

## Oymapınar Baraj Gölü (Antalya)'nın Suyunda, Sedimentinde ve Gölde Yaşayan Sazanın (*Cyprinus carpio* L.1758) Bazı Dokularındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi

Selda TEKİN ÖZAN\*<sup>ORCID</sup>

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, ISPARTA

\*Sorumlu Yazar: [seldaozan@sdu.edu.tr](mailto:seldaozan@sdu.edu.tr)

**Araştırma Makalesi**

Geliş 21 Mayıs 2021; Kabul 08 Temmuz 2021; Basım 01 Aralık 2021.

**Alıntı:** Tekin Özkan, S. (2021). Oymapınar baraj gölü (Antalya)'nın suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazanın (*Cyprinus carpio* L.1758) Bazı Dokularındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 595-608. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.940349>

### Özet

Bu çalışma 2017 yılında Oymapınar Baraj Gölü'nde yürütülmüştür. Çalışma kapsamında göl suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazanın (*Cyprinus carpio* L.,1758) kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki bazı ağır metallerin konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Göl suyunda Mo (<0.0008) her mevsim, Cu (<0.0006) ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde analiz limitinin altında kalmıştır. Suda en fazla biriken metal Fe, en az biriken metaller ise Cd ve Cr olmuştur. Mevsimsel olarak yapılan değerlendirmede Cd, Cu, Mn, Ni ve Se'un sonbahar mevsiminde, Cu, Fe ve Zn'nun kış mevsiminde ve Pb'un yaz mevsiminde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşın Cd, Cu, Fe, Mn ve Zn'nun yaz mevsiminde, Cr, Ni ve Se'un ilkbahar mevsiminde ve Pb'un kış mevsiminde azaldığı saptanmıştır. Göl sedimentinde tüm metaller her mevsimde belirlenmiştir. Sedimentte de en fazla biriken metal Fe, en az biriken metal ise Cd olmuştur. Mevsimsel olarak yapılan değerlendirmede Mo (sonbahar mevsiminde) hariç tüm metallerin miktarlarının yaz mevsiminde arttığı belirlenmiştir. Buna karşın Cu, Mn, Ni, Cr, Fe, ve Zn' nun ilkbahar mevsiminde, Cd ve Pb'nun sonbahar mevsiminde, Se'un kış mevsiminde ve Mo'in yaz mevsiminde azaldığı belirlenmiştir. Balıklarda analizi yapılan tüm metaller her mevsimde her dokuda belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar genellendiğinde metallerin kasta kış mevsiminde, karaciğerde ilkbaharda ve solungaçta yaz mevsiminde arttığı, kasta ilkbaharda ve solungaçta ise sonbaharda azaldığı saptanmıştır. Karaciğerdeki metal azalışı mevsimsel olarak birbirine benzerlik göstermektedir. Su ve balık dokularında belirlenen değerler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, EPA, WHO, EU, EC, TGK ve FAO'nun verdiği ağır metallerin kabul edilebilir sınırları ve su kalite sınıfı değerleri ile kıyaslanmıştır. Sedimentte belirlenen konsantrasyonlar sediment kalite kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ağır metal, Su, Sediment, Balık, Oymapınar Baraj Gölü.

### Determination of Heavy Metal Levels in Water, Sediment and Some Tissues of Carp (*Cyprinus carpio* L.1758) Living in the in Oymapınar Dam Lake's (Antalya)

#### Abstract

This study was conducted in Oymapınar Dam Lake in 2017. Within the scope of the study, it was aimed to determine the concentrations of some heavy metals in the lake water, sediment, and muscle, liver, and gill tissues of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) living in the lake. Mo (<0.0008) in lake water was below the analysis limit in all seasons and Cu (<0.0006) in the spring and autumn seasons. The highest metal in water was Fe, and the lowest metals were Cd and Cr. In the seasonal evaluation, it was determined that Cd, Cu, Mn, Ni, and Se increased in autumn, Cu, Fe, and Zn increased in winter, and Pb in summer. On the other hand, it was determined that Cd, Cu, Fe, Mn, and Zn decreased in summer, Cr, Ni, and Se in spring, and Pb in winter. All metals in the lake sediment were determined in all seasons. Fe was the highest and Cd was the lowest in sediment. In the seasonal evaluation, it was determined that the amount of all metals increased in the summer, except Mo (in the autumn). On the other hand, it was determined that Cu, Mn, Ni, Cr, Fe, and Zn decreased in spring, Cd, and Pb in autumn, Se in winter, and Mo in summer. All metals analyzed in fish were determined in all tissues in all seasons. When the results obtained were generalized, it was found that metals increased in muscle in winter, the liver in spring and gill in summer, and decreased in muscle in spring and gill in autumn. Metal reduction in the liver is similar to each other seasonally. The values determined in water and fish tissues have been compared with the acceptable limits of heavy metals and water quality class values given by the Ministry of Environment and Urbanization, EPA, WHO, EU, EC, TGK, and FAO. Concentrations determined in sediment were evaluated according to sediment quality criteria.

**Keywords:** Heavy metal, Water, Sediment, Fish, Oymapınar Dam Lake

## GİRİŞ

Günümüzde hızlı nüfus artışı, teknoloji ve sanayinin gelişmesi, düzensiz kentleşme, artan tarım ve hayvancılık faaliyetleri, evsel ve endüstriyel atık sulardaki artış çevre kirliliğine sebep olmaktadır (Ellis vd., 1989; Sağlam ve Cihangir, 1995; Oruçoğlu ve Beyhan, 2019). Su kirliliği de günümüzün önemli çevre problemlerinden biridir. Farklı yollarla sucul ortama karışan organik ve inorganik maddeler, endüstriyel atıklar, pestisitler, ağır metaller, kimyasal gübreler, deterjanlar, petrol ve türevleri, mikroorganizmalar ve yağlar suların kirlenmesine, sucul dengenin bozulmasına, içilebilir ve kullanılabilir su miktarının azalmasına sebep olmaktadır (Ellis vd., 1989; Uysal vd., 2009).

Sucul ortamlardaki önemli kirleticilerden olan ağır metaller çevre şartlarına dayanıklı olmaları, farklı kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri ve besin zincirine katılarak canlıların vücutlarında birikmeleri, düşük miktarlarda bile toksik etki gösterebilmeleri nedeniyle çevre kirliliği ve canlıların sağlığı açısından oldukça tehlikelidirler (Uzunoglu, 1999; Yuan vd., 2004; Liu vd., 2016). Ağır metaller erozyon, orman yangınları, ayrışma olayları, yanardağ faaliyetleri, maden ocakları, evsel, tarımsal ve endüstriyel atıklar gibi hem antropolojik faaliyetlerden hem de doğal kaynaklardan köken alarak sucul ortamlara karışır (Göksu, 2003).

Ağır metaller doğal sulara partikül maddeler tarafından absorbe edilmiş, serbest iyonlar ve organik veya inorganik bileşikler şeklinde bulunmaktadır (Engel vd., 1981). Ayrıca eğer iyon halinde iseler toksik etkileri artmaktadır. Metaller suya girdikten sonra az miktarı suda serbest iyon halinde kalırken, çoğunluğu sedimente çöker (Türkmen ve Türkmen, 2004; Zhuang ve Gao, 2015). Sediment ise çoğu sucul canlı için yaşam alanıdır ve sedimente çöken metaller sediment parçaları tarafından alınır (Goyer, 1986). Bu absorpsiyondan sonra suyun bazı fiziko-kimyasal özelliklerinde gerçekleşen değişiklikler ile birlikte ağır metaller tekrar su kolonuna geri salınırlar. Bu durum sedimentin metaller açısından sürekli bir kaynak gibi rol oynaması demektir (Soares vd., 1999; Yozukmaz, 2017).

Balıklar yüksek besin değeri, kolay hazmedilebilmesi, vücutta sentezlenemediği için dışarıdan alınması zorunlu olan yağ asitlerini ve aminoasitleri içermeleri nedeniyle sağlıklı ve dengeli beslenme için insan diyetinde önemli bir yere sahiptir (Çetin vd., 2016; Tokatlı vd., 2016). Ağır metaller, besin zinciri yolu ile plankton ya da sudaki diğer organizmalardan balıklara geçer (Begenirbaş, 2002). Balıklar, ağır metalleri; solungaçlar, deri ve sindirim sistemi yoluyla bünyelerine alırlar (Dökmeci, 1988), alınan ağır metaller taşıyıcı proteinlere bağlı halde kan yolu vasıtasıyla doku ve organlara taşınarak dokularda bulunan metal bağlayıcı proteinler tarafından bağlanır ve yüksek miktarlara ulaşır (Cicik, 2003). Balıklarda biriken ağır metallerin miktarı balığın yaşına, metabolik aktivitesine, ağır metal ile etkileşim sürecine, ortamda bulunan metalin miktarına, biriktiği doku ve organa göre değişmektedir (Köse ve Uysal, 2008). Ağır metaller vücutta en yüksek düzeye ulaşınca depolanmakta ve belirli bir limiti aşmadığı takdirde toksik etki yapmamaktadır (Aktop ve Çağatay, 2020). Ağır metaller sucul organizmalarda moleküler ve hücresel düzeyde yapısal işlev bozukluklarına ve DNA kırılmaları frekanslarında artışa sebep olmaktadır (Kalay ve Karataş, 1999; Levesque vd., 2002).

