



MAKÜ FEBED
ISSN Online: 1309-2243
<http://dergipark.gov.tr/makufebed>
DOI: 10.29048/makufebed.411888

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 9(2): 157-167 (2018)
The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University 9(2): 157-167 (2018)

Araştırma Makalesi / Research Paper

Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nda Yaşayan Sazan (*Cyprinus carpio L., 1758*)'ın Kas, Karaciğer ve Solungaçlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi

Ozan GÜLDİREN¹, Selda TEKİN-OZAN^{1*}

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Isparta

Geliş Tarihi (Received): 02.04.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 11.06.2018

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): seldaozan@sdu.edu.tr

☎ +90 246 2114052 ☎ +90 246 2114399

ÖZ

Bu çalışma Ekim 2014 ve Temmuz 2015 tarihleri arasında yapılmış ve Seyhan Baraj Gölü'nde yaşayan sazanın kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bazı ağır metallerin seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Cihazımızın çalışma doğruluğunu saptamak amacıyla DORM-3 ve DOLT-4 standart referans materyallerinden de metal analizi yapılarak, elde edilen değerler Kanada Ulusal Konseyi tarafından verilen değerlerle kıyaslanmıştır. Analizi yapılan tüm metaller her dokuda ve her mevsim tespit edilmiştir. Metallerin en fazla karaciğerde ve solungaçta biriktiği, kasta ise en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre metallerin kış mevsiminde kas ve karaciğerde ve yaz mevsiminde ise solungaçta arttığı saptanmıştır. Çalışmamızda ayrıca balık boy ve ağırlığı ile metal miktarları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla linear regression testi yapılmış ve dokuya ve metale bağlı olarak değişmek suretiyle genel olarak metal seviyesi ile balık boy ve ağırlığı arasında negatif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Sonuçların bazıları WHO, EC ve Türk Gıda Koteksi tarafından verilen limit değerlerin üstünde bulunmuştur. Bu çalışma, gelecekte tarımın gelişmesine bağlı olarak bu bölgede bir tehlikenin oluşabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Sazan, Seyhan Baraj Gölü, Kirlilik, Türkiye

Determination of Some Heavy Metals in Muscle, Liver and Gill from Carp (*Cyprinus carpio L., 1758*) Inhabiting Seyhan Dam Lake (Adana)

ABSTRACT

This study was carried out between October 2014 and July 2015 and the aim of the current study is to investigate to determine levels of some heavy metals in muscle, liver and gills of carp in Seyhan Dam Lake. To determine the accuracy of our device, metal levels were analyzed in DORM-3 and DOLT -4 standard reference materials, the resulting values were compared with values given by the National Council of Canada. The heavy metals which were analyzed determined in all tissues and in all seasons. In fish, high levels of heavy metals were found in liver and gill of carp while low levels in muscle. According to the results the metal levels were highest in winter in liver and muscle, and summer in gill. In this study, linear regression test was done to determine the relationships between fish size and metal contents, and generally negative relationships were found, between metal levels and fish size depending on tissues and metals. Some of results were above the limits for fish given by WHO, EC and Turkish Food Codex.

Keywords: Heavy metal, Carp, Seyhan Dam Lake, Pollution, Turkey

GİRİŞ

Çevre kirliliği dünyamızın en önemli problemlerinden biridir. Kullanılabilir su miktarının giderek azaldığı bu dönemde su kirliliği son yüzyılda dikkat çeken konulardan biri olmuştur. Tatlı su sistemleri çok farklı kaynaklardan gelen kirlenmeler nedeniyle sürekli bir kirlilik tehdidi altındadır. Özellikle bu kirlenmelerden ağır metaller; sucul canlılarda toksik etkiler meydana getirmeleri, bırakıldıkları ortamda uzun süre kalmaları ve besin zincirinde birikerek insan sağlığını tehdit etmeleri nedeniyle dikkat çekmektedir (Kankılıç ve ark., 2013). Ağır metaller madencilik, erozyon, rüzgarın taşıdığı toz, volkanik aktiviteler, antropojenik etkiler ve bitki örtüsü yoluyla sulara karışmakta ve sucul sistem üzerinde etkili olmaktadır (Göksu, 2003).

Ağır metaller suda ayrışmadıkları ya da zor ayrıştıkları için sucul organizmaların dokularında birikmektedirler. Bu metallerin bir kısmı boşaltım ile vücuttan atılırken, yeterli olmadığı durumlarda toksik ağır metaller, toksik olmayan bileşikler içinde şekil değiştirerek karaciğer ve böbrek gibi organlarda depolanır (Gerlach, 1981).

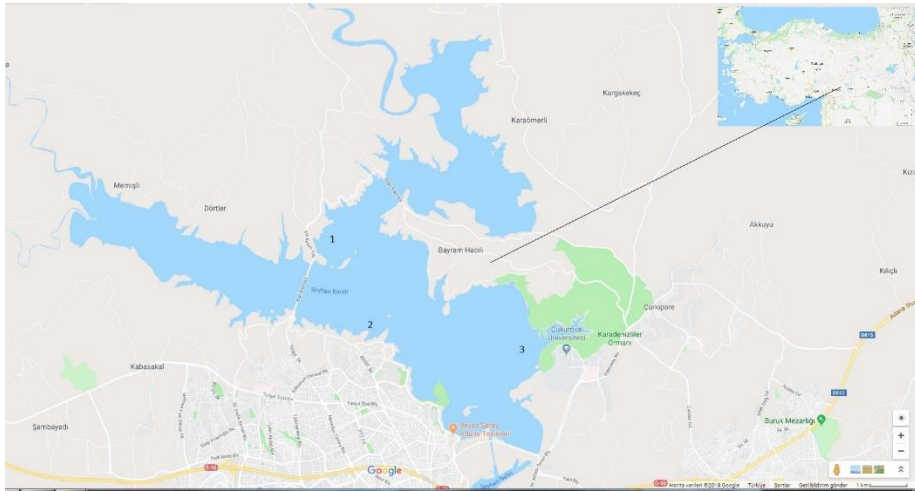
Ağır metallerin balıklara geçişi deri, sindirim sistemi ve solungaçlar vasıtası ile olmaktadır. Bunlardan en önemli olanı solungaçlardan absorpsiyondur. Ağır metallerin vücut yüzeyinden alınması ise oldukça azdır (Amundsen ve ark., 1997). Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu balık türünün beslenme alışkanlığına, metabolik aktivitesine, gelişme evresine, metalin çeşidine, ortam derişimine, etkide kalma süresine, suyun fiziko-kimyasal özelliklerine ve ortamda bulunan diğer metallere bağlı olarak değişiklik gösterir (Aksun, 1986; Hilmy ve ark., 1987; Hollis, 1999; Rashed, 2001; Eastwood ve Couture, 2002).

