

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



DEMİRKÖPRÜ BARAJ GÖLÜ (MANİSA)'NDEKİ SU VE *Viviparus contectus*
(MİLLET, 1813) ÖRNEKLERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
BELİRLENMESİ

Emsiye GÖKTÜRK AKSU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

I. DANIŞMAN: Doç. Dr. Filiz KUTLUYER KOCABAŞ

II. DANIŞMAN: Prof. Dr. Mehmet KOCABAŞ

TUNCELİ-2023

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DEMİRKÖPRÜ BARAJ GÖLÜ (MANİSA)'NDEKİ SU VE *Viviparus contectus*
(MİLLET, 1813) ÖRNEKLERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
BELİRLENMESİ

Emsiye GÖKTÜRK AKSU
(200100012)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

I. DANIŞMAN: Doç. Dr. Filiz KUTLUYER KOCABAŞ

II. DANIŞMAN: Prof. Dr. Mehmet KOCABAŞ

TUNCELİ-2023

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DEMİRKÖPRÜ BARAJ GÖLÜ (MANİSA)'NDEKİ SU VE *Viviparus contectus*
(MİLLET, 1813) ÖRNEKLERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
BELİRLENMESİ

Emsiye GÖKTÜRK AKSU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

Bu tez .../.../2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

İmza:.....

İmza:.....

Prof. Dr. Mehmet KOCABAŞ
(Karadeniz Teknik
Üniversitesi)

Doç. Dr. Filiz KUTLUYER
KOCABAŞ
(Munzur Üniversitesi)

Prof. Dr. Volkan KIZAK
(Munzur Üniversitesi)

BAŞKAN

DANIŞMAN

ÜYE

İmza:.....

İmza:.....

Prof. Dr. Fulya BENZER
(Munzur Üniversitesi)

Prof. Dr. Mine ERİŞİR
(Fırat Üniversitesi)

ÜYE

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: YLMUB021-23

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

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İmza

Emsiye GÖKTÜRK AKSU

Danışman

Doç. Dr. Filiz KUTLUYER KOCABAŞ

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması Munzur Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı'nda yürütülmüştür. Araştırma giderleri ise MUNİBAP tarafından desteklenen YLMUB021-23 nolu “Demirköprü Baraj Gölü (Manisa)'ndeki Su Ve *Viviparus contectus* (Millet, 1813) Örneklerinde Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi” adlı projeden karşılanmıştır.

Bu tez çalışmasında, ağır metallerin Demirköprü Baraj Gölü'nde su örneklerinde ve burada yaşayan tatlısu salyangozu (*Viviparus contectus*) üzerinde etkilerini ortaya koymayı amaçlanmıştır.

Tüm bu süreçte benden desteğini esirgemeyen ve her konuda yardımcı olan tez danışmanlarım Sayın Prof. Dr. Mehmet KOCABAŞ ve Doç. Dr. Filiz KUTLUYER KOCABAŞ'a teşekkür ederim.