Son yıllarda sucul sistemlerde ağır metal birikimi ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır (Karadede ve Ünlü, 2000; Uysal vd., 2010; Türkmen ve Akbulut, 2015; Türkmen vd., 2016; Uçkun vd., 2017; Güldiren ve Tekin-Özan, 2018; Türkmen vd., 2018; Kankılıç, 2019; Öner ve Metli, 2021). Suyun insanlar için önemi gözönüne alındığında ve balıkların insan beslenmesindeki yeri düşünüldüğünde ağır metallerin sucul ortamlardaki durumu ve balıklarda ne derecede birikim yaptığı gibi konuların araştırılması hem sucul sistemler, hem balık biyolojisi hem de insan sağlığı açısından oldukça önemlidir.

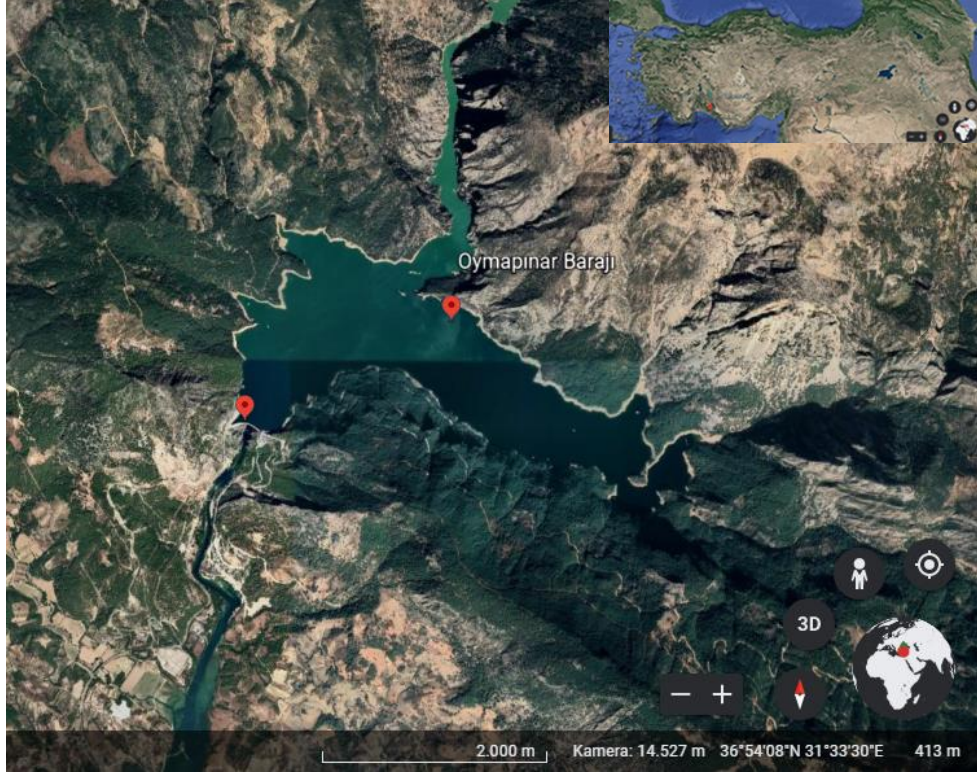
Bu çalışmada Antalya ili sınırları içinde kalan Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazanın (*Cyprinus carpio* L., 1758) kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOD

### Araştırma Alanı

Oymapınar Barajı ve Hidro Elektrik Santrali (HES) Türkiye'nin güneyindeki Antalya ili sınırları içinde yer almaktadır (Şekil 1). 36°54' kuzey enlemi ve 31°31' doğu boylamlarında bulunmaktadır. Akdeniz kıyısında Antalya iline 76 km uzaklıkta Manavgat Irmağı üzerinde enerji üretimi ve sel baskınlarını önlemek amacı ile 1977-1984 yılları arasında inşa edilmiştir (Anonim, 2004; Aykurt ve Altınok, 2009; Web 1). Ülkemizdeki en yüksek beton kemer gövdeli ve en yüksek su derinliğine sahip

barajlardan biridir. Baraj gölünün derinliği 185 m'yi, uzunluğu ise 5 km'yi bulmaktadır. Baraj gölü 384 milyon km<sup>3</sup> su hacmine sahiptir. Gölün alanı normal su kotunda 4.70 km<sup>2</sup>'dir (Anonim, 2004). Gölde *Salmo cf. opimus*, *Capoeta caelestis*, *Carassius gibelio*, *Alburnus baliki*, *Alburnus escherichii*, *Squalius anatolicus*, *Pseudophoxinus alii*, *Pseudophoxinus battalgilae*, *Cobitis battalgilae* ve *Oxynoemacheilus atili* bulunmaktadır (Küçük vd., 2020). Manavgat Irmağı aynı zamanda tarım, turizm, içme suyu, enerji üretimi ve alabalık yetiştiriciliği yapılan ve ekonomik önemi olan bir akarsudur (Küçük vd., 2011).



Şekil 1. Çalışma alanı (Google.Earth'den alınmıştır)

### Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları

Bu çalışma süresince 2017 yılının Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarında arazi çalışması yapılmıştır. Gölün farklı bölgelerinden alınan su örnekleri 500 ml'lik polipropilen kaplara konarak Whatman marka 45 mm GF/C cam filtre ile süzölmüş ve üzerlerine pH < 2 olacak şekilde nitrik asit ilave edilmiştir. Su örnekleri analiz yapılmaya kadar +4 °C muhafaza edilmiştir (APHA, 1998).

Gölden alınan sediment ve balık örnekleri de yine polipropilen kaplara koyularak laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen balık örneklerinin (36 adet) standart, çatal ve total boyları  $\pm 1$  mm hatalı ölçme tahtasında, ağırlıkları ise Weightlab marka hassas terazide ölçölmüş, örneklerle ilgili kayıtların tutulduğu forma yazılarak, balıklardan solungaç, karaciğer ve kas örnekleri alınmıştır. Sediment örnekleri 60 mesh'lik bir elekten geçirilmiştir. Sediment ve balık dokusu örnekleri ısıya dayanıklı petrilere konularak etüvde kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra sediment örneklerinden yaklaşık 1 gr alınmış ve üzerine nitrik asit /sülfürik asit karışımından (5/10) 5 ml ilave edilerek hot plate üzerinde çeker ocakta renkli buharları kayboluncaya kadar ısıtılmış ve tamamen mineralize olmaları sağlanmıştır. Çözünen örnekler 25 ml'lik polipropilen balon jöjelere aktarılmış ve distile su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır (APHA, 1985). Kurutulan balık dokusu örneklerinden 1-2 gr kadar alınarak üzerine 5 ml derişik nitrik asit ilave edilerek hot plate üzerinde renkli buharları kayboluncaya kadar ısıtılmış ve tamamen mineralize olmaları sağlanmıştır. Daha sonra örneklerin üzerine 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilmiş ve örnekler saf su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Çözeltiler üzerine 1-2 damla HNO<sub>3</sub> ilave edilerek analize hazır hale getirilmiştir (APHA, 1985). Analiz işlemi yapılmadan önce balık dokuları ve sediment örneklerinin çözeltileri filtre kağıtlarından geçirilerek süzölmüştür. Örneklerin metal analizi Vista marka ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission

Spectrometer) cihazında yapılmıştır. Ayrıca cihazın ağır metal ölçümündeki doğruluğunu saptamak amacıyla DORM-3 (Dogfish Protein Certified Reference Material For Trace Metals), DOLT-4 (Dogfish Liver Reference Materials for Trace Metals) ve HISS-1 (Marine Sediment Reference Material for Trace Elements and Other Constituents) sertifikalı referans materyallerden de aynı şekilde çözeltiler hazırlanarak metal analizi yapılmıştır.

### **İstatistiksel Analizler**

Örnek sonuçlarının tüm istatistiksel hesaplaması SPSS 22.0 programı ile yapılmıştır. Sonuçların, minimum değeri, maksimum değeri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Su, sediment ve balık dokularındaki metallerin mevsimsel değişimini belirlemek ve ağır metal miktarları bakımından balık dokuları arasında istatistiksel bir değişiklik olup olmadığını ortaya koymak amacıyla One-Way Anova ve Duncan Testi yapılmıştır (Fisher, 1928; Duncan, 1955).