Ağır metaller toksik etkilerini genelde hücre organelleri, enzimler ve hücre zarları üzerinde gösterirler. Ağır metaller balıklarda solunum gücüne yol açabilir. Yavru balıkları etkileyerek popülasyonun gelişmesini önleyebilir (Köse, 2007). İnorganik katyonların düzeylerini değiştirerek yaşamsal öneme sahip iyon dengesini bozabilir (Çoğun, 2008). DNA kırılmaları frekanslarında artışa yol açar, üremeyi olumsuz etkiler ve ölüm oranını artırır (Uysal ve Atalay, 2007; Kayhan, 2009). Yüksek miktarda ağır metal konsantrasyonu, yüzme performansında düşmeye ve yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğuna, operkulum hareketlerinde artışa, besin alımına karşı duyarsızlık gibi davranış değişikliğine sebep olur (Sağlamtimur ve ark., 2004, Uysal ve Atalay, 2007).

Bu çalışmada Adana ili sınırları içinde kalan Seyhan Baraj Gölü'nde yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn) konsantrasyonlarının belirlenmesi, balık boyu ve ağırlığı ile balıkların doku ve organlarındaki ağır metal miktarları arasındaki ilişkilerin saptanması ve elde edilen sonuçların farklı kurumlar (WHO, 1998; EC, 2006; Türk Gıda Koteksi, 2002) tarafından verilen "balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri" ile kıyaslanması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Seyhan Baraj Gölü 37°03'38"N, 35°19'32"E koordinatlarında yer almaktadır. Yüzey alanı 51.960.135 m² olup, derinliği bahar aylarında 45 m, denizden ortalama yükseliği ise 67 m'dir. Akdeniz Bölgesi'nin önemli su rezervlerinden biridir (Şekil 1). Gölü besleyen en büyük su kaynakları Körkün Deresi, Çakıt Suyu ve Seyhan Nehri'dir (Çevik, 1999).



Şekil 1. Seyhan Baraj Gölü, örnekleme istasyonları (Haritalar google.map'den alınmıştır.)

Bu çalışma Ekim 2014-Temmuz 2015 tarihleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilmiş ve av esnasında 42×42 mm göz aralıklı ağlar kullanılmıştır. Laboratuara getirilen balık örneklerinin standart, çatal ve total boyları ± 1 mm hatalı ölçme tahtasında ölçümü yapılmış, balık örneklerinin ağırlıkları ise hassas terazide ölçülerek örneklerle ilgili kayıtların tutulduğu forma yazılmıştır. Balık örneklerinin solungaçları, yayların bağlantı yerlerinden bisturi yardımı ile kesilerek çıkartılmıştır. Balığın dış kısmında bulunan pullar temizlenerek bisturi yardımı ile balıktan kas örneği alınmıştır. Balık, sivri uçlu keskin bir makas yardımı ile anüsden operkulumu kadar boydan boya kesilmiştir. Açılan bölgeden karaciğer alınmıştır. 0.5 ile 1 gram arasında alınan balık dokuları ısıya dayanıklı petri kabın içine konularak etüvde kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan balık dokusu örneklerinin üzerine 5 ml derişik HNO₃ (nitrik asit) eklenerek 24 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. 24 saat bekletilen örnekler daha sonra çeker ocak üzerinde bulunan hot plate kullanılarak 120 °C'de ortalama 2 saat boyunca renkli buharı kayboluncaya kadar ısıtılmış ve tamamen mineralize olması sağlanmıştır. Yapılan işlemler sonucu tamamen mineralize olan örneklerin üzerine 1 ml H₂SO₄ (sülfürik asit) eklenmiştir. Sülfürik asitle çözünen örneklerin üzerlerine 25 ml'ye tamamlayacak şekilde distile su eklenmiştir. Kapların içine 1-2 damla HNO₃ (nitrik asit) eklenerek çözümler analize hazır hale getirilmiştir. Analiz işlemi yapılmadan önce balık dokuları çözümleri filtre kağıtlarından geçirilerek süzölmüştür. Bu işlem balık dokusu örneklerinin bulunduğu çözümlerde bulunan yağ tortularını ortamdaki uzaklaştırmak için yapılmıştır (UNEP, 1984).

Analizi gerçekleştirilen ağır metallerin dalga boyları sırasıyla şu şekildedir; Cd için 228.802 Å, Cr için 267.716 Å, Cu için 324.753 Å, Fe için 238,304 Å, Mn için 257.61 Å, Mo için 202.03 Å, Ni için 231.604 Å, Se için 220,353 Å, Pb için 196.026 Å ve Zn için 213.856'dır. Ayrıca cihazın ağır metal ölçümündeki doğruluğunu

saptamak amacıyla DORM-3 (Dogfish Protein Certified Reference Material For Trace Metals) ve DOLT-4 (Dogfish Liver Reference Materials for Trace Metals) sertifikalı referans materyallerden de aynı şekilde çözümler hazırlanarak metal analizi yapılmıştır.

Sonuçların, minimum ve maksimum değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Balık dokularında ağır metallerin mevsimsel değişimini ve metal miktarları ile balık boy ve ağırlığı arasındaki ilişkileri belirlemek için One-Way Anova, Duncan Testi, Pearson Testi ile Linear Regression Analizi yapılmıştır (Duncan, 1955; Muller ve Fetterman, 2002; Gravetter ve Wallnau, 2007).

Örnek sonuçlarının tüm istatistiksel hesaplaması SPSS 15t programı ile yapılmıştır.

BULGULAR

Çalışmamızda DORM 3 (Dogfish Protein Certified Reference Material For Trace Metals) ve DOLT 4 (Dogfish Liver Reference Material For Trace Metals) standart referans materyallerden metal analizi yapılarak, Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından verilen sertifika değerleri ile kıyaslanmıştır (Tablo 1.). Tabloda da görüldüğü gibi DORM-3 (Dogfish Protein Certified Reference Material For Trace Metals) ve DOLT 4 (Dogfish Liver Reference Material For Trace Metals) için Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından verilen sertifika değerleri ile tarafımızdan tespit edilen değerler birbirine oldukça yakındır. DORM 3'de hassasiyet derecesi %94 ile %108 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek hassasiyet derecesi Ni'de, en düşük hassasiyet derecesi ise Fe'de tespit edilmiştir. DOLT 4'de ise hassasiyet derecesi %93 ile %110 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek hassasiyet derecesi Se'da, en düşük hassasiyet derecesi ise Zn'da tespit edilmiştir.

