde artış, sonbaharda ise düşüş olduğu saptamışlardır. Sökmen vd. (2018) Karasu Nehir'inde yaşayan *C. umbla*'nın kas dokusundaki *Pb* düzeyini ortalama olarak 0,172 mg/kg düzeyinde belirlemişlerdir. Bu metal düzeyi de çalışmamız için kullanılan balıkta yüksek çıkmıştır.

Diğer yandan, Çinko (*Zn*) düzeyleri de diğer metallerde olduğu gibi, istasyonlar arasında benzer sonuçlar göstermiştir. Selvi ve Kaya (2013) Çanakkale Atikhisar Baraj Gölü'nde avlanan Turna Balığı (*E. lucius*)'nın kas dokularındaki *Zn* birikimini 39,227 µg/g olarak saptamışlardır. Tokatlı vd. (2016) Meriç Nehir'i deltasındaki bazı balıkların kas dokularındaki *Zn* düzeyini belirlemişlerdir. Buna göre Gala Gölünde *C. carpio*'da 37,61, *S. glanis*'de 23,07, *S. erythrophthalmus*'da 49,32, *E. lucius*'da 30,23, *C. gibelio*'da 88,1, *P. fluviatilis*'de 43,44, *S. lucioperca*'da 32,42 ve *S. orpheus*'da ise 37,41 mg/kg şeklinde belirlemişlerdir. Buna karşın Meriç Nehir'indeki türlerin kas dokusunda biriken *Zn* metalinin düzeyleri ise; *C. carpio*'da 45,73, *S. glanis*'de 25,71 ve *S. lucioperca*'da ise 25,51 düzeyinde tespit etmişlerdir. Güldiren ve Tekin-Ozan (2018) Seyhan Baraj Gölündeki *C. carpio* balığının kas dokusundaki *Zn* konsantrasyonunu 42,39-1129,36 mg/kg arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Yine Sökmen vd. (2018) Karasu Nehir'inde yaşayan *C. umbla*'nın kas dokusundaki *Zn* düzeyini ortalama olarak 24,07 mg/kg düzeyinde saptamışlar. Bu metal düzeyi de çalışmamızda oldukça yüksek bulunmuştur.

*Cd* ve *Cr* *P. antalyae*'nin kas dokusunda belirlenen düzeyler mevsimsel değerlere göre değişmekle beraber Türk Gıda Kodeksi, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Birliği (EC) ve ABD Çevre Koruma Ajansının (EPA) belirlediği limitlerin üzerinde bulunmuştur (Tablo 2). *Cu* ise, Türk Gıda Kodeksi (TFC), Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nın belirlediği limitlerin altında kalmakla birlikte Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği limitin üzerinde bazı istasyon ve mevsimlerde çıkmıştır (Tablo 2). Yine çalışılan *Mn*, *Pb* ve *Zn* metallerinin bulunan değerleri limitlerin üzerinde saptanmıştır (Nauen 1983; EPA 1989a; TFC 2002; EC 2005; Anonim 1989b).

**Tablo 2.** Çalışılan balık kasındaki metal düzeylerinin standartlar ile karşılaştırılması.  
**Table 2.** Comparison of metal levels in the studied fish muscles with standards.

Referanslar	Ağır Metaller							
	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
<i>P. antalyae</i> (µg/g)	1,48-4,24	0,73-3,12	0,90-8,14	1,21-4,22	3,94-32,39	0,24-0,78	20,03-58,15	23,07-464,39
TFC (mg/kg)	0,05			20			0,3	50
EPA (mg/kg)	1,4		4,1	54			0,1	410
WHO (mg/kg)	0,18		0,15	3	1			100
FAO (mg/kg)	0,2			10				150
EC (mg/kg)	0,05-0,3						0,3	

Çok tüketilmemekle beraber, su akış güzergâhında sportif avcılıkla avlanan bu türün kas dokularındaki metal birikim değerleri yüksek bulunmuştur. Antalya Organize Sanayi Bölgesinin arıtma tesisi atık suyunun suya verilmesi, zirai faaliyetlerde kullanılan gübre ve pestisitlerin etkileri ile diğer antropolojik faktörler nedeniyle bu sonucun oluştuğu düşünülmektedir. Bu nedenle; anılan su kaynağının su, sediment ve canlılar yönünden daha detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

### Teşekkür

Bu makale Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde yapılan “ Kırkgöz Su Kaynakları ve Çırnık Köprüsü Arasında Yaşayan *Pseudophoxinus antalyae*, BOGUTSKAYA, 1992’nin Mevsimsel Vücut Besin Yapısı ile Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Dağılımı” başlıklı tezden üretilmiştir.