### **BULGULAR ve TARTIŞMA**

Bu çalışmada DORM 3 (Dogfish Protein Certified Reference Material For Trace Metals), DOLT 4 (Dogfish Liver Reference Material For Trace Metals) ve HISS-1 (Marine Sediment Reference Material for Trace Elements and Other Constituents) standart referans materyallerden ağır metal analizi yapılarak, Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından verilen sertifika değerleri ile kıyaslanmıştır (Tablo 1.) Hassasiyet dereceleri DORM 3 için %89-104 arasında, DOLT 4 için %95-108 arasında ve HISS 1 için %87-107 arasında değişiklik göstermiştir.

Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda yapılan metal analizlerinin sonuçları Tablo 2'de görülmektedir. Tabloya göre Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda Mo (molibden) her mevsim analiz limitinin altında (<0,0008) kalırken, Cu (bakır) ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde analiz limitinin altında (<0,0006) kalmıştır. Suda en fazla biriken metal Fe (demir), en az biriken metaller ise Cd (kadmium) ve Cr (krom) olmuştur. Atatürk Baraj Gölü (Karadede ve Ünlü, 2000; Uçkun vd., 2017), Demirköprü ve Avşar Baraj Gölleri (Özözen, 2005), Seyhan Baraj Gölü (Çevik vd., 2009; Güldiren ve Tekin-Özan, 2017), Gökçekaya Baraj Gölü (Karakoca ve Topçu, 2017), Avşar Baraj Gölü (Öztürk vd., 2009), Karataş Gölü (Başyigit ve Tekin-Özan, 2013) ve Işıklı Gölü (Gülcü-Gür ve Tekin-Özan, 2017a)'nın sularında yapılan ağır metal analizleri sonucunda Fe'in en yüksek düzeyde biriktiği belirlenmiştir.

Sudaki belirlenen metallerin minimum ve maksimum miktarları (ppb) Cd için 0,03-0,70, Cr için 0,11-4,19, Cu için 3,30-7,30, Fe için 25,01-1936,89, Mn (mangan) için 3,21-33,12, Ni (nikel) için 0,5-20,05, Pb (kurşun) için 31,34-115,00, Se (selenyum) için 4,63-35,80 ve Zn (çinko) için 1,26-181,44 arasında değişmiştir. Ayrıca mevsimsel olarak yapılan değerlendirmede Cd, Cu, Mn, Ni ve Se'un sonbahar mevsiminde, Cu, Fe ve Zn'nun kış mevsiminde ve Pb'un yaz mevsiminde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşın Cd, Cu, Fe, Mn ve Zn'nun yaz mevsiminde, Cr, Ni ve Se'un ilkbahar mevsiminde ve Pb'un kış mevsiminde azaldığı saptanmıştır. Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda tespit edilen metal miktarlarının istatistiksel değerlendirilmesinde; Cd, Ni, Pb ve Se'un birikimi açısından mevsimler arasında önemli farklılıklar belirlenmişken (<0,05), Cr, Cu, Fe, Mn, Mo ve Zn birikimi açısından mevsimler arasında önemli bir farklılığın olmadığı (>0,05) saptanmıştır.

Türkmen ve Akbulut (2015), Giresun sahilindeki bazı derelerin denize deşarj oldukları noktada yaptıkları çalışmada sudaki Zn, Pb, Cr, Ni ve Cu'nun sonbaharda, Mn'in yazın azaldığını, Zn, Ni ve Cr'un ilkbaharda, Pb'un yazın arttığını belirlemişlerdir. Güldiren ve Tekin-Özan (2017) Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda Cd, Cr, Fe, Mo, Ni ve Pb'un yaz mevsiminde, Se ve Zn'nun sonbahar mevsiminde, Mn'in kış mevsiminde, Cu'nun ise ilkbahar mevsiminde arttığını, Cr, Se ve Zn'nun ilkbahar mevsiminde, Mn ve Mo'nun miktarının sonbahar mevsiminde, Cu, Fe, Ni ve Pb'un miktarının ise kış mevsiminde azaldığını saptamışlardır. Işıklı Gölü'nün suyunda Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Se'un yaz mevsiminde, Cd, Mo ve Zn'nun ilkbaharda arttığı, Cd, Cr, Mo ve Zn'nun sonbahar mevsiminde, Cu ve Se'un ilkbahar mevsiminde, Fe, Mn ve Ni'in kış mevsiminde azaldığı belirlenmiştir (Gülcü-Gür ve Tekin-Özan, 2017a). Metallerin genel olarak yaz ve kış mevsimlerindeki azalışı gölde oluşan durgunluk sebebiyle su kolonundaki metallerin dibe çökmesinden kaynaklanmış olabilir. Sonbahar mevsimindeki artış ise hem bölgedeki atmosfer sıcaklığına bağlı olarak yoğun buharlaşmanın devam etmesine hem de sirkülasyon ile su kolonuna metal geçişinin olmasına bağlanabilir.

**Tablo 1.** Standart referans materyallerin sertifika değerleri, belirlenen değerleri ve hassasiyet dereceleri

Metal	DORM 3 Sertifika değerleri	DORM 3 Belirlenen değerler	Hassasiyet derecesi (%)	DOLT 4 Sertifika değerleri	DOLT 4 Belirlenen değerler	Hassasiyet derecesi (%)	HIIS 1 Sertifika değerleri	HIIS 1 Belirlenen değerler	Hassasiyet derecesi (%)
Cd	0,290±0,02	0,30±0,02	103	24,3±0,8	23,5±0,10	96	0,024±0,009	0,021±0,002	87
Cr	1,89±0,17	1,98±0,01	104	-	-	-	30,0±6,8	29,4±5,21	98
Cu	15,5±0,63	14,5±0,39	93	31,2±1,1	32,2±0,9	103	2,29±0,37	2,18±0,06	95
Fe	347±20	360±18,1	103	1833±75	1765±51	96	-	-	-
Mn	-	-	-	-	-	-	66,1±4,2	66,8±2,8	101
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	1,28±0,24	1,19±0,21	92	0,97±0,11	0,83±0,02	95	2,16±0,29	2,11±0,31	97
Pb	0,395±0,05	0,354±0,07	89	-	-	-	3,13±0,40	3,21±0,01	102
Se	-	-	-	8,3±1,3	9,0±0,54	108	0,050±0,007	0,052±0,008	104
Zn	51,3±3,1	52,9±2,8	103	116±6	125±1,2	107	4,94±0,79	5,3±0,55	107

**Tablo 2.** Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda belirlenen ağır metallerin miktarları (ppb)

Mevsim	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Kış	0,14-0,63 0,45±0,27 <sup>b*</sup>	0,38-2,33 1,30±0,97 <sup>a</sup>	7,20-7,30 7,25±0,05 <sup>a</sup>	204,03-1936,69 791,54±997,83 <sup>a</sup>	3,56-33,12 18,64±11,61 <sup>a</sup>	ALA	1,94-18,48 8,68±4,23 <sup>b</sup>	31,34-73,03 45,32±2,99 <sup>a</sup>	7,20-8,90 7,94±0,86 <sup>b</sup>	20,19-181,44 79,64±8,57 <sup>a</sup>
İlkbahar	0,33-0,51 0,43±0,09 <sup>ab</sup>	0,21-0,25 0,23±0,02 <sup>a</sup>	ALA**	118,63-379,96 243,65±13,03 <sup>a</sup>	7,20-7,74 7,54±0,3 <sup>a</sup>	ALA	0,5-0,8 0,67±0,05 <sup>ab</sup>	88,16-106,18 97,52±9,03 <sup>a</sup>	4,63-8,01 6,30±1,69 <sup>a</sup>	5,99-12,33 8,73±3,25 <sup>a</sup>
Yaz	0,03-0,37 0,15±0,08 <sup>ab</sup>	0,24-0,61 0,36±0,02 <sup>a</sup>	3,30-3,60 3,45±0,15 <sup>a</sup>	25,01-41,44 33,27±8,21 <sup>a</sup>	3,21-5,36 4,48±1,13 <sup>a</sup>	ALA	2,53-3,86 3,18±0,66 <sup>a</sup>	100-115 109,94±8,61 <sup>b</sup>	15,55-21,66 19,563,47 <sup>a</sup>	1,26-12,31 5,46±1,97 <sup>a</sup>
Sonbahar	0,60-0,70 0,65±0,05 <sup>a</sup>	0,11-4,19 2,23±2,04 <sup>a</sup>	ALA	69,66-784,42 480,93±36,96 <sup>a</sup>	21,32-25,08 22,84±1,98 <sup>a</sup>	ALA	12,00-20,05 16,12±4,02 <sup>a</sup>	44,63-77,27 59,16±16,60 <sup>b</sup>	14,07-35,80 26,87±11,37 <sup>b</sup>	19,62-179,53 76,23±8,59 <sup>a</sup>

\*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.