Emsiye GÖKTÜRK AKSU
TUNCELİ – 2022

İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLolar LİSTESİ	V
KISALTMALAR LİSTESİ	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Ağır Metaller	3
1.1.1. Ağır metallerin başlıca kaynakları	5
1.1.2. Ağır metallerin birikimi ve su organizmalarının ekolojik durumları	5
1.1.2.2. Ağır metallerin balıklar üzerindeki etkileri	9
1.1.2.3. Ağır metallerin Gastropodlar üzerindeki etkileri	10
1.1.3. Ağır metal ve insan sağlığı	11
1.2. Tatlısu salyangozu (<i>Viviparus contectus</i>).....	13
2. MATERYAL VE METOT	16
2.1. Su Örnekleme ve Su Kalitesinin Belirlenmesi	16
2.2. Tatlı su salyangozu (<i>V. contectus</i>) Örnekleme ve Morfometrik Ölçümler	21
2.3. Ağır Metal Analizi	24
2.4. Veri Analizi	25
3. BULGULAR	26
3.1. Su Kalitesi	26
3.2. Tatlısu salyangozuna (<i>V. contectus</i>) Ait Morfometrik Ölçümler	26
3.3. Ağır Metal Analizine Ait Bulgular	32
4. TARTIŞMA	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	38
6. KAYNAKLAR	39
ÖZGEÇMİŞ	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Demirköprü Baraj Gölü (Orijinal).....	16
Şekil 2.2. Örnekleme alanı (Orijinal).	17
Şekil 2.3. Kış örnekleme (Orijinal).....	18
Şekil 2.4. İlkbahar örnekleme (Orijinal).	19
Şekil 2.5. Yaz örnekleme (Orijinal).	20
Şekil 2.6. Sonbahar örnekleme (Orijinal).	21
Şekil 2.7. Biyometrik ölçümler; Kabuk yüksekliği (KY), Kabuk genişliği (KG), Apertur yüksekliği (AY), Apertur genişliği (AG), Vücut helezon yüksekliği (VHY) ve Spir yüksekliği (SpU). (Kutluyer Kocabaş ve Kocabaş, 2022).....	22
Şekil 2.8. Kullanılan alet ekipmanlar (Dijital kumpas, hassas terazi, termometre ve YSI)	23
Şekil 2.9. Dijital kumpas ile tatlısu salyangozu ölçümü (Orijinal).	23
Şekil 3.1. <i>V. contectus</i> bireylerinin kış mevsimine ait biyometrik parametreler arasındaki korelasyon.....	28
Şekil 3.2. <i>V. contectus</i> bireylerinin ilkbahar mevsimine ait biyometrik parametreler arasındaki korelasyon.	29
Şekil 3.3. <i>V. contectus</i> bireylerinin yaz mevsimine ait biyometrik parametreler arasındaki korelasyon.....	30
Şekil 3.4. <i>V. contectus</i> bireylerinin sonbahar mevsimine ait biyometrik parametreler arasındaki korelasyon.	31

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Su ortamındaki ağır metal kontaminasyon kaynakları (Lone ve ark., 2008; Changfeng ve ark., 2019)	6
Tablo 3.1. Mevsimlere göre tatlısu salyangozu (<i>Viviparus contectus</i>)'na ait biyometrik ölçümler.....	27
Tablo 3.2. Farklı istasyonlardan toplanan <i>V. contectus</i> türünün numunelerinde tespit edilen mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları.....	32



KISALTMALAR LİSTESİ

Al	: Alüminyum
Ag	: Gümüş
As	: Arsenik
Ba	: Baryum
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cs	: Sezyum
Cu	: Bakır
DNA	: Deoksiribo nükleik asit
EC	: Avrupa Komisyonu
EFSA	: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
Fe	: Demir
FEPA	: Federal Çevre Koruma Ajansı
Fr	: Fransiyum
H	: Hidrojen
Hb	: Hemoglobin
Hg	: Cıva
Mn	: Manganez
Mo	: Molibden
MT	: Metalotiyenin
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
Rb	: Rubidyum
Se	: Selenyum
TFC	: Türk Gıda Kodeksi
TLC	: Toplam lökosit sayısı
USEPA	: U.S. Environmental Protection Agency
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
Zn	: Çinko

ÖZET

Akuatik organizmalar, su ekosistemlerinde var olan kimyasalları besinleriyle beraber almalarından dolayı vücutlarında metal biriktirirler. Potansiyel olarak ağır metallerin varlığının değerlendirilmesi için, biyoizleme çalışmalarında Gastropodlar kullanılmıştır. Bu nedenlerle, bu çalışma Demirköprü Baraj Gölü'nden (Manisa, Türkiye) sudaki ağır metal biyoakümülyasyonunu (Cd, Cr, Pb, As, Zn ve Cu) ve *Viviparus contectus*'u analiz etmeyi amaçlamıştır. Ayrıca numune alma sırasında suyun fiziko-kimyasal özellikleri [pH, su sıcaklığı (°C), çözünmüş oksijen (mg/L)] ölçülmüştür. Elde edilen bulgulara göre tatlı su salyangozlarında en çok biriken metal Zn, su örneklerinde en çok biriken metal ise Pb olup, ağır metal birikimi mevsime göre değişmektedir. Elde edilen ağır metal konsantrasyonları EPA, FAO ve Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre sınır değerlerin altındadır. Sonuç olarak, su ortamı antropojenik kirlilikten olumsuz etkilenmektedir ve elde edilen veriler biyoizleme çalışmaları için yararlıdır.