### Kaynaklar

- Akgün M, Gül A, Yılmaz M. 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı’nda Yaşayan *Leuciscus cephalus* L., 1758 Dokularında Ağır Metal Birikimi. GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi. 27(2):179-189.
- Anonim 1989b. World Health Organization, Evaluation of Certain Food Additives and The Contaminants Mercury, Lead And Cadmium. WHO Tech. Report Series. No:505.
- ASTM 1985. Preparation of Biological Samples For Inorganic Chemical Analysis. Annual Book of ASTM Standards. 19:740-747.
- Bogutskaya NG. 1992. A Revision of Species of The Genus *Pseudophoxinus* (Leuciscinae, Cyprinidae) From Asia Minor. Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut. 89:261-290.
- Bryan GW. 1976. Some Aspects of Heavy Metal Tolerance in Aquatic Organisms. In: Lockwood APM, editor. Effects of Pollutants on Aquatic Organisms. London: Cambridge University Press. p. 7-34.
- Canlı M, Ay Ö, Kalay M. 1998. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*,

*Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River. Turk J Zool. 22:149-157.

Çağlak E, Karşı B. 2014. Beyşehir Gölü’ndeki Sudak (*Stizostedion lucioperca*, Linnaeus 1758) Balığı Kasında Bazı Ağır Metallerin Birikiminin Araştırılması. J Agr Sci. 20:203-214.

doi: 10.1501/Tarimbil\_0000001279

Çağlar C. 2010. Suğla Gölünde Yaşayan (*Phoxinellus anatolicus* Hanko, 1924) ve *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758’n Karaciğer, Kas ve Solungaç Dokularında Ağır Metal Düzeyleri. [Master’s Thesis]. Selçuk University. 79 p. [in Turkish]

Çetin E, Güher H, Gaygusuz ÇG. 2016. Altınyazı Baraj Gölü’nde (Edirne) Yaşayan Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimlerinin İncelenmesi. Turkish Journal of Aquatic Sciences. 31(1):1-14.

doi: 10.18864/TJAS201601

Düşükcen M, Eroğlu M, Canpolat Ö, Çoban MZ, Çalta M, Şen D. 2014. Distribution of Some Heavy Metals in Muscle Tissues of *Luciobarbus xanthopterus*. Turkish Journal of Science and Technology. 9(1):37-46.

EC 2005. Commission Regulation (EC) No. 78/2005 of 19 January 2005 amending Regulation (EC) No. 466/2001 as regards heavy metals. Official Journal of the European Union. 16:43-45.

Ellis KV, White G, AdnWarn AE 1989. Surface water pollution and its control. Chippenham, Wiltshire: Antony Rome Ltd 373 p.

EPA 1989a. Assessing Human Health Risks from Chemically Contaminated Fish and Shellfish: A Guidance Manual. Washington DC: US Environmental Protection Agency. Report No: EPA-503/8-89-002.

Eroğlu M, Düşükcen M, Canpolat Ö, Çalta M, Şen D. 2017. Dikenli Yılan Balığı (*Mastacembelus mastacembelus* Banks & Solandor, 1794 )’nın Kas Dokusunda Bazı Ağır Metal Miktarlarının Belirlenmesi. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi. 31(3):173-179.

Göksu MZL, Çevik F, Fındık Ö, Sarıhan E. 2003. Seyhan Baraj Gölü’ndeki Ay-nalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)’larda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi. 20(1-2):69-74.