\*\*Analiz Limitinin Altında

Oymapınar Baraj Gölü'nün sedimentinde yapılan metal analizlerinin sonuçları Tablo 3'de görülmektedir. Tabloya göre Oymapınar Baraj Gölü'nün sedimentinde tüm metaller her mevsimde belirlenmiştir. Aynen suda olduğu gibi sedimentte de en fazla biriken metal Fe, en az biriken metal ise Cd olmuştur. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da Atatürk Baraj Gölü'nün (Karadede ve Ünlü, 2000), Seyhan Baraj Gölü'nün (Güldiren ve Tekin-Özan, 2017), Enne ve Porsuk Baraj Göllerinin (Uysal vd., 2010), Kapulukaya Baraj Gölü'nün (Kankılıç, 2019), Karasu Nehri'nin (Sökmen vd., 2018), Eğirdir Gölü'nün (Kaptan ve Tekin-Özan, 2014) sedimentinde benzer sonuçlar bulunmuştur. Hem sedimentte hem de suda Fe'in en yüksek seviyedeki metal olması Fe'in yer kabuğunda en fazla bulunan metallere biri olmasıyla açıklanabilir. Cd'un düşük oranda bulunması ise sedimentteki organik maddelerin bileşiminde Cd'un düşük oranda bulunmasıyla ilgili olabilir (Baron vd., 1990).

Sedimentte belirlenen metallerin minimum ve maksimum miktarları (mg/kg) Cd için 0,003-0,06, Cr için 2,26-11,08, Cu için 0,41-3,84, Fe için 88,99-3130,97, Mn için 3,70-52,14, Mo için 0,21-0,49, Ni için 0,80-10,09, Pb için 1,16-20,29, Se için 1,66-12,80 ve Zn için 4,50-11,02 arasında değişmiştir. Ayrıca mevsimsel olarak yapılan değerlendirmede Mo (sonbahar mevsiminde) hariç tüm metallerin miktarlarının yaz mevsiminde arttığı belirlenmiştir. Buna karşın Cu, Mn, Ni, Cr, Fe ve Zn'nun ilkbahar mevsiminde, Cd ve Pb'nun sonbahar mevsiminde, Se'un kış mevsiminde ve Mo'in ise yaz mevsiminde azaldığı belirlenmiştir. Sedimentte tespit edilen metal miktarlarının istatistiksel değerlendirilmesinde; Se'un birikimi açısından mevsimler arasında önemli farklılıklar belirlenmişken (<0,05), diğer metallerin birikimi açısından mevsimler arasında önemli bir farklılığın olmadığı (>0,05) saptanmıştır.

Türkmen ve Akbulut (2015), Giresun sahilindeki bazı derelerin denize deşarj oldukları noktada yaptıkları çalışmada sedimentteki Cd ve Pb'un yazın, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr ve Co'nun kış mevsiminde arttığını bildirmişlerdir. Kankılıç vd. (2019) Kapulukaya Baraj Gölü'nün sedimentindeki metal miktarlarının yaz mevsiminde arttığını tespit etmişlerdir. Sancer ve Tekin-Özan (2016) Kovada Gölü'nün sedimentindeki metal seviyelerinin ilkbahar ve yaz mevsimlerinde arttığını, sonbahar mevsiminde azaldığını bildirmişlerdir. Güldiren ve Tekin-Özan (2017) Seyhan Baraj Gölü'nün sedimentinde Cd, Cr, Fe, Mo, Ni ve Pb'un yaz mevsiminde, Se ve Zn'nun sonbahar mevsiminde, Mn'in kış mevsiminde, Cu'nun ise ilkbahar mevsiminde arttığını, Cr, Se ve Zn'nun miktarının ilkbahar mevsiminde, Mn ve Mo'nun miktarının sonbahar mevsiminde ve Cu, Fe, Ni ve Pb'un miktarının ise kış mevsiminde azaldığını saptamışlardır. Oymapınar Baraj Gölü'nün sedimentinde yaz mevsiminde metal miktarlarının artmasının sebebi hem gölde oluşması muhtemel yaz durgunluğu hem de yaz döneminde göl etrafında artan turizm faaliyetleri nedeniyle göle kirletici madde girişi olması ihtimali olabilir. Bahar aylarındaki azalış ise gölde oluşabilecek karışım nedeniyle sedimentteki metallerin su kolonuna geçmesine bağlı olabilir.

Oymapınar Baraj Gölü'nde yaşayan sazanın kas, karaciğer ve solungaçlarında belirlenen ağır metallerin miktarları Tablo 4'de verilmiştir. Analizi yapılan tüm metaller her mevsimde tüm dokularda belirlenmiştir.

Balık örneklerinde yapılan analiz sonucu kastaki Cd miktarının 0,029-0,32 mg/kg, karaciğerdeki miktarın 0,19-2,23 mg/kg, solungaçtaki miktarın ise 0,01-0,33 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Kastaki Cd miktarı sonbaharda artarken, ilkbahar mevsiminde azalmıştır. Karaciğerdeki ve solungaçtaki düzeyinin yaz mevsiminde arttığı, ilkbahar mevsiminde azaldığı tespit edilmiştir. Kastaki Cd miktarının değişimi tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önem (<0,05) taşımaktadır. Karaciğerdeki Cd miktarı kış ve ilkbaharda diğer mevsimlere göre önemli (<0,05) bulunmuşken ve solungaçtaki Cd düzeyinin mevsimler arasındaki değişimi önemli bulunmamıştır (>0,05). Cr miktarı kasta 3,80-8,09 mg/kg, karaciğerde 4,60-22,89 mg/kg ve solungaçta ise 3,45-7,93 mg/kg arasında değişmiştir. Kasta Cr miktarı kış mevsiminde, karaciğerde ilkbaharda ve solungaçta yaz mevsiminde artmıştır. Her 3 dokuda da Cr konsantrasyonu sonbahar mevsiminde azalmıştır. Kasta Cr seviyesinin mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği (>0,05) belirlenmiştir. Karaciğerde ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde diğer mevsimlere göre istatistiksel açıdan önemli fark olduğu (<0,05) tespit edilmiştir. Solungaçta ise yaz mevsimindeki birikiminin diğer mevsimlere göre farklı (<0,05) olduğu tespit edilmiştir. Cu düzeyinin kasta 0,69-5,21 mg/kg, karaciğerde 2,88-13,93 mg/kg, solungaçta ise 0,65-6,34 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Cu kasta ve solungaçta yaz mevsiminde, karaciğerde ise ilkbahar mevsiminde artış gösterirken, kasta ilkbaharda, karaciğerde yaz mevsiminde ve solungaçta sonbaharda azalmıştır. Kas ve karaciğerde Cu düzeyi bakımından tüm

mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir ( $>0,05$ ). Solungaçta ise yaz ve sonbahar mevsimlerindeki

**Tablo 3.** Oymapınar Baraj Gölü'nün sedimentinde belirlenen ağır metallerin miktarları (mg/kg)

Mevsim	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Kış	0,01-0,06	2,40-7,39	0,55-2,97	118,26-1312,89	3,70-31,74	0,28-0,44	1,04-5,47	2,03-5,37	1,66-2,90	4,77-7,07
	0,026±0,01 <sup>a*</sup>	4,37±2,65 <sup>a</sup>	1,97±0,26 <sup>a</sup>	719,50±97,35 <sup>a</sup>	17,16±4,04 <sup>a</sup>	0,33±0,09 <sup>a</sup>	2,71±2,40 <sup>a</sup>	3,79±1,67 <sup>a</sup>	2,16±0,65 <sup>a</sup>	6,22±1,26 <sup>a</sup>
İlkbahar	0,003-0,02	2,39-3,98	0,57-0,84	133,34-509,91	5,27-18,93	0,22-0,49	1,06-2,25	1,86-6,54	3,90-7,02	4,50-8,22
	0,01±0,006 <sup>a</sup>	3,04±0,83 <sup>a</sup>	0,67±0,14 <sup>a</sup>	301,63±19,14 <sup>a</sup>	10,37±7,46 <sup>a</sup>	0,31±0,14 <sup>a</sup>	1,51±0,63 <sup>a</sup>	3,92±2,38 <sup>a</sup>	5,35±1,57 <sup>ab</sup>	5,81±2,08 <sup>a</sup>
Yaz	0,02-0,04	2,26-11,08	0,41-3,84	88,99-3130,97	4,33-52,14	0,27-0,33	0,80-9,98	1,90-20,29	5,28-12,80	5,85-10,81
	0,03±0,001 <sup>a</sup>	6,87±2,24 <sup>a</sup>	2,12±0,71 <sup>a</sup>	1948,97±630,38 <sup>a</sup>	28,91±3,93 <sup>a</sup>	0,29±0,03 <sup>a</sup>	6,08±1,74 <sup>a</sup>	6,29±2,20 <sup>a</sup>	8,91±1,76 <sup>b</sup>	8,42±2,48 <sup>a</sup>
Sonbahar	0,01-0,03	2,74-8,18	0,67-2,85	130,52-1907,22	5,91-29,54	0,21-0,49	1,20-10,09	1,16-6,91	2,32-4,68	5,39-11,02
	0,016±0,008 <sup>a</sup>	4,90±2,88 <sup>a</sup>	1,86±1,10 <sup>a</sup>	1015,24±888,37 <sup>a</sup>	18,49±11,89 <sup>a</sup>	0,34±0,14 <sup>a</sup>	4,49±2,87 <sup>a</sup>	3,30±1,31 <sup>a</sup>	3,17±1,31 <sup>a</sup>	8,34±2,82 <sup>a</sup>

\*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.