Tablo 1. Referans materyal DORM 3 ve DOLT 4'ün sertifika değerleri, belirlenen değerleri ve hassasiyet dereceleri

Element	DORM 3 Sertifika Değerleri	DORM 3 Belirlenen Değerler	Hassasiyet Derecesi (%)	DOLT 4 Sertifika Değerleri	DOLT 4 Belirlenen Değerler	Hassasiyet Derecesi (%)
Cd	0.290±0.02	0,282±0.04	97	24.3±0.8	23.2±0.12	95
Cr	1.89±0.17	1.95±0.12	103	-	-	-
Cu	15.5±0.63	16.2±0.51	104	31.2±1.1	32.8±1.3	105
Fe	347±20	329±15.2	94	1833±75	1725±61	94
Mn	-	-	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-
Ni	1.28±0.24	1.39±0.27	108	0.97±0.11	0.87±0.15	89
Se	-	-	-	8.3±1.3	9.2±1.42	110
Pb	0.395±0.05	0.402±0.07	101	0.16±0.04	0.175±0.01	109
Zn	51.3±3.1	52.1±3.5	101	116±6	109±2.8	93

Sazanın kas, karaciğer ve solungaçlarında tespit edilen ağır metallerin miktarları Tablo 2.'de verilmiştir. Balık örneklerinde yapılan analiz sonucu kastaki Cd miktarının 0,01-0.38 mg/kg, karaciğerdeki miktarın 0.03-45.86 mg/kg, solungaçtaki miktarın ise 0.01-1.46 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Kastaki Cd miktarı sonbaharda artarken, yaz mevsiminde azalmıştır. Karaciğerdeki düzeyinin sonbahar mevsiminde arttığı, ilkbahar mevsiminde azaldığı tespit edilmiştir. Solungaçta ise sonbahar mevsiminde Cd miktarı artmış olup ilkbahar mevsiminde ise azalmıştır. Kastaki Cd miktarının değişimi mevsimler arasında istatistiksel açıdan önem (>0.05) taşımamaktadır. Karaciğer ve solungaçtaki Cd düzeyi sadece sonbahar mevsiminde diğer mevsimlere göre önemli bulunmuştur (<0.05). Cr miktarı kasta 0.01-4.06 mg/kg, karaciğerde 0.09-30.15 mg/kg ve solungaçta ise 0.63-3.43 mg/kg arasında değişmiştir. Kasta Cr miktarı ilkbahar mevsiminde artmış, yaz mevsiminde ise azalmıştır. Karaciğerdeki ilkbahar mevsiminde artmış, yaz mevsiminde azalmıştır. Solungaçtaki ise ilkbahar mevsiminde artış gösterirken, kış mevsiminde ise azalmıştır. Kasta Cr birikimi bakımından ilkbahar mevsiminde diğer mevsimlere göre istatistiksel açıdan önemli fark olduğu (<0.05) tespit edilmiştir. Karaciğerdeki Cr seviyesinin mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği (>0.05) belirlenmiştir. Solungaçtaki Cr birikimi bakımından sonbahar ve yaz mevsimleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark gözlemlenmezken (>0.05) kış ve ilkbahar mevsimleri arasında önemli bir farklılık göstermiştir (<0.05). Cu düzeyinin kasta 0.55-48.89 mg/kg, karaciğerde 2.05-210.51 mg/kg, solungaçta ise 1.39-12.17 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Cu kasta ve karaciğerde kış mevsiminde, solungaçta ise sonbahar mevsiminde artış gösterirken, kas, karaciğer ve solungaçta yaz mevsiminde azalmıştır. Kas, karaciğer ve solungaçta Cu düzeyi bakımından tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir (>0.05). Kastaki Fe miktarı 17.33-875.21 mg/kg, karaciğerdeki 115.11-1048.89 mg/kg, solungaçtaki ise 123.99-745.61 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Kastaki Fe seviyesi kış mevsiminde, karaciğerde ve solungaçtaki ise yaz mevsiminde artış göstermiştir. Kastaki Fe yaz mevsiminde, karaciğerdeki Fe kış mevsiminde, solungaçtaki Fe ise sonbahar mevsiminde azalma göstermiştir. Kas ve solungaç dokularında Fe birikiminin tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir (>0.05). Karaciğerdeki Fe birikimi ise ilkbahar ve yaz mevsimleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark göstermemiştir (>0.05). Mn konsantrasyonunun kasta 0.55-36.52 mg/kg, karaciğerde 1.66-48.21 mg/kg solungaçtakinin ise 1.49-39.77 mg/kg arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Kasta Mn miktarı kış mevsiminde, karaciğerde ilkbahar mevsiminde, solungaçta ise yaz mevsimin-

de artış göstermiş olup kasta ve karaciğerde yaz mevsiminde, solungaçta ise kış mevsiminde azalmıştır. Kas ve karaciğerde Mn düzeyi açısından tüm mevsimler arasındaki istatistiksel ilişkinin önemli olmadığı (>0.05) tespit edilmiştir. Solungaçta ise kış ve yaz mevsimleri ile diğer mevsimler arasında önemli fark olduğu (<0.05) saptanmıştır. Mo miktarının kasta 0.01-0.38 mg/kg, karaciğerde 0.33-0.86 mg/kg, solungaçta ise 0.02-0.51 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu değerlere göre karaciğer ve solungaçta sonbahar mevsiminde, kasta ise kış mevsiminde arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık kasta yaz mevsiminde, karaciğer ve solungaçta ilkbahar mevsiminde Mo miktarının azaldığı görülmüştür. Ayrıca, kasta Mo birikimi açısından mevsimler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir (>0.05). Karaciğer ve solungaçta Mo birikimi açısından istatistiksel olarak kış ve ilkbahar mevsimleri ile sonbahar mevsimi arasında önemli bir farklılık olduğu (<0.05) saptanmıştır. Ni düzeyleri kasta 0.36-178.93 mg/kg, karaciğerde 1.16-105.83 mg/kg, solungaçta ise 0.66-127.24 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Tüm dokularda Ni konsantrasyonu kış mevsiminde artış gösterirken, sonbahar mevsiminde azalmıştır. Ni miktarının kasta kış mevsimi ile diğer mevsimler arasında önemli oranda değiştiği (<0.05) gözlemlenmiştir. Karaciğerde sonbahar ve kış mevsimlerindeki birikimin, solungaçta ise kış mevsimindeki birikimin diğer mevsimlere göre istatistiksel açıdan farklı olduğu (<0.05) saptanmıştır. Pb miktarının kasta 0.01-1.70 mg/kg, karaciğerde 0.01-1.72 mg/kg, solungaçta ise 0-1.72 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Buna göre; kasta Pb birikimi açısından kış mevsiminde, karaciğer ve solungaçta ise yaz mevsiminde artış olduğu gözlemlenmiştir. Kasta Pb'un sonbaharda, karaciğerdekinin ilkbaharda ve solungaçtakinin ise kışın azalış gösterdiği saptanmıştır. Pb miktarı açısından kas dokusunda kış mevsiminde ve solungaçta kış ve yaz mevsimleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu (<0.05) belirlenmiş olup, karaciğerde ise tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı (>0.05) saptanmıştır. Se konsantrasyonunun kasta 0.17-5.90 mg/kg, karaciğerde 1.77-7.18 mg/kg, solungaçta ise 1.61-4.57 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Farklı dokularda tespit edilen Se düzeylerinin mevsimlere göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Buna göre; kasta ilkbahar mevsimi ile sonbahar ve kış mevsimleri arasında, solungaçta ilkbahar ve yaz mevsimleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar gösterdiği (<0.05) buna karşın karaciğer dokusunda Se birikiminin tüm mevsimler arasında önemli bir farklılık göstermediği (>0.05) saptanmıştır. Zn konsantrasyonunun kasta 42.39-1129.36 mg/kg, karaciğerde 174.19-2554.08 mg/kg, solungaçta 68.01-1872.38 mg/kg arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Kastaki Zn konsantrasyonu ilkbaharda, karaciğerdeki kış mevsiminde so-