Anahtar kelimeler: Demirköprü Baraj Gölü, tatlısu salyangozu, *Viviparus contectus*, ağır metal

ABSTRACT

Evaluation of the Heavy Metal Pollution in Water and *Viviparus contectus* (Millet, 1813) in Demirköprü Dam Lake (Manisa)

Aquatic organisms accumulate metals in their bodies through food chain in consequence of entering aquatic ecosystems. For evaluation the presence of potentially heavy metals, Gastropods have been used in biomonitoring studies. For these reasons, the present study aimed to analyse heavy metal bioaccumulation (Cd, Cr, Pb, As, Zn and Cu) in water and *Viviparus contectus* from Demirköprü Dam Lake (Manisa, Turkey). In addition, physico-chemical characteristics of water [pH, water temperature (°C), dissolved oxygen (mg/L)] were measured during sampling. According to the findings, the most accumulated metal in freshwater snails is Zn, and the most accumulated metal in water samples is Pb, and the heavy metal accumulation changes depending on the season. The heavy metal concentrations obtained are below the limit levels according to the EPA, FAO and Turkish Food Codex Contaminants Regulation. In conclusion, aquatic environment is adversely affected by anthropogenic pollution and the obtained data is useful for biomonitoring studies.

Key words: Demirköprü Dam Lake, freshwater snail, *Viviparus contectus*, heavy metal

1. GİRİŞ

Su, en değerli doğal kaynaklardan biridir. Suyun kalitesi, insan refahı ile doğrudan bağlantılı olduğu için insanlık için hayati önem taşımaktadır. Su, insan yaşamının en önemli bileşenidir ve son yüzyılda dört katına çıkan küresel nüfus nedeniyle su talebi yedi kat artmıştır. İnsan faaliyetleri tarafından üretilen endüstriyel ve kentsel atıkların dağılmasından kaynaklanan önemli bir çevresel endişe, toprak ve suyun kirlenmesidir. Doğaya madencilik faaliyetleri, metal cevherlerinin çıkarılması, atıklarının kazara dökülmesi, eritilmesi, atıkların kontrollü veya kontrolsüz toz/sızıntısı, tarım topraklarına kanalizasyon çamuru uygulaması çevre ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olan sebeplerden bazılarıdır. Ağır metaller, yanıcı ve çürüten maddeler, tehlikeli atıklar, patlayıcılar ve petrol ürünleri, fenol ve tekstil boya gibi çok çeşitli inorganik ve organik bileşikler kontaminasyona neden olur. İnorganik kirleticilerin ana bileşeni ağır metallerdir. Ağır metallerin organik kirleticilerden farklı sorunları vardır (Jina ve Empire, 2010).

Sanayileşmenin hızlı gelişimi ve nüfustaki büyük artış ciddi su kirliliğine neden olmuştur. Ağır metal, atomik yoğunluğa sahip metaller için genel bir terimdir. 21. yüzyılın başından beri ağır metal kirliliği, geniş dağılımı, önemli toksisitesi ve kolay göçü nedeniyle küresel bir çevre sorunu haline gelmiştir. Ağır metaller çoğunlukla hem doğal hem de antropojenik kaynaklardan olabilir. Birçok ülke toksik ağır metallerin deşarjı için izin verilen maksimum limitleri belirlemiştir. Ancak ağır metal atıksu deşarjının kontrolü tam olarak takibi güncel koşullar altında zordur. Fazla miktardaki ağır metal iyonları bir kez su akıntılarında veya içme suyuna katıldığında insan sağlığına büyük zarar verebilmektedir. İnsan vücudu için ciddi toksik tehlikeleri olan ağır metal iyonları arasında Hg, Cd, Pb, As, Cr vb. bulunur. Kontrolsüz bir şekilde ağır metallerin sanayiler tarafından atılması, insan sağlığını ve ekosistemi ciddi şekilde tehdit edebilmektedir (Xiang ve ark., 2022).