**Tablo 4.** Sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)'ın farklı dokularında tespit edilen bazı ağır metallerin maksimum, minimum, ortalama değerleri (mg/kg) ve standart sapmaları

Mevsim	Doku	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Kış	Kas	0,06-0,32	4,24-8,09	0,69-1,59	84,43-171,04	3,58-7,37	0,52-0,97	1,13-2,32	4,61-6,55	2,79-3,21	12,27-19,02
		0,19±0,13 <sup>bc*</sup>	5,71±2,07 <sup>a</sup>	1,04±0,47 <sup>a</sup>	118,07±46,42 <sup>a</sup>	5,00±2,06 <sup>a</sup>	0,78±0,23 <sup>a</sup>	1,66±0,60 <sup>a</sup>	5,72±1,00 <sup>a</sup>	3,01±0,21 <sup>b</sup>	14,80±3,67 <sup>a</sup>
	Karaciğer	1,41-2,23	4,60-6,12	4,72-5,82	531,92-787,86	5,60-7,71	0,98-1,26	1,43-2,06	2,15-4,87	7,61-8,91	546,32-834,59
		1,73±0,43 <sup>b</sup>	5,53±0,81 <sup>a</sup>	5,42±0,61 <sup>a</sup>	660,90±127,98 <sup>a</sup>	6,97±1,19 <sup>a</sup>	1,11±0,13 <sup>a</sup>	1,77±0,32 <sup>a</sup>	3,54±1,36 <sup>a</sup>	8,39±0,69 <sup>c</sup>	710,11±148,10 <sup>ab</sup>
	Solungaç	0,02-0,33	5,07-5,95	1,64-2,05	292,27-364,42	11,80-23,22	0,52-0,62	1,37-1,93	5,01-8,62	3,84-3,94	401,69-899,65
		0,13±0,06 <sup>a</sup>	5,43±0,45 <sup>a</sup>	1,89±0,22 <sup>ab</sup>	319,61±39,11 <sup>ab</sup>	15,62±6,57 <sup>a</sup>	0,56±0,04 <sup>a</sup>	1,67±0,28 <sup>a</sup>	6,72±1,81 <sup>a</sup>	3,87±0,05 <sup>b</sup>	584,04±274,42 <sup>a</sup>
İlkbahar	Kas	0,03-0,14	4,31-5,08	0,77-4,53	84,38-144,37	3,59-5,28	0,38-0,67	1,28-1,51	2,76-8,05	1,76-2,70	11,55-40,88
		0,09±0,06 <sup>ab</sup>	4,71±0,38 <sup>a</sup>	2,27±1,99 <sup>a</sup>	113,72±30,01 <sup>a</sup>	4,45±0,84 <sup>a</sup>	0,49±0,15 <sup>a</sup>	1,36±0,12 <sup>a</sup>	5,12±2,69 <sup>a</sup>	2,37±0,52 <sup>ab</sup>	27,42±14,80 <sup>a</sup>
	Karaciğer	0,19-0,47	8,37-22,89	3,59-13,93	679,42-2461,13	12,32-30,12	1,00-3,54	3,92-9,42	2,51-5,46	3,20-4,80	140,13-528,20
		0,33±0,13 <sup>a</sup>	13,96±7,81 <sup>b</sup>	9,88±5,52 <sup>a</sup>	1367,02±957,89 <sup>a</sup>	18,28±10,24 <sup>b</sup>	1,86±1,45 <sup>a</sup>	5,82±3,11 <sup>b</sup>	3,80±1,50 <sup>a</sup>	4,10±0,82 <sup>a</sup>	281,38±214,49 <sup>a</sup>
	Solungaç	0,02-0,03	5,21-6,35	2,09-3,37	593,62-732,55	14,45-23,24	0,54-0,68	2,18-2,90	2,16-2,80	1,63-2,50	521,72-615,18
		0,025±0,008 <sup>a</sup>	5,78±0,56 <sup>a</sup>	2,79±0,64 <sup>ab</sup>	645,02±76,18 <sup>c</sup>	17,46±5,00 <sup>a</sup>	0,62±0,07 <sup>a</sup>	2,61±0,38 <sup>b</sup>	2,57±0,35 <sup>a</sup>	2,16±0,46 <sup>a</sup>	559,12±49,43 <sup>a</sup>
Yaz	Kas	0,26-0,29	3,81-6,58	1,87-5,14	107,15-195,20	3,51-5,75	0,30-0,69	1,20-1,57	0,35-6,13	1,02-1,22	32,32-95,48
		0,27±0,012 <sup>c</sup>	5,03±1,41 <sup>a</sup>	3,49±1,63 <sup>a</sup>	138,58±49,12 <sup>a</sup>	4,48±1,14 <sup>a</sup>	0,47±0,19 <sup>a</sup>	1,34±0,19 <sup>a</sup>	3,12±2,89 <sup>a</sup>	1,12±0,10 <sup>a</sup>	55,40±34,83 <sup>a</sup>
	Karaciğer	0,60-2,07	5,37-6,27	2,88-5,46	264,44-476,91	7,29-8,14	0,97-1,80	1,73-2,17	1,30-6,59	6,05-7,65	427,63-1398,69
		1,29±0,73 <sup>ab</sup>	5,91±0,47 <sup>a</sup>	4,56±1,45 <sup>a</sup>	403,02±120,10 <sup>a</sup>	7,65±0,43 <sup>ab</sup>	1,28±0,45 <sup>a</sup>	1,87±0,25 <sup>a</sup>	3,37±2,81 <sup>a</sup>	6,76±0,81 <sup>b</sup>	1030,79±526,54 <sup>b</sup>
	Solungaç	0,01-0,12	6,81-7,93	2,86-6,34	393,57-548,17	15,32-18,86	0,81-0,90	1,87-2,41	5,28-10,11	2,37-4,23	692,54-876,66
		0,06±0,05 <sup>a</sup>	7,28±0,58 <sup>b</sup>	4,02±2,00 <sup>b</sup>	445,86±88,60 <sup>b</sup>	17,40±1,85 <sup>a</sup>	0,86±0,04 <sup>a</sup>	2,20±0,29 <sup>ab</sup>	7,92±2,44 <sup>a</sup>	3,03±1,03 <sup>ab</sup>	786,92±92,14 <sup>a</sup>
Sonbahar	Kas	0,029-0,032	3,80-5,31	1,19-5,21	142,29-175,92	4,25-5,47	0,39-0,52	1,28-1,51	1,88-5,29	1,48-3,95	29,45-55,26
		0,31±0,001 <sup>a</sup>	4,68±0,78 <sup>a</sup>	2,81±2,11 <sup>a</sup>	159,48±16,82 <sup>a</sup>	5,01±0,66 <sup>a</sup>	0,46±0,06 <sup>a</sup>	1,38±0,11 <sup>a</sup>	3,68±1,71 <sup>a</sup>	2,96±1,30 <sup>b</sup>	38,66±14,40 <sup>a</sup>
	Karaciğer	0,64-1,81	6,35-9,14	4,86-13,53	416,26-722,16	7,39-13,95	1,14-1,52	2,34-3,60	6,22-14,12	7,46-9,32	611,32-895,15
		1,25±0,58 <sup>ab</sup>	8,07±1,50 <sup>ab</sup>	8,15±4,69 <sup>a</sup>	582,84±154,75 <sup>a</sup>	10,85±3,29 <sup>ab</sup>	1,30±0,18 <sup>a</sup>	3,10±0,67 <sup>ab</sup>	9,32±4,21 <sup>b</sup>	8,40±0,93 <sup>c</sup>	727,29±148,85 <sup>ab</sup>
	Solungaç	0,04-0,15	3,45-5,51	0,65-2,33	82,93-351,73	13,74-21,29	0,26-0,98	0,97-1,88	2,73-12,80	2,94-4,22	480,88-596,53
		0,09±0,05 <sup>a</sup>	4,74±1,12 <sup>a</sup>	1,62±0,87 <sup>a</sup>	242,25±141,16 <sup>a</sup>	17,48±3,77 <sup>a</sup>	0,67±0,36 <sup>a</sup>	1,52±0,48 <sup>a</sup>	7,23±5,11 <sup>a</sup>	3,70±0,68 <sup>b</sup>	529,22±60,11 <sup>a</sup>