lungaçtaki ise yaz mevsiminde artış gösterirken, Zn miktarının kas ve karaciğerde sonbaharda, solungaçta-kinin ise ilkbaharda azaldığı belirlenmiştir. Kasta Zn birikiminin tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği (>0.05) belirlenmiş olup, karaciğerde kış mevsiminde diğer mevsimlere göre önemli farklılık olduğu (>0.05) ve solungaçta ise Zn birikiminin istatistiksel açıdan sonbahar ve kış mevsimleri ile ilkbahar mevsimi arasında önemli bir farklılık gösterdiği (<0.05) saptanmıştır.

Genel olarak bulduğumuz verileri incelediğimizde Cu birikimi Karaciğer>Kas>Solungaç şeklinde, Cd, Cr, Fe, Mo, Se birikimi Karaciğer>Solungaç>Kas şeklinde, Mn, Ni, Pb ve Zn birikimi Solungaç>Karaciğer>Kas şeklinde olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda örneklenen sazanın bazı dokularında tespit edilen metal miktarları ile balıkların boy ve ağırlıkları arasındaki ilişkiler linear regresyon analizi kullanılarak belirlenmiştir. Kastaki Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn, karaciğerdeki Cu, Fe ve solungaçtaki Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, Se ve Zn miktarları ile balık ağırlığı arasındaki ilişkilerin negatif yönde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kastaki Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb ve Se miktarı ile balık ağırlığı arasındaki ilişkinin 0.05 düzeyinde önemsiz olduğu, buna karşın Fe, Mn, Zn konsantrasyonu ile balık ağırlığı arasındaki ilişkinin ise 0.05 düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Karaciğerdeki Cd, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb ve Se miktarı ile balık ağırlığı arasındaki ilişkinin 0.05 düzeyinde önemli olmadığı, Cr, Mn ve Zn miktarı ile balık ağırlığı arasındaki ilişkinin ise 0.05 düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Solungaçta ise tüm metallerin konsantrasyonu ile balık ağırlığı arasındaki ilişkinin 0.05 düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir (Tablo.3) Kastaki Cr, Cu ve Se miktarları, karaciğerdeki Cr, Mn, Ni, Pb ve Zn miktarları ve solungaçtaki Cd, Cr, Cu, Fe ve Pb miktarları ile balık boyu arasındaki ilişkilerin negatif olduğu belirlenmiştir. Karaciğerdeki Cd, Cr ve Mo miktarı ile balık boyu arasındaki ilişki 0.05, Mn miktarı ile balık boyu arasındaki ilişki ise 0.01 düzeyinde önemlidir. Solungaçtaki Cr ve Pb düzeyi ile balık boyu arasındaki ilişki 0,05, Cd miktarı ile balık boyu arasındaki ilişki ise 0,01 düzeyinde önemlidir. Diğer tüm ilişkiler istatistiksel olarak önemli değildir (>0.05) (Tablo.4).

TARTIŞMA

Ekim 2014 ve Temmuz 2015 tarihleri arasında yürütülen bu çalışmada Seyhan Baraj Gölü'nde yaşayan sazanın kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Pb ve Zn) miktarları belirlenmiştir.

Gün geçtikçe sucul ekosistemler kirlenmektedir. Sucul organizmalar beslenme şekilleri ve yaşam sahaları

nedeniyle ağır metallerle yoğun bir şekilde maruz kalmakta, ortam yoğunluklarına oranla bu metalleri bünyelerinde daha fazla biriktirmektedirler (Yipel, 2012). Besin zincirinin önemli bir halkasını oluşturan hem de beslenme açısından değerli bir protein kaynağı olan balıklardaki ağır metal seviyelerinin tespit edilmesi ekolojik denge ve insan sağlığı açısından önemlidir (Ünlü vd., 1995; Kalay ve Erdem, 1995). Balıklarda kas dokusunun metal bağlama yönünden aktif bir organ olmadığı bilindiği için balıkların yaşam alanı kalitesi ve cansız ortamın balıkları etkileme derecesinin belirlenmesi amacıyla solungaç ve karaciğer dokularındaki metal birikimleri de araştırılmaktadır (Canberk ve ark., 2007; Yousafzai ve ark., 2010).