Son yıllarda çevre kirliliği hem insanlar hem de hayvanlar için büyük bir küresel sorun olarak kabul edilmektedir. Endüstriyel atıklar, balıklar gibi suda yaşayan hayvanlar için ciddi tehdit oluşturan su kütlelerine deşarj edilen başlıca kirlilik kaynağıdır. Metal konsantrasyonu Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Federal Çevre Koruma Ajansı (EPA) yönergelerine göre izin verilen sınırlar içinde değilse, bu ağır metaller balıklarda birikir ve insan sağlığı ciddi bir şekilde tehdit edebilir (Fatima ve ark., 2014).

Ağır metallere kaynaklı kirlilik, sulak alan habitatlarını ciddi şekilde tehdit etmektedir. Bu ağır metaller sucul bir canlının besin zincirine kolayca girebilir. Ağır metaller sudaki habitatları kötü etkilerler. Ağır metallerin çoğu aktif olduğu için çeşitli organizmalar üzerinde toksik etki bırakır ve büyük bir tehdit haline gelir. Kayaların fiziksel işlenmesi, toprağın süzülmesi ve çeşitli bitkilerin fizyolojik süreçleri, kentleşme, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin de toprağın ağır metallerle kirlenmesini kolaylaştırır. Ancak bu iki süreç, yani insan yapımı ve doğal süreçler, ağır metal kontaminasyonuna giden ana yoldur. Ağır metaller su ekosistemine ilave olarak, çökeltme, difüzyon, kimyasal reaksiyonlar, biyolojik aktivite vb. ağır tutunma (adsorpsiyon) işlemi ile tortularda biriktirilir (Pandiyen ve ark., 2021).

Bazı ağır metaller, organizmalarda biyolojik olarak birikebilen, besin zincirinde büyüyerek insan sağlığını tehdit eden yüksek toksisiteli kalıcı metalik bileşiklere dönüşebilmektedir. Ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve önlenmesi çevre araştırmalarının öncelik konularından biridir (Kader ve ark., 2016).

Serbest metal iyonu en zehirli türlerden biridir ve genellikle organizmalar tarafından doğrudan sudan alınır. Gıdaların metal alımındaki rolü, esas olarak türün beslenme alışkanlıklarına, vücut büyüklüğüne, yaşam süresine ve maruz kalma süresine bağlıdır. Yüzeysel adsorpsiyonu, yüksek pH'da artan bir metal 'alımı' biçimi olarak kabul edilebilir. Sucul trofik besin zincirleri boyunca metallerin biyomagnifikasyonu birçok metal için bilinmemektedir. Cd, Fe, Zn ve Pb'nin toksisitesi, tüm omurgasızlar için olmasa da, düşük pH'da arttığı bildirilmiştir (Gerhardt, 1993).

Metal kaplama tesisleri, madencilik, gübreleme, deri, kağıt endüstrileri, pil, ve pestisit gibi endüstrilerin hızlı gelişimi, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ağır metalle kirlenmiş atık suların çevreye artan miktarda deşarjına neden olmuştur. Suda yüksek dozlardaki ağır metaller, canlı organizmalar için ciddi sağlık riskleri oluşturabilir, çünkü bunlar sadece zehirli değil, aynı zamanda güçlü biyo-birikim ve biyo-büyütme etkilerine de sahiptirler. Bu nedenle, dünya çapında hükümetler ağır metallerle kirlenmiş atık suların çevreye deşarj edilmeden önce arıtılmasını zorunlu kılmakla kalmamış, aynı zamanda kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), cıva gibi çeşitli ağır metallerin konsantrasyonları için de katı sınırlar koymuştur (Zhang ve ark., 2022). Özellikle madencilikten kaynaklanan kentsel havzalardan ve çöplüklerden atıkların emisyonları, tatlı su ekosistemlerinin ağır metal kontaminasyonuna neden olur (Liess ve ark., 2017). Şimdiye kadar farklı tatlısu salyangoz türlerinde ağır metal birikimi ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada,