\*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.



birikimin diğer mevsimlere göre farklı olduğu ( $<0,05$ ) saptanmıştır. Kastaki Fe miktarı 84,38-195,20 mg/kg, karaciğerdeki 264,44-2461,13 mg/kg, solungaçtaki ise 89,93-732,55 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Kastaki Fe seviyesi sonbaharda, karaciğerde ve solungaçtaki ise ilkbaharda artış göstermiştir. Kastaki Fe ilkbaharda, karaciğerdeki Fe yaz mevsiminde, solungaçtaki Fe ise sonbahar mevsiminde azalmıştır. Kas ve karaciğerdeki Fe birikiminin tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir ( $>0,05$ ). Solungaçtaki Fe birikimi ise tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark göstermiştir ( $<0,05$ ). Mn konsantrasyonunun kasta 3,51-7,37 mg/kg, karaciğerde 5,60-30,12 mg/kg, solungaçtakinin ise 11,80-23,24 mg/kg arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Kasta ve solungaçta Mn miktarı sonbaharda, karaciğerde ilkbaharda artış göstermiş olup kasta ilkbaharda, karaciğer ve solungaçta ise kış mevsiminde azalmıştır. Kas ve solungaçta Mn düzeyi açısından tüm mevsimler arasındaki istatistiki ilişkinin önemli olmadığı ( $>0,05$ ) tespit edilmiştir. Karaciğerde ise kış ve ilkbahar ile diğer mevsimler arasında önemli fark olduğu ( $<0,05$ ) saptanmıştır. Mo miktarının kasta 0,30-0,97 mg/kg, karaciğerde 1,11-3,54 mg/kg, solungaçta ise 0,26-0,98 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu değerlere göre kasta kış mevsiminde, karaciğerde ilkbahar mevsiminde, solungaçta ise yaz mevsiminde arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık kasta sonbaharda, karaciğer ve solungaçta kış mevsiminde Mo miktarının azaldığı görülmüştür. Ayrıca, tüm dokularda Mo birikimi açısından mevsimler arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık görülmemiştir ( $>0,05$ ). Ni düzeyleri kasta 1,13-2,41 mg/kg, karaciğerde 1,43-9,42 mg/kg, solungaçta ise 0,97-2,90 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Ni konsantrasyonu kasta kış mevsiminde, karaciğer ve solungaçta ise ilkbaharda artış gösterirken, kasta yaz mevsiminde, karaciğerde kış mevsiminde ve solungaçta sonbahar mevsiminde azalmıştır. Ni miktarının kasta tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir ( $>0,05$ ). Karaciğerde yaz ve kış mevsimlerindeki birikimin, solungaçta ise ilkbahar ve yaz mevsimlerindeki birikimin diğer mevsimlere göre istatistiksel açıdan farklı olduğu ( $<0,05$ ) saptanmıştır. Pb miktarının kasta 0,35-8,05 mg/kg, karaciğerde 1,30-14,12 mg/kg, solungaçta ise 2,16-12,80 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Buna göre; kasta Pb birikiminin kış mevsiminde, karaciğerde sonbaharda ve solungaçta ise yaz mevsiminde arttığı gözlemlenmiştir. Kasta ve karaciğerde Pb'un yaz mevsiminde, solungaçta ise ilkbaharda azaldığı saptanmıştır. Tüm dokularda Pb miktarı bakımından tüm mevsimler arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık olmadığı ( $>0,05$ ) saptanmıştır. Se konsantrasyonun kasta 1,02-3,95 mg/kg, karaciğerde 3,20-9,32 mg/kg, solungaçta ise 1,63-4,23 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kas, karaciğer ve solungaçtaki Se miktarının kış mevsiminde arttığı, kastaki konsantrasyonun yaz mevsiminde, karaciğer ve solungaçtaki Se düzeyinin ise ilkbahar mevsiminde azaldığı belirlenmiştir. Kasta Se miktarının ilkbahar ve yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre, karaciğerdeki ve solungaçtaki miktarın ilkbahar ve yaz mevsimlerinde diğer mevsimlere göre istatistiki açıdan önemli farklılıklar gösterdiği ( $<0,05$ ) saptanmıştır. Zn konsantrasyonunun kasta 11,55-95,48 mg/kg, karaciğerde 140,13-1398,69 mg/kg, solungaçta 401,69-899,65 mg/kg arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm dokulardaki Zn konsantrasyonu yaz mevsiminde artış gösterirken, Zn miktarının kasta kış mevsiminde, karaciğerde ilkbaharda ve solungaçta sonbaharda azaldığı belirlenmiştir. Kasta ve solungaçtaki Zn birikiminin tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği ( $>0,05$ ) belirlenmiş olup, karaciğerde ilkbahar ve yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre önemli farklılık olduğu ( $<0,05$ ) saptanmıştır. Mevsimsel olarak elde edilen sonuçlar genellendiğinde metallerin kasta kış mevsiminde, karaciğerde ilkbaharda ve solungaçta yaz mevsiminde arttığı, kasta ilkbaharda ve solungaçta ise sonbaharda azaldığı saptanmıştır. Karaciğerdeki metal azalışı mevsimsel olarak birbirine benzerlik göstermektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda da balıklardaki metallerin mevsimsel değişimleri ortaya konmuştur. Eastwood ve Couture (2002), Ontario Gölü (Kanada)'nde yaşayan *Perca flavescens*'in karaciğerindeki Cu miktarının ilkbahar mevsiminde, Zn ve Mn miktarlarının ise sonbahar mevsiminde arttığını tespit etmişlerdir. Canpolat ve Çalta (2003), Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Capoeta capoeta*'daki metallerin ilkbahar ve yaz mevsiminde arttığını, sonbahar ve kış mevsiminde azaldığını belirtmişlerdir. Tekin-Özan ve Aktan (2012) Işıklı Gölü'nde yaşayan sazanın dokularındaki metal miktarlarının yaz ve kış mevsimlerinde arttığını, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde azaldığını belirtmişlerdir. Güldiren ve Tekin-Özan (2018) Seyhan Baraj Gölü'nde yaşayan sazanın kas ve karaciğerindeki metallerin kış mevsiminde, solungaçtaki metallerin ise yaz mevsiminde arttığını bildirmişlerdir. Metallerin balık dokusundaki mevsimsel değişimi suyun fiziko-kimyasal parametrelerine, balığın yaşına, balığın beslenme rejimine, balığın metabolizmasına, ekolojik

ihtiyaçlarına, analizi yapılan metale ve çalışılan dokuya göre farklılık gösterebilir (Newman and Doubet 1989; Philips, 1990; Göksu, 2003). Karaciğer ve solungaçtaki metallerin ilkbahar ve yaz mevsimlerinde artması artan su sıcaklığına bağlı olarak balıkların metabolizma hızlarının artmasına bağlı olabilir. Özellikle yaz aylarında pH'nın düşmesi ile birlikte metaller daha çözünür hale geldiklerinden solungaçlar her soluk alışverişinde daha fazla metale maruz kalmaktadır (Newman ve Doubet, 1989; Philips, 1990)

Genel olarak tespit edilen veriler incelendiğinde Cd, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Se ve Zn birikiminin Karaciğer>Solungaç>Kas şeklinde, Mn ve Pb birikiminin Solungaç>Karaciğer>Kas şeklinde olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Altinyazı Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*, *Blicca bjoerkna*, *Perca fluviatilis* ve *Sander lucioperca*'da (Çetin vd., 2016), Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Silurus triostegus*, *Chalcalburnus tarichi*, *Chondrostoma regium* ve *Carassius carassius*'da (Fırat vd., 2018), Bafa Gölü'nde yaşayan *Mugil cephalus*'da (Öner ve Metli, 2021), Avşar Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*'da (Öztürk vd., 2009), Seyhan Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*'da (Güldiren ve Tekin-Özan, 2018), Işıklı Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*'da (Tekin-Özan ve Aktan, 2012) ve *Esox lucius*'da (Gülcü-Gür ve Tekin-Özan, 2017b) belirlenmiştir. Karaciğer, hem metabolizmada aktif olarak rol almasından hem de metal bağlayan proteinler olan metalloproteinlerin üretildiği organ olması açısından metallerin depolandığı önemli bir organdır (Al-Yousuf vd., 2000; Liu vd., 2012;). Solungaçlar, hem bir balığın dış yüzey alanının yaklaşık yarısından fazlasını oluşturması hem de saatte oldukça fazla suyun geçiş yaptığı önemli bir dokudur. Dolayısıyla metallerin vücuda girişinde oldukça aktif bir role sahiptir (Tao vd., 1999). Solungaçlar solunum suyunda bulunan kimyasallara ilk ve doğrudan sürekli olarak temas eden yapılardır. Solunum suyuyla birlikte alınan metaller solungaçlardaki mukuslara yapışır ve solungaç lamellerinden solunum suyu geçerken metaller lamellerin arasında kalır. Böylece solungaçlardaki metal konsantrasyonu yüksek miktarlara ulaşabilir (Heath, 1995). Kas dokusunda metallerin düşük seviyede birikmesi ise kasın metabolik olarak aktif bir organ olmaması ile açıklanabilir (Karadede vd., 2004).