- Güldiren O, Tekin-Ozan S. 2018. Seyhan Baraj Gölü (Adana) 'nde Yaşayan Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın Kas, Karaciğer ve Solungaçlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 9(2): 157-167.  
doi: 10.29048/makufebd.411888
- Hughes WW. 1996. Essentials of Environmental Toxicology, the effects of Environmentally Hazardous Substance on Human Health. In: Hughes WW, editor. Environmental Toxicants. Washington: Taylor and Francis Publication. p. 125-141
- Kalay M, Karataş S. 1999. Kadmiyumun *Tilapia nilotica*' da Kas, Beyin ve Kemik (Omurga Kemigi) Dokularındaki Birikimi. Turk J Zool. 23(supp3): 985-991.
- Kaptan H, Tekin-Özan S. 2014. Eğirdir Gölü'nün (Isparta) Suyunda, Sedimentinde ve Gölde Yaşayan Sazan'ın (*Cyprinus carpio* L., 1758) Bazı Doku ve Organlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel University Journal of Science (E-Journal). 9(2):44-60.
- Kırcı M, Taysı MR, Bengü AŞ, İspir Ü. 2013a. Murat Nehri'nde Yakalanan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nın Kas Dokusunda Bazı Metallerin Birikim Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 6(1):111-121.
- Kırcı M, Taysı MR, Bengü AŞ, İspir Ü. 2013b. Murat Nehri'nden Yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da Bazı Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 3(1):85-90.
- Levesque HM, Moon TW, Campbell PCG, Hontela A. 2002. Seasonal Variation in Carbohydrate and Lipid Metabolism of Yellow Perch (*Perca flevescens*) Chronically Exposed to Metals in the Field. Aquat Toxicol. 60(3-4):257-267.  
doi: 10.1016/S0166-445X(02)00012-7
- Nauen CE. 1983. Compilation of Legal Limits for Hazardous Substances in Fish and Fishery Products. Rome, Italy: FAO. Report No: 764.
- Oruçoğlu K, Beyhan M. 2019. Göller Bölgesi Göllerinde Ağır Metal Kirliliğinin Değerlendirilmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research. 3(1):10-20.  
doi: 10.30516/bilgesci.449984
- Selvi K, Kaya H. 2013. Çanakkale Atikhisar Barajı'ndan Yakalanan Turna Balığı (*Esox lucius* L., 1758) Dokularında Bazı Metallerin Belirlenmesi. Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi. 25(2):23-28.
- Sökmen T, Güneş M, Kırcı M. 2018. Karasu Nehri'nden (Erzincan) Alınan Su, Sediment ve *Capoeta umbla* Dokularındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi. 5(4):578-588.  
doi: 10.30910/turkjans.471355
- Teber Ç. 2013. Sıdkılı Küçük boğaz Baraj Gölü (Kırşehir)'nde Yaşayan Kadife Balığı (*Tinca tinca* L., 1758)'nda Ağır Metal Birikimi. [Master's Thesis]. Ahi Evran Üniversitesi. 89 p. [in Turkish]
- TFC 2002. Notifications About Determination of the Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs of Turkish Food Codex (in Turkish). Ankara: Turkish Food Codex. Report No: 2002/63.
- Tokatlı C, Emiroğlu Ö, Çiçek A, Köse E, Başkurt S, Aksu S, Uğurluoğlu A, Şahin M, Başatlı Y. 2016. Meriç Nehri Deltası (Edirne) Balıklarında Toksik Metallerin Biyolojik Birikimlerinin Araştırılması. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi - C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji. 5 (1):1-11.  
doi: 10.18036/btdc.32213
- Yabanlı M, Coşkun Y, Öz B, Yozukmaz A, Sel F, Öndeş S. 2013. Bafa Gölü'nden Elde Edilen Levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) ve Göl Suyunda Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi ve Balık/Halk Sağlığı Açısından Durum Değerlendirmesi. Bornova Veteriner Bilimleri Dergisi. 35(49):15-23.
- Yazkan M, Özdemir F, Gölükcü M. 2002. Cu, Zn, Pb and Cd Content in Some Fish Species Caught in the Gulf of Antalya. Turk J Vet Anim Sci. 26(6):1309-1313.