Demirköprü Baraj Gölü (Manisa)'ndeki su ve *Viviparus contectus* (millet, 1813) örneklerinde ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.1. Ağır Metaller

Metaller hem doğal kaynaklardan hem de insan faaliyetlerinden sulara karışabilir. Metallerin çevre üzerindeki etkisi dünya çapında artan bir sorundur. Metallerin sucul ekosistemler üzerindeki etkisi, potansiyel biyo-birikimleri ve birçok su organizması için zehirli olmaları nedeniyle organizma sağlığı için büyük bir tehdit olarak kabul edilmektedir. Metaller genellikle kirleticiler olarak kabul edilse de, bunların doğal maddeler olduğunun bilinmesi önemlidir (Othman ve ark., 2012).

Metaller, oksidatif fosforilasyon, gen regülasyonu ve serbest radikal homeostazı dahil olmak üzere biyokimyasal süreçler için temel kofaktörlerdir (Deb ve Fukushima, 2007).

Ağır metaller, çok düşük konsantrasyonlarda bulunan, yer kabuğunun doğal bileşenleridir; ancak endüstriyel atık deşarjları, tarımsal uygulamalar, kıyı inşaatı ve dip tarama gibi insan faaliyetleri deniz ortamındaki metal konsantrasyonlarını kaçınılmaz olarak artırmıştır. Ağır metaller hem esansiyel hem de esansiyel olmayan elementler olarak sınıflandırılır. Esansiyel ağır metaller bilinen biyolojik rollere sahiptir ve sadece eşik konsantrasyonların üzerinde toksikken, esansiyel olmayan ağır metaller deniz omurgasızlarında bilinen herhangi bir biyolojik role sahip değildir ve metabolik olarak aktif bölgelerde birikmesine izin verilirse yüksek derecede toksisite sergiler. Ağır metaller biyolojik olarak parçalanamaz, kalıcıdır ve çevre için toksiktir, bu nedenle ciddi ekotoksikolojik sorunlara neden olur. Ağır metaller biyo-birikim eğilimi gösterirler ve biyo-birikimlerinin kapsamı, toplam miktara, her metalin çevresel ortamda biyo-yararlanımına ve alım yolu, depolama ve atılım mekanizmalarına bağlıdır. Metal türleşmesi, metalin biyo-yararlanımını, biyota toksisitesini, taşınmasını, mobilizasyonunu ve çevre ile etkileşimini etkiler. Gerçek metal türü, pH, inorganik ligandların ve organik ligandların ve mevcut kolloidal türleri ve konsantrasyonları gibi faktörlerden etkilenir (Şah, 2021).

Ağır metaller genel olarak spesifik yoğunluğu 5 gm/cm^3 'ün üzerinde olan ve çevreyi ve canlı organizmaları olumsuz etkileyen metaller olarak adlandırılır. Bu metaller, canlı organizmalarda yalnızca çok düşük konsantrasyonlarda çeşitli biyokimyasal ve

fizyolojik işlevleri sürdürmek için çok önemlidir. Bu metaller, belirli eşik konsantrasyonlarını aştıklarında zararlı olduklarını kanıtlanmıştır. Ağır metaller önemli çevresel kirleticilerdir ve toksisiteleri ekolojik, evrimsel, beslenme ve çevresel nedenlerle önemi artan bir sorundur. Atık sularda en sık bulunan ağır metaller bakır, nikel, çinko, kobalt ve kadmiyumdur ve bunların tümü insan sağlığı ve çevre için risk oluşturmaktadır (Shah, 2017).

Ağır metaller, aşağıdakileri belirtmek için çeşitli şekillerde kullanılmıştır:

- (I) Rb, Y, Cs, Ba ve Fr hariç, atom numarası 23'ten (yani vanadyum) sonraki metaller;
- (II) Yoğunluğu 5'ten büyük olan metaller; ve
- (III) Çevrede bulunduğu insan ve diğer yaşam formları için toksik olan metaller.

Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından listelenen en yaygın sekiz kirleticisi ağır metal şunlardır: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb ve Zn'dir (Jina ve Empire, 2010).