## SONUÇ

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine (SKKY) göre; Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunun Fe değerlerine göre tüm mevsimlerde 2. kalite sınıfında, Pb değerlerine göre tüm mevsimlerde 4. kalite sınıfında, Se değerlerine göre yaz mevsiminde 3. kalite ve sonbaharda 4. kalite sınıfında olduğu, diğer tüm metallerin değerlerine göre ise 1. kalite sınıfında olduğu belirlenmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2008). Ayrıca Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda belirlenen metal miktarları ile ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2018), Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) ve Avrupa Birliği (EU, 2020) tarafından verilen ağır metallerin sularda kabul edilebilir değerleri ile kıyaslanmıştır. EPA kriterlerine göre Cd, Se ve Zn'nun tüm mevsimlerde ve Fe'in yaz mevsiminde sınır değerlerin altında olduğu, Fe'in kış, ilkbahar ve sonbaharda sınır değerlerin üstünde olduğu, WHO kriterlerine göre Cd, Cr, Cu, Ni ve Se'un tüm mevsimlerde sınır değerlerin altında olduğu, Pb'un tüm mevsimlerde sınır değerlerin üstünde olduğu ve EU kriterlerine göre Cd, Cr, Mn ve Ni'in tüm mevsimlerde, Fe'in yaz mevsiminde ve Se'un yaz, ilkbahar ve kış mevsimlerinde sınır değerlerin altında olduğu, Cu'nun tüm mevsimlerde, Fe'in kış, ilkbahar ve sonbaharda, Pb'un tüm mevsimlerde ve Se'un sonbaharda sınır değerlerin üstünde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Fe, Pb, Cu ve Se dışındaki metaller açısından göl suyunun herhangi bir tehlike arz etmediği ancak Fe ve Pb miktarlarının tehlikeli boyutlara ulaştığı söylenebilir.

MacDonald vd. (2000) tarafından verilen sediment kalite kriterlerine göre yapılan değerlendirmede Oymapınar Baraj Gölü sedimentinde ölçümü yapılan ağır metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) konsantrasyonlarının dört eşik etki değerinin (LEL-en düşük etki seviyesi, MET- minimum etki eşik seviyesi, TET- toksik etki seviyesi, SEL- şiddetli etki seviyesi) de altında olduğu ve sedimentte yaşayan canlılara olumsuz etki göstermediği belirlenmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda balık dokularında belirlenen metallerin miktarları Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 1996)'nün, Avrupa Komisyonu (EC, 2006)'nun, Türk Gıda Kodeksi (2002; 2011)'nin, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2003)'nün ve Avrupa Birliği (EU, 2001)'nin belirlediği ağır metallerin balık dokularında kabul edilebilir miktarları ile kıyaslanmıştır. Buna göre Cd; kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde Avrupa Komisyonu (EC, 2006) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2003)'nün balık dokuları için belirlediği kabul edilebilir değerlerin üzerinde çıkmıştır. Pb tüm mevsimlerde yukarıda sözedilen tüm kurum ve kuruluşların verdiği kabul edilebilir değerlerin üzerinde çıkmıştır. Zn yaz

mevsiminde Dünya Sağlık Örgütü (WHO,1996)'nün, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2003)'nün ve Türk Gıda Koteksi (2011)'nin, yaz ve sonbaharda ise Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2003)'nün belirlediği kabul edilebilir değerlerin üzerinde çıkmıştır.

Oymapınar Baraj Gölü'nde artmaya meyilli bir metal kirliliği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda belirlenen metal seviyeleri genel olarak aşırı yüksek olmasa da ülkemizdeki başka göllerin kirlilik durumları düşünüldüğünde Oymapınar Baraj Gölü'nün kirlilik seviyesi artmadan gereken tedbirlerin alınması önem arz etmektedir. Özellikle turizm faaliyetleri gölün kirlenme kapasitesi gözönüne alınarak düzenlenmelidir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (Proje No: 4963-YL1-17) tarafından desteklenmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Aktop, Y., & Çağatay, İ.T. (2020). Ağır metallerin balıklarda birikimi ve etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6(1), 37-44.
- Al-Yousuf, M. H., El-Shahawi, M. S., & Al-Ghais, S. M. (2000). Trace elements in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *The Science of the Total Environment*, 256, 87-94.
- American Public Health Assosiciation (APHA). (1985). Standart Methods for Examination of Water and Wastewater. 16th Edition, Washington DC: American Public Health Assosiciation.
- American Public Health Assosiciation (APHA). (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed., American Public Health Association, Washington, DC, 874p.
- Anonim, (2004). Stratejik Çevresel Değerlendirme Raporu, Oymapınar Turizm Gelişim Projesi, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 60 s.
- Aykurt, H., & Altınok, Y. (2009). Oymapınar Barajı tetiklenmiş depremelliği ve deprem karakteristiklerinin incelenmesi. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 22(1), 49-66.
- Baron, J., Legret, M., & Astruc, M. (1990). Study of interactions between heavy metals and sewage sludge: Determination of stability constants and complexes formed with Cu and Cd. *Environmental Technology*, 11, 151-162.
- Başığit B., & Tekin-Özan S., 2013. Concentration of some heavy metals in water, sediment and tissues of pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake related to physico-chemical parameters, fish size and seasons, *Polish Journal of Environmental Studies*, 22 (3): 633-644.
- Begenirbaş, A.S.C. (2002). Porsuk Çayı (Kütahya Bölümü)'ndeki tatlı su midyesi (*Unio sp.*)'nde bazı ağır metallerin araştırılması. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Eskişehir.
- 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, 961-966.
- Cicik, B. (2003). Bakır-çinko etkileşiminin sazan (*Cyprinus carpio L.*)'in karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi üzerine etkileri, *Ekoloji*, 12 (48), 32-36.
- Çetin, E., Güler, H., & Gaygusuz, Ç. G. (2016). Altinyazı Baraj Gölü'nde (Edirne-Türkiye) yaşayan bazı balık türlerinde ağır metal birikimlerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Aquatic Sciences*.31(1), 1-14.
- Çevik, F., Göksu, L., Deric, B., & Fındık, Ö. (2009). An assessment of metal pollution in surface sediments of Seyhan Dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152, 309-317.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2008). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi gazete, 13.02.2008, No: 26786
- Dökmeci, İ. (1988). *Toksikoloji*. Nobel Tıp Kitap evi, İstanbul.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics*, 11(1), 1-42.
- Eastwood, S.,& Couture, P. (2002). Seasonal variations in condition and liver metal concentrations of yellow perch (*Perca flavescens*) from a metal-contaminated environment. *Aquatic Toxicology*, 58, 43-56.
- EC. (2006). European Commission, Commission Regulation No 1881/2006 of 19 December 2006 *Setting Maximum Levels For Certain Contaminants In Foodstuffs*. Official Journal of The European Community. 2001; 77:1-13.
- Ellis, K.V., White, G., & Adn Warn, A.E. (1989). *Surface water pollution and its Control*. Antony Rome Ltd. Chippenham, Wiltshire.
- Engel, D. W., Sunda, W. G., & Fowler, B. A. (1981). Factors affecting trace metal uptake and toxicity to estuarine organisms. 1. Environmental parameters. In J. Vernberg., A. Calabrese., F.P. Thurberg. & W.B., Vernberg (Ed.), *Biological Monitoring of Marine Pollutants*. Academic press, Inc. 127-144.