Bu çalışmada ise analiz yapılan metallerin en fazla biriktiği dokunun karaciğer olduğu, bunu solungaç ve kas dokusunun takip ettiği belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Keban Baraj Gölü'nde (Canpolat ve Çalta, 2003), Asi Nehri'nde (Çalışkan, 2005), Işık Gölü'nde (Tekin-Özan ve Aktan, 2012; Altinyazı Baraj Gölü (Çetin, 2016) ve Gala Gölü'nde (Tokatlı ve ark., 2016) yaşayan farklı balıklarda yapılan çalışmalarda da bulunmuştur. Karaciğer, metallerin detoksifikasyonunda görev yapan ve metallerin depolanmasında rol alan önemli bir organdır. Karaciğerde metal birikiminin fazla olmasının nedenlerinden en önemlisi metabolizmada aktif görev alması ve metal bağlayan proteinlerin üretildiği en önemli organlardan biri olmasıdır (Al-Yousuf ve ark., 2000; Liu ve ark., 2012;). Solungaçlar, bir balığın tüm dış yüzey alanının yarısından fazlasını oluşturan ve saatte yaklaşık 48 litre suyun geçiş yaptığı önemli bir doku olduğundan dış ortamdaki metaller için ilk hedef dokudur ve metalin vücuda girişinde önemli bir yere sahiptir (Tao ve ark., 1999). Metal toksisitesinde solungaçlar oldukça önemli bir yer işgal eder. Çünkü solungaçlar solunum suyunda bulunan kimyasallara ilk, direkt ve sürekli maruz kalan yapılardır. Solunum suyuyla birlikte alınan metaller solungaçlardaki mukuslara yapışır ve solungaç lamellerinden solunum suyu geçerken metaller lamellerin arasında kalır. Bu durum sonucunda solungaçlarda metal birikimi yüksek konsantrasyona ulaşır (Heath, 1995). Bu çalışmada metal birikiminin kas dokusunda düşük oranda tespit edilmesinin nedeni balığın metabolizmasında aktif bir organ olmamasıyla açıklanabilir (Karadede ve ark., 2004).

Tablo 2. Mevsimlere göre sazanın farklı dokularında tespit edilen bazı ağır metallerin ortalama değerleri (mg/kg) ve standart sapmaları

Mevsim	Doku	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Sonbahar	Kas	0,03-0,38 0,13±0,11 ^a	0,37-1,10 0,89±0,24 ^a	2,03-10,81 5,09±2,56 ^a	43,56-143,85 78,10±38,24 ^a	0,81-3,54 2,45±1,008 ^a	0,06-0,2 0,115±0,04 ^a	0,36-10,52 2,46±3,08 ^a	0,03-0,1 0,06±0,02 ^a	1,48-4,53 3,09±1,09 ^b	36,56-80,02 63,61±13,34 ^a
	Karaciğer	2,47-45,86 16,57±12,73 ^b	0,35-2,69 1,105±0,73 ^a	6,65-15,69 10,87±3,13 ^a	115,11-1048,89 417,95±28,65 ^{ab}	3,05-14,87 6,58±3,72 ^a	0,86-2,41 1,39±0,48 ^b	1,16-6,13 3,06±1,60 ^a	0,01-0,62 0,17±0,21 ^a	4,26-9,72 6,862±2,07 ^a	438,48-1134,76 748,62±246,48 ^a
	Solungaç	0,1-1,46 0,62±0,45 ^b	1,00-1,95 1,45±0,30 ^{ab}	2,54-11,23 4,80±2,60 ^a	123,99-553,13 252,75±127,93 ^a	14,02-26,52 21,42±4,49 ^{ab}	0,19-0,51 0,27±0,09 ^b	0,66-9,06 2,78±3,04 ^a	0,00-1,7 0,402±0,51 ^{ab}	1,61-4,22 3,109±0,805 ^{ab}	843,54-1633,29 1233,2±21,87 ^b
Kış	Kas	0-0,06 0,023±0,02 ^a	0,52-1,69 0,91±0,42 ^a	0,61-48,89 6,87±15,77 ^a	37,04-602,60 146,14±189,68 ^a	0,95-36,52 5,91±11,55 ^a	0,01-0,38 0,13±0,11 ^a	6,17-178,93 45,74±59,5 ^b	0,01-1,7 0,55±0,77 ^b	1,72-5,9 3,023±1,22 ^b	52,4-177,84 91,272±40,742 ^a
	Karaciğer	0,34-22,19 5,94±8,01 ^a	0,48-1,67 0,77±0,36 ^a	4,74-210,51 29,48±67,89 ^a	220,56-481,57 324,89±72,24 ^a	2,4-6,47 4,60±1,33 ^a	0,8-1,34 0,98±1,16 ^a	6,5-105,83 22,28±31,51 ^b	0,02-1,84 0,50±0,892 ^a	5,42-9,10 7,188±1,48 ^a	1094,17- 1960,63 1364,47±26 ^b
	Solungaç	0,00-0,17 0,07±0,06 ^a	0,7-1,55 1,16±0,24 ^a	1,39-12,17 4,32±0,34 ^a	226,1-745,61 351,12±157,34 ^a	13,09-28,43 16,61±4,72 ^a	0,03-0,34 0,16±0,10 ^a	7,59-127,24 36,29±49,01 ^b	0,00-0,42 0,21±0,148 ^a	2,68-4,94 3,83±0,65 ^{bc}	796,12-1410,51 1136,96±189,54 ^b
İlkbahar	Kas	0-0,22 0,06±0,10 ^a	0,49-4,06 1,97±1,49 ^b	2,39-6,33 4,70±1,26 ^a	44,17-875,21 230,72±32,20 ^a	0,96-12,20 3,076±3,78 ^a	0,01-0,14 0,06±0,05 ^a	2,53-18,47 6,341±5,25 ^a	0,03-0,32 0,125±0,11 ^a	0,89-4,56 2,253±1,253 ^a	42,39-1129,36 200,71±352,54 ^a
	Karaciğer	0,03-13,20 3,15±3,92 ^a	0,38-30,15 4,91±9,58 ^a	2,19-15,05 8,25±3,67 ^a	170,31-880,81 550,29±232,09 ^b	1,61-48,21 10,24±14,47 ^a	0,33-1,36 0,822±0,36 ^a	2,93-25,51 12,55±8,00 ^{ab}	0,06-1,72 0,41±0,58 ^a	2,23-12,72 6,29±3,28 ^a	174,19-2554,08 863,00±743,56 ^a
	Solungaç	0,01-0,07 0,02±0,01 ^a	0,63-3,43 1,71±0,83 ^b	1,75-5,59 3,36±1,18 ^a	125,96-466,03 303,87±126,45 ^a	1,49-30,95 18,95±9,10 ^{ab}	0,02-0,32 0,135±0,09 ^a	5,76-22,17 9,39±5,12 ^a	0,11-1,72 0,58±0,56 ^{ab}	0,31-4,59 2,26±1,37 ^a	68,01-1547,28 825,45±504,97 ^a
Yaz	Kas	0,01-0,02 0,016±0,006 ^a	0,01-1,11 0,588±0,39 ^a	0,55-1,9 1,14±0,51 ^a	17,33-95,58 51,26±5,04 ^a	0,55-3,8 1,265±1,04 ^a	0,01-0,14 0,059±0,05 ^a	5,75-13,58 8,75±3,31 ^a	0,03-0,25 0,119±0,08 ^a	0,17-2,71 1,407±0,88 ^{ab}	54,57-109,22 84,33±15,94 ^a
	Karaciğer	1,77-23,92 7,32±6,87 ^a	0,09-1,41 0,46±0,42 ^a	2,05-8,41 6,30±1,92 ^a	188,97-983,11 595,09±233,44 ^b	1,63-6,19 3,43±1,51 ^a	0,37-1,61 1,100±0,45 ^{ab}	6,18-14,44 9,12±3,15 ^{ab}	0,01-0,51 0,249±0,21 ^a	1,77-11,21 5,911±2,73 ^a	468,67-1673,96 920,37±396,12 ^a
	Solungaç	0,03-0,6 0,22±0,21 ^a	0,94-1,83 1,27±0,26 ^{ab}	2,09-3,43 2,45±0,41 ^a	258,31-651,76 378,42±25,09 ^a	16,16-36,77 24,61±8,11 ^b	0,07-0,39 0,22±0,09 ^{ab}	5,65-14,35 7,32±2,71 ^a	0,44-0,99 0,742±0,206 ^b	3,01-7,7 4,572±1,56 ^c	1325,8-1872,38 1565,64±181,74 ^c

* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0,05 düzeyinde önemsizdir.

Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nde yaşayan sazan (*Cyprinus carpio L., 1758*)'in kas, karaciğer ve solungaçlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi

Tablo 3. Sazanın ağırlığı ve ağır metal konsantrasyonu arasındaki ilişkiler

Doku	Veri	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Kas	Denklem	y= 0.024+	y= 1.956+	y= 6.520+	y= 447.524+	y=9.763+	y= 0.112+	y= 35.336+	y=0.514+	y= 1.118+	y=356.905+
		0.128X	-2.073X	-5.033X	-782.619X	-16.061X	-0.038X	-47.571X	-0.851X	3.232X	-602.083X
	R değeri	0.125	-0.224	-0.064	-0.406	-0.266	-0.047	-0.143	-0.243	0.256	-0.342
	P değeri	NS ^b	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	*
Karaciğer	Denklem	y= 5.740+	y= -5.318+	y= 25.995+	y=553.515+	y=-4.208+	y= 0.971+	y=9.549+	y=0.071+	y= 3.563+	y=247.093+
		6.121X	17.397X	-29.905X	-198.614X	25.419X	0.250X	5.386X	0.580X	7.316X	1772.754X
	R değeri	0.065	0.356	-0.089	-0.085	0.336	0.060	0.032	0.127	0.305	0.361
	P değeri	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*
Solungaç	Denklem	y=0.097+	y=1.577+	y=4.130+	y=422.699+	y=25.877+	y=0.226+	y=12.951+	y=0.707+	y=4.525+	y=1527.193+
		0.363X	-0.426X	-0.962X	-246.649X	-13.350X	-0.063X	2.428X	-0.484X	-2.634X	-821.381X
	R değeri	0.105	-0.085	-0.37	-0.181	-0.186	-0.059	0.009	-0.112	-0.189	-0.210
	P değeri	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^a Denklemlerde; Y: Metal konsantrasyonu (mg/kg) ve X: Balığın ağırlığı (gr). Yıldızlar önemli sonuçları gösterir.

^bNS, 0.05 düzeyinde önemli olmayan, P>0.05

* 0.05 düzeyinde önemli, P<0.05

** 0.01 düzeyinde önemli, P<0.01

Tablo 4. Sazanın boyu ve ağır metal konsantrasyonu arasındaki ilişkiler

Doku	Veri	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Kas	Denklem	y=-0.191+	y= 1.783+	y= 7.026+	^a y= -120.439+	y=0.853+	y= 0.033+	y= -1.476+	y=0.059+	y= 2.461+	y=-116.634+
		0.006X	-0.017X	-0.066X	6.373X	0.060X	0.002X	0.446X	0.003X	0.0X	5.847X
	R değeri	0.037	-0.124	-0.055	0.217	0.065	0.142	0.088	0.059	-0.002	0.218
	P değeri	NS ^c	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Karaciğer	Denklem	y=-13.437+	y=11.881+	y=-2.912+	y=791.649+	y=27.186+	y= 0.061+	y=27.791+	y=0.837+	y= 6.679+	y=1151.768+
		0.560X	-0.0260X	0.429X	-8.249X	-0.541X	0.26X	-0.414X	-0.014X	-0.003X	-4.584X
	R değeri	0.388	-0.349	0.084	0.231	-0.469	0.409	-0.160	-0.213	0.008	-0.061
	P değeri	*	*	NS	NS	**	*	NS	NS	NS	NS
Solungaç	Denklem	y=-0.590+	y=2.439+	y=4.978+	y=435.028+	y=16.122+	y=0.120+	y=9.415+	y=1.378+	y=1.209+	y=437.934+
		0.022X	-0.027X	-0.032X	-2.928X	0.110X	0.002X	0.117X	-0.022X	0.058X	+19.413X
	R değeri	-0.426	-0.352	-0.080	-0.141	0.101	0,127	0.029	-0.350	0.272	0.327
	P değeri	**	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS

^a Denklemlerde; Y: Metal konsantrasyonu (mg/kg) ve X: Balığın boyu (cm). Yıldızlar önemli sonuçları gösterir.

^b ALA, Analiz Limitinin Altında.

^c NS, 0.05 düzeyinde önemli olmayan, P>0.05

* 0.05 düzeyinde önemli, P<0.05

** 0.01 düzeyinde önemli, P<0.01

Çalışmamızda metallerin kas, karaciğer ve solungaçtaki konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi de tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre metallerin genel olarak kas ve karaciğerde kış mevsiminde ve solungaç dokusunda ise yaz mevsiminde arttığı saptanmıştır. Dokuya ve metale bağlı olarak farklılık gösterse de benzer sonuçlar Hazar Gölü'nde (Karadede-Akın, 2009), Manzalah Gölü'nde (Zyadah, 1999), Mansour ve Sidky (2002), Karataş Gölü'nde (Başyigit ve Tekin-Özan, 2013), Rawal Gölü'nde (Iqbal ve Shah; 2014) ve Işıklı Gölü'nde (Gülcü-Gür ve Tekin-Özan, 2017) yapılan çalışmalarda da tespit edilmiştir. Metallerin mevsimsel olarak artışı ve azalışı balığın beslenme biçimi-ne, yaşına ve suyun fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Göksu, 2003). Kas dokusundaki metal miktarının artışı üreme döneminden sonraki aylarda balığın metabolik olarak aktifleşmesinden kaynaklanabilir. Karaciğerdeki metal düzeyinin kış mevsiminde artış göstermesi ise yine balığın metabolik aktivitesine, beslenme rejimine ve karaciğerde üretilen metal bağlayan proteinlerin miktarına bağlı olabilir. Solungaçlardaki metal miktarının yaz aylarında artış göstermesi azalan pH değeri ile ilgili olabilir. Çünkü metaller asidik ortamda daha çözünür haldedir ve balıkların her soluk alışverişinde solungaç dokuları diğer mevsimlere göre daha fazla metal konsantrasyonuna maruz kalmaktadır (Newman ve Doubet, 1989; Philips, 1990).