Karbonhidratlar, lipitler, amino asitler ve vitaminlere ek olarak, hücrelerin biyolojik aktivitesi için bazı ağır metaller gereklidir. Demir gibi bazı metaller yaşam için hayati önem taşıırken, bakır, çinko ve kurşun gibi diğerleri küçük miktarlarda enzimlerin aktivitesi için gereklidir. Bu metallere yüksek atom ağırlıklarından dolayı ağır metaller denir. Vücuda giren bu esansiyel metallerin miktarı çok fazla ise zehirlenmelere neden olabilir. Gereksiz ağır metaller veya metaller vücutta toksik etkiler yaratır. Genel olarak, çevredeki ağır metaller canlı organizmalar için potansiyel bir tehlikedir. Canlılar her zaman ağır metallere maruz kalmaktadır. Bu metaller vücudun oksijen, kükürt ve nitrojen gibi temel bileşenlerine S-S, SH, OH, COO ve COOH gibi gruplar halinde bağlanır. Enzimler ve proteinler dahil olmak üzere vücudun temel bileşenlerinin çoğu bu tür gruplara sahiptir. Sonuç olarak ağır metaller, enzimlerin aktivitesini kesintiye uğratar ve vücuttaki temel bileşiklerin sentezini bozar (Vajargah, 2021).

Ağır metallerin doğal maddeler olduğunu bilmek önemlidir, ancak bunlar her zaman kirleticisi olarak kabul edilirler. Sucul ortamlarda ağır metallerle kontaminasyon artar ve çevresel risklere neden olan hassas bir sorun haline gelir. Daha az zararlı bileşenlere parçalanan pestisitler gibi diğer organik kirleticilerin aksine, metal kirleticilerin yönetimi, konsantrasyonuna bağlı toksisitenin anlaşılmasını gerektirir. Genel olarak bozulmazlar; bu nedenle, trofik zincir boyunca birikirler. Vücut dokularında ağır metaller biriktirip

metabolize edilemediğinde toksik hale gelirler. Doz-yanıt ilişkileri için temel oluşturan kimyasalların neden olduğu risklerin değerlendirilmesi gerekmektedir (Gawad, 2018).

1.1.1. Ağır metallerin başlıca kaynakları

Ağır metallerin temel kaynakları; doğadaki bazı anakayalar, tarımda kullanılan gübreler, kanalizasyon atıkları, kentsel atıklar, biyositler, atıksular, trafikteki araçların egzoz gazları ve madencilik çalışmalarıdır (Tablo 1.1). Bu metaller ile kontamine olmuş atıksu kaynakları temel olarak üç ana gruba ayrılmaktadır. Maden endüstrisi yüksek derişimde Mg, Fe, Ca, ve düşük derişimlerde Mn, Al ve diğer ağır metal iyonlarını içerir. Metal endüstrisi, metal işleme, kaplama vb. endüstrilerin çeşitli kimyasal ve fiziksel işlemleri ağır metal içermektedir. Endüstri tesisleri, en fazla ağır metal kirliliği içeren atıksulardır. Elektrik, otomobil, ev eşyaları üreten sanayi tesisleri, mutfak ve boya sanayilerinin atıksuları bu grupta yer almaktadır (Yüksel, 2022).