- EPA. (2018). 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories EPA 822-F-18-001 Office of Water U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC.
- EU. (2001). Commission Regulation as regards heavy metals, Directive 2001/22/EC No. 466/2001.
- EU. (2020). Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption.
- FAO. (2003). Food and Agriculture Organization Heavy Metal Regulations-Faolex (2003). Legal Notice no. 66/2003. 2003.
- Fırat, Ö., Fırat, Ö., Çoğun, H.Y., AYTEKİN, T., FIRİDİN, G., TEMİZ, Ö., SAĞ, H., & KARGIN, F. (2018). Atatürk Baraj Gölü'nün kirli ve temiz bölgelerinden yakalanan balıkların (*Silurus triostegus* Heckel, 1843, *Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811, *Chondrostoma regium* Heckel, 1843, *Carassius carassius* Linnaeus, 1758) dokularındaki ağır metal düzeylerinin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14 (3), 173-183.
- Fisher, R.A. (1928). The general sampling distribution of the multiple correlation coefficient, *Proceeding of the Royal Society A*, 121 (788), 654-673.
- Goyer, R. A. (1986). Toxic effects of metals. In M.O., Amdur, J., Doull. & C.D., Klaassen (Ed.), *The Basic Science of Poisons*. Pergamon Press London, 623-680.
- Göksu, M.Z.L. (2003). *Su Kirliliği*. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Adana.
- Gülcü-Gür, B., & Tekin-Özan, S., (2017a). The investigation of heavy metal levels in water and sediment from Işıklı Lake (Turkey) in relation to seasons and physico-chemical parameters. *Journal of Aquaculture Engineering and Fish Research*. 3 (2): 87-96.
- Gülcü-Gür, B., & Tekin-Özan, S. (2017b). The seasonal variations of heavy metal levels in muscle, liver and gill of pike (*Esox lucius* L., 1758) inhabiting Işıklı Lake (Turkey). *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 40-45.
- Güldiren, O., & Tekin-Özan, S. (2017). Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nın suyunda ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi*, 2(1): 99-111.
- Güldiren, O., & Tekin-Özan, S. (2018). Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nda yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) kas, karaciğer ve solungaçlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 157-167.
- Heath, A. G. (1995). *Water Pollution and Fish Physiology*. CRP Press Inc. Florida.
- Kalay, M., & Karataş, S. (1999). Kadmiyumun *Tilapia nilotica*'nın kas, beyin ve kemik (omurga kemiği) dokularındaki birikimi. *Turkish Journal of Zoology*, 23 (3), 985-991.
- Kankılıç, G. B. (2019). Kapulukaya Barajı Aşağı Havzası sediment örneklerinde ağır metal kirlilik düzeylerinin değerlendirilmesi (Kızılırmak, Kırıkkale). *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 8(3), 903-913.
- 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. *SDU 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, 1371-1376.
- Karadede, H., Oymak, S.A., & Ünlü, E. (2004). Heavy metals in mullet, Liza abu, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Environment International*, 30, 183-188.
- Karakoca, S., & Topçu, A. (2017). Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture: Preliminary observations of surface sediment's chemical parameters and phosphorus release in Gökçekaya Reservoir, Turkey. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 5, 12-23.
- Köse E., & Uysal K. (2008). Cinsi olgunluğa erişmemiş pullu sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ların kas, deri ve solungaçlarındaki ağır metal akümülyasyon oranlarının karşılaştırılması, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17: 19-26.
- Küçük, F., Güçlü, S.S., & Gülle, İ. (2020). Manavgat Irmağı (Antalya) balık faunasının çeyrek asırlık değişimi. *Acta Aquatica Turcic.*, 16 (4), 433-446.
- Küçük, F., Gülle, İ., Güçlü, S.S., Erdoğan, Ö., & Atayeter, Y. (2011). Antalya İli içsu balıkları ve koleksiyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi. Bilimsel Araştırma Projeleri Sonuç Raporu (Proje No: 1354.M.08), Isparta.
- Levesque, H.M., Moon, T.W., Campbell, P.C.G., & 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.
- Liu J., Yin P., Chen B., Gao F., Song H., & Li M. (2016). Distribution and contamination assessment of heavy metals in surface sediments of the Luanhe River Estuary, northwest of the Bohai Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 109, 633-639.
- Liu, F., Ni, H.G., Chen, F., Lou, Z.X., Shen, H., Liu, L., & Wu, P. (2012). Metal accumulation in the tissues of grass carps (*Ctenopharyngodon idellus*) from fresh water around a copper mine in Southeast China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184 (7), 4289-4299.

- MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G., & Berger, T. A. (2000). Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39, 20-31.
- Newman, M.C., & Doubet, D.K. (1989). Size-dependence of mercury (II) accumulation kinetics in the mosquitofish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 18, 819-825.
- Oruçoğlu, K., & Beyhan, M. (2019). Göller Bölgesi göllerinde ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*. 3(1),10-20.
- Öner, S., & Metli, M. (2021). Determination of heavy metal level in grey mullet (*Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758) fish caught from Bafa Lake. *Kocatepe Veterinary Journal*, 14(1), 65-70.
- Özözen, G. (2005) Demirköprü ve Avşar Barajlarından alınan balık, su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa.
- Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., & Minareci, E. (2009). Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avşar Dam Lake in Turkey. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 6 (2): 73-80.
- Philips, D.J.H. (1990). Arsenic in aquatic organisms: A review, emphasising chemical speciation. *Aquatic Toxicology*, 16, 151- 186.
- Sağlam, N., & Cihangir, N., (1995). Ağır metallerin biyolojik süreçlerle biyosorbsiyonu çalışmaları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 11, 157-161.
- Sancer, O., & Tekin-Özan, S. (2016). Seasonal changes of metal accumulation in water, sediment and *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel Growing in Lake Kovada (Isparta, Türkiye). *SDÜ Journal of Science (E-Journal)*, 11 (2), 45-60.
- Soares, H.M.V.M., Boaventura, R.A.R., Machado, A.A.S.C., & Esteves da Silva, J.C.G. (1999). Sediments as monitors of heavy metal contamination in Ave river basin (Portugal): multivariate analysis of data. *Environmental pollution*, 105, 311-323.
- Sökmen, T. Ö., Güneş, M., & Kırıcı, M. (2018). Karasu Nehri'nden (Erzincan) alınan su, sediment ve *Capoeta umbla* dokularındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 5 (4), 578-588.
- Tao, S., Liu, C., Dawson, R., Cao, J., & Li, B. (1999). Uptake of particulate lead via the gills of fish (*Carassius auratus*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 37, 352-357.
- Tekin-Özan, S., & Aktan, N. (2012). Relationship of heavy metals in water, sediment and tissues with total length, weight and seasons of *Cyprinus carpio* L., 1752 from Işıklı Lake (Turkey). *Pakistan Journal of Zoology*, 44 (5), 1405-1416.
- Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., Çiçek, A., Dayıoğlu, H., & Başkurt, S. (2016). Maden Havzası balıklarında vücut ağırlığı ile ağır metal biyoakümülyasyon ilişkileri: Emet Çayı Havzası. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi C-Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*. 4(2), 57-72.
- Türk Gıda Kodeksi. (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.
- Türk Gıda Kodeksi. (2011). *Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği*. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Resmi Gazete Tarihi: 29. 12. 2011, Resmi Gazete Sayısı: 28157, Ankara.
- Türkmen, A., & Türkmen, M. (2004). The seasonal variation of heavy metal in the suspended particulate material in the Iskenderun Bay (North-Eastern Mediterranean Sea, Turkey). *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21 (3-4), 307-311.
- Türkmen, A., & Akbulut, S. (2015). Giresun sahilindeki bazı derelerin denizle deşarj olduğu noktalardaki se ve sedimentte ağır metal kirliliği. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3 (9), 707-714.
- Türkmen, M., Akyurt, İ., Zebel, S., & Türkmen, A. (2016). Giresun sahillerinde denize dökülen Aksu Deresi balıklarında metallerin biyolojik birikimi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 6(14), 45-53.
- Türkmen, M., Zebel, S., & Türkmen, A. (2018). Doğu Karadeniz Sahili Batlama Deresi'nde dağılım gösteren bazı balık türlerinde ağır metal birikiminin değerlendirilmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (7), 858-862.
- Uçkun, A. A., Yoloğlu, E., & Uçkun, M. (2017). Seasonal monitoring of metals in water, sediment and mussel (*Unio mancus*) from Atatürk Dam Lake (Euphrates River). *Van Veterinary Journal*, 28 (2), 75-83.
- Uysal, K., Köse, E., Bülbül, M., Dönmez, M., Erdoğan, Y., Koyun, M., Ömeroğlu, Ç., & Özmal, F., (2009). The comparison of heavy metal accumulation ratios of some fish species in Enne Dam Lake (Kütahya/Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 157, 355-362.
- Uysal, K., Özden, Y., Çiçek, A., & Köse, E. (2010). Bioaccumulation ratios of sediment-bound heavy metals of Porsuk and Enne Dam Lakes (Kütahya/Turkey) to different tissues of common carp (*Cyprinus carpio*). *Istanbul University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25, 1-10.

- Uzunoğlu, O. (1999). Gediz Nehri'nden alınan su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa
- Web 1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Oymapinar\\_Dam](https://en.wikipedia.org/wiki/Oymapinar_Dam)
- WHO (World Health Organization). (2017). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. ISBN 978-92-4-154995-0, Geneva.
- WHO. (1996). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (1996: Geneva, Switzerland), World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Yozukmaz, A. (2017). Bafa Gölü su ve sedimenti ile askıda katı maddede ağır metal kirliliğinin araştırılması. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora" Tezi. Muğla.
- Yuan C., Shi J., He B., Liu J., Liang L., & Jiang G. (2004). Speciation of heavy metals in marine sediments from the East China sea by ICP–MS with sequential extraction. *Environment International*. 30, 769-783.
- Zhuang W., & Gao X. (2015). Distributions, sources and ecological risk assessment of arsenic and mercury in the surface sediments of the southwestern coastal Laizhou Bay, Bohai Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 99, 320-327.