Çalışmamızda balık boy ve ağırlığı ile metal miktarları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla linear regression testi yapılmış ve dokuya ve metale bağlı olarak değişmek suretiyle genel olarak metal seviyesi ile balık boy ve ağırlığı arasında negatif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Canlı ve Atli (2003), Karadeniz'de yaşayan *Sparus auratus*'un karaciğerinde ve solungacındaki Fe miktarı ile balığın boyu arasında negatif bir ilişkinin, Kaptan ve Tekin-Özan, (2014), Eğirdir Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*'nun bazı doku ve organlarındaki metal miktarları ile balığın uzunluğu arasında negatif yönde bir ilişkinin olduğunu, Canpolat ve Çalta (2003), Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Capoeta capoeta umbra*'nın bazı doku ve organlarındaki metal miktarları ile balığın uzunluğu arasında herhangi bir ilişkinin olmadığını, Tekin-Özan ve Aktan (2012), Işıklı Gölü'nde yaşayan sazanın boyu ile kastaki As, Co, Cd, Fe ve Mn arasında negatif bir ilişki olduğunu, Başyigit ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü'nden alınan sudakın boy artışına bağlı olarak dokularındaki metal seviyesinin azaldığını, Burger ve ark., (2002), Savannah Nehri (ABD)'nde yaşayan bazı balıklardaki metal miktarının boy ve ağırlık artışı ile azaldığını, Amundsen vd. (1997), Pasvik Nehri (Rusya)'nde yaşayan bazı balıkların karaciğer ve kas dokusundaki Zn miktarının kısa boylu bireylerde daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda, genel olarak küçük balıklarda daha fazla metalin biriktiği gözlemlenmektedir. Bu durum küçük balıkların büyük balıklara göre metabolizmalarının hızlı olmasıyla, bağışıklık sistemlerinin gelişmemiş olmasıyla ve beslenmede daha aktif olmalarıyla açıklanabilir. Ayrıca küçük balıkların oksijene büyük balıklara oranla daha çok ihtiyaç duymaları ve bu nedenle solunum için solungaçlarından daha çok miktarda su geçişi olmasıyla küçük balıkların solungaçlarındaki yüksek metal birikimi açıklanabilir. Küçük boyuttaki balıkların büyük balıklara göre metabolik faaliyetlerde daha aktif olmaları sebebiyle vücutlarında daha fazla metal biriktiği gözlemlenmiştir (Canpolat ve Çalta, 2003).

SONUÇLAR

Çalışmamızın sonunda elde edilen veriler, Dünya Sağlık Örgütü (WHO,1998)'nün, Avrupa Birliği (EC,2006)'nin ve Türk Gıda Kodeksi (2002)'nin belirlediği balık dokularında kabul edilebilir ağır metal miktarları ile kıyaslanmıştır. Buna göre Cd; sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde Avrupa Birliği (EC, 2006) ve Türk Gıda Kodeksi (2002)'nin balık dokuları için belirlediği kabul edilebilir değerlerin üzerinde çıkmıştır. Cr; ilkbahar mevsiminde Dünya Sağlık Örgütü (WHO,1998)'nün balık dokuları için belirlediği kabul edilebilir değerlerin üzerinde çıkmıştır. Pb; kış mevsiminde Avrupa Birliği (EC,2006) ve Türk Gıda Kodeksi (2002)'nin, sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde ise Dünya Sağlık Örgütü (WHO,1998)'nün balık dokuları için belirlediği kabul edilebilir değerlerin üzerinde çıkmıştır. Fe, Mn ve Zn ise tüm mevsimlerde Dünya Sağlık Örgütü (WHO,1998)'nün, Fe; Türk Gıda Kodeksi (2002)'nin balık dokuları için belirlediği kabul edilebilir değerlerin üzerinde çıkmıştır.