1.1.2. Ağır metallerin birikimi ve su organizmalarının ekolojik durumları

Dünyanın her yerinde bulunan birçok su kaynağı, antropojenik faaliyetlerin sonucunda kontamine olmuş durumdadır. Bunlar pestisitler, ağır metaller, kişisel bakım ürünleri ve ilaçlar vb. şeklindeki kirleticilerdir. Ancak, bu kirleticiler arasında ağır metal, sucul kaynaklarda yaşamını sürdüren balık ve diğer omurgasızları etkileyerek su kütlesinin ekolojisi üzerinde ciddi etkiler oluşturmaktadır. Balıklarda ksenobiyotik kimyasalların biyotransformasyonu üzerine yapılan son çalışmalar, üretilen spesifik metabolitlere odaklanmıştır. Bu metabolik reaksiyonlar büyük ölçüde ağır metallerin dağılımı, birikimi ve toksisitesinden etkilenir. Ksenobiyotik kimyasallar, bu biyotransformasyon işlemlerini gerçekleştiren enzimlerin aktivitesini değiştirerek diğer kimyasalların dağılımını, birikimini ve toksisitesini de etkileyebilir. Bu ağır metaller histopatolojik değişikliklere neden olabilir. Ancak sucul canlıların daha sonraki yaşamlarını olumsuz etkiler. Balığın metabolik aktivitesi ilk aşamada bozulur, örneğin birkaç ksenobiyotiğin etki mekanizması, metabolizmada değişikliklere neden olan spesifik bir enzimin oluşumunu başlatabilir ve ayrıca hücrel zehirlenmeye ve hücrel düzeyde ölüme yol açabilir (Fatima ve ark., 2014).

Tablo 1.1. Su ortamındaki ağır metal kontaminasyon kaynakları (Lone ve ark., 2008; Changfeng ve ark., 2019)

Ağır	Kaynaklar
Metaller	
Zn	Galvanik sanayi, eritme ve rafine etme, madencilik, biyokatılar.
Fe	Demir alaşımları kaplara, arabalara, çamaşır makinelerine, köprülere, binalara ve ayrıca eczacılık, kimyasallar, demir gübreleri ve böcek ilaçları gibi diğer demir kaynaklarına işlenir
Cu	Elektrokaplama endüstrisi, madencilik, biyokatılar, eritme ve arıtma
Pb	Metalik cevherlerin madenciliği ve eritilmesi, kurşunlu benzinin yakılması, belediye kanalizasyon, Pb ile zenginleştirilmiş endüstriyel atıklar, boyalar
Cd	Jeojenik kaynaklar, antropojenik faaliyetler, metal eritme ve arıtma, fosil yakıt yakma, fosfatlı gübrelerin uygulanması, kanalizasyon çamuru
Hg	Volkan patlamaları, orman yangını, kostik soda, kömür, turba ve odun yakma üreten endüstrilerden kaynaklanan emisyonlar
As	Yarı iletkenler, ahşap koruyucular, madencilik ve eritme, kömür santralleri, herbisitler, volkanlar, petrol arıtma, hayvan yemi katkı maddeleri
Cr	Galvanik sanayi, çamur, katı atık, tabakhaneler
Mn	Belediye atıksu deşarjları, kanalizasyon çamuru, madencilik ve mineral işleme, alaşım, çelik ve demir üretiminden kaynaklanan emisyonlar, fosil yakıtların yanması
Ni	Volkanik patlamalar, çöplük, orman yangını, okyanusta kabarcık patlaması ve gaz değişimi, toprakların ve jeolojik malzemelerin ayrışması, endüstriyel atıklar, mutfak aletleri, cerrahi aletler, çelik alaşımlar, otomobil pilleri

Küresel olarak su kaynaklarının toksik ağır metallerle artan kirlenmesi, insan sağlığı ve sucul ekosistem için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Sanayileşmenin hızlı gelişimi ve nüfustaki büyük artış dikkat çekici boyutta su kirliliğine neden olmuştur. Su, insan yaşamının en önemli bileşenidir ve son yüzyılda dört katına çıkan küresel nüfus nedeniyle su talebi yedi kat artmıştır (Xiang ve ark., 2022).

Su kaynaklarındaki ağır metallerin kaynaklarına bakıldığında, temizlik malzemeleri gibi ev ürünlerinden elde edilen bakır, demir, kurşun ve çinko gibi yüksek konsantrasyonlarda metal içeren evsel atık suların deşarjı olabilir. Ayrıca gübreler, endüstriyel atıklar, pestisitler ve herbisitler, bakırın yanı sıra sudaki çinko ve cıva kirliliğinin ana kaynaklarıdır (Mahmoud ve Taleb, 2013).

Yüzey suları ile asit yağmurları, ağır metalleri kirlenmiş çevreden yıkayarak alıcı ortam olan göl, sulama göleti, baraj ve denizlere