Gölün etrafında bol miktarda tarım arazisi bulunmaktadır. Bu arazilerin gübrenmesi ve gübrelerin bol miktarda Cd, Pb, Fe ve Zn içermesi önemli bir sorundur. Gübrelili topraklar yüzey akışı vasıtasıyla göle karışmaktadır. Ayrıca göl çevresinde bulunan işletmelerin, piknik alanlarının ve köy gibi yerleşim merkezlerinin evsel atıkları da göre karışmaktadır. Bu konularda özellikle hem çevre halkının hem de Çukurova İlçesi yetkililerinin bilinçlendirilmesi, kullanılan gübrelerin içeriklerinin dikkate alınması, atıkların arıtılması konusunda bilgiler verilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (Proje no: 4162-YL1-14) tarafından desteklenmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Aksun, F.Y. (1986). Karamık Gölü'nde Yasayan Turna Balıklarında (*Esox lucius* L. 1758) Ağır Metal Birikimi. VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 3-5 Eylül, 1986, İzmir, 454-461.
- 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. *Sci. Total Environ* 256: 87, 2000.
- Amundsen, P., Staldvik, F.J., Lukin, A.A., Kashulin, N.A., Popova, O.A., Reshetnikov, Y.S. (1997). Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. *The Science of the Total Environment* 201: 211-224.
- Başıyigit, B., Tekin-Özan, S. (2013). Concentrations of some heavy metals in water, sediment, and tissues of pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake related to physicochemical parameters, fish size and seasons. *Pol J Environ Stud* 22 (3): 11-22.
- Burger, J., Gaines, K. F., Boring, C. S., Stephens, W. L., Snodgrass, J., Dixon, C., Mcmohan, M., Shukla, S., Shukla, T., Gochfeld, M. (2002). Metal levels in fish from the Savannah River: potential hazards to fish and other receptors. *Env. Res. Section A* 89: 85-97.
- Canbek, M., Demir, T.A., Uyanoğlu, M., Bayramoğlu, G., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Koyuncu, O. (2007). Preliminary assessment of heavy metals in water ve some cyprinidae species from the Porsuk River, Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences* 1(3): 91-95.
- Canlı, M., Atli, G. (2003). The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution* 121: 129-136.
- Canpolat, Ö., Çalta, M. (2003). Heavy metals in some tissues and organs of *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) fish species in relation to body size, age, sex and seasons. *Fresenius Environmental Bulletin* 12: 961-966.
- Çalışkan, E. (2005). Asi Nehri'nde su, sediment ve karabalık (*Clarias gariepinu* Burchell, 1822)'ta ağır metal birikiminin araştırılması. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Hatay.
- Çetin, E. (2016). Altınazı Baraj Gölü'nde (Edirne) yaşayan balık türlerinde ağır metal birikimlerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Aquatic Sciences* 31 (1): 1-14.
- Çevik, F. (1999). Seyhan Baraj Gölü'ndeki alg toplulukları ve bazı su kalitesi özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Çoğun, H.Y. (2008). *Oreochromis niloticus* ve *Cyprinus carpio*'da bakır ve kurşun birikiminin solungaç, kas, karaciğer, böbrek ve kan dokularındaki iyon dağılımı üzerine etkisi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji A.B.D., Adana.
- Duncan, D. B. (1955). *Multiple Range and Multiple F Tests*. International Biometry Society, Woods Hole.
- 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.
- European Commission (2006). Commission Regulation Maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. 2006 EC. No: 1881/2006.
- Gerlach, S. A. (1981). *Marine Pollution*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Newyork.
- Göksu, M.Z.L. (2003). Su kirliliği ders kitabı. Çukurova Üniversitesi. Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 7. Adana.
- Gravetter, F., Wallnau, L. (2007). *Essentials of statistics for the behavioral science*. Cengage Learning, Boston.
- Gülcü-Gür, B., Tekin-Özan, S. (2017). 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.
- Heath, A.G. (1995). *Water Pollution and Fish Physiology*. CRP Press Inc, Florida.
- Hilmy, A.M., El-Domiaty, N.A., Daabees, A.Y., Abdel-Latife, H.A. (1987). Toxicity in *Tilapia zilli* and *Clarias lazera* (Pisces) induced by zinc seasonaly. *Comparative Biochemistry and Physiology* 86C: 263-265.
- Hollis, L., McGeer, J.C., Mcdonald, D.G., Wood, C.M. (1999). Cd accumulation gill, Cd-binding, accumulation and physiological effects during long term sublethal cd exposure in rainbow trout. *Aquatic Toxicology* 46: 101-119.
- Iqbal, J., Shah, M.H. (2014). Study of seasonal variations and health risk assessment of heavy metals in *Cyprinus carpio* from Rawal Lake, Pakistan. *Environ Monit Assess* 186 (49): 2025-2037.
- Kalay, M., Erdem, C. (1995). Bakırın *Tilapia nilotica* (L.)'da karaciğer, böbrek, solungaç, kas, beyin ve kan dokularındaki birikimi ile bazı kan parametraleri üzerine etkileri. *Tr. J. Of Zoology* 19: 27-33.
- Kankılıç, G.B., Tüzün, İ., Kadioğlu, Y.K. (2013). Assessment of heavy metal levels in sediment samples of Kapulukaya Dam lake (Kırıkkale) and lower catchment area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(8):6739-6750.
- 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., 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.
- Karadede-Akın, H. (2009). Seasonal variations of heavy metals in water, sediments, pondweed (*P. pectinatus* L.) and freshwater fish (*C.c. umbla*) of Lake Hazar (Elazığ-Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin* 18 (4): 511, 2009.
- Kayhan, F.E., Muşlu M.N., Koç N.D. (2009). Bazı ağır metallerin sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıtlar. *Journal of Fisheries Sciences.com* 3(2): 153-162.
- Köse, E. (2007). Enne Barajı'nda yaşayan balıklarda ağır metal birikiminin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji A.B.D., Kütahya.
- 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.
- Mansour, S. A., Sidky, M. M. (2002). Ecotoxicological Studies. 3. Heavy Metals Contaminating Water and Fish from Fayoum Governorate, Egypt. *Food Chemistry*. 78, 15-22.

Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nde yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'in kas, karaciğer ve solungaçlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi

- Muller, K.E., Fetterman, B.A. (2002). *Regression and Anova: An Integrated Approach Using SAS Software*.
- Newman, M.C., Doubet, D.K. (1989). Size-dependence of mercury (II) accumulation kinetics in the mosquitofish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard). *Arch Environ Con Tox* 18: 819-825.
- Phillips, D.J.H. (1990). Arsenic in aquatic organisms: A review, emphasizing chemical speciation. *Aquat Toxicol* 16: 151- 186.
- Rashed, M.N. (2001). Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. *Environment International* 27: 27-33.
- Sağlamtimur, B., Cicik, B., Erdem, C. (2004). Kısa süreli bakır-kadmiyum etkileşiminde tatlısu çipurası (*Oreochromis niloticus* L.1758)'nin karaciğer, böbrek, solungaç ve kas dokularındaki kadmiyum birikimi. *Ekoloji Dergisi* 53 (14): 33- 38.
- 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 Işıkli Lake (Turkey). *Pakistan Journal of Zoology* 44 (5): 1405-1416.
- TFC (Türk Gıda Kodeksi) (2002). *Turkish Food Codex, Official Gazette*, 23 September 2002. No: 24885.
- 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.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (1984). Determination of Total Cadmium, Zinc, Lead and Copper in Selected Marine Organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry Reference Methods for Marine Pollution Studies. No:11, Rev.1.
- Uysal, K., Atalay, M.A. (2007). DPÜ Gölü'nde ekstansif yetiştiriciliği yapılan aynalı sazanların (*Cyprinus carpio*) gelişimi ve ağır metal akümülyasyon oranlarının değerlendirilmesi. *Ulusal Su Günleri Sempozyumu*, 16-18 Mayıs, 2007, Antalya.
- Ünlü, E., Cengiz, G.E., Akba, O., Gümgüm, B. (1995). Dicle Nehri'ndeki Capoeta trutta Heckel, 1843'da ağır metal birikimi. II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, 10-13 Eylül, 1995, Ankara, 639- 649.
- WHO (1998). *Guidelines for drinking-water quality. Second Edition, volume1* Geneva.
- Yipel, M., 2012. Akdeniz Antalya Körfezi'nde avlanan barbunya (*Mullus barbatus*, Linnaeus, 1758), kefal (*Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758), yeşil kaplan karidesi (*Panaeus semisulcatus*, De Haan, 1844) türlerinde bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Ankara.
- Yousafzai, M.A., Chivers, P.D., Khan, R.A., Iftikhar, A., Siraj, M. (2010). Comparison of heavy metals burden in two freshwater fishes *Wallago attu* and *Labeo dyocheilus* with regard to their feeding habits in natural ecosystem. *Pakistan Journal of Zoology* 42(5): 537-544.
- Zyadah, M., Chouikhi, A. (1999). Heavy metal accumulation in *Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius* and *Boops boops* fish from the Aegean Sea, Turkey. *Int. J. Food Sciences and Nutr.* 50: 429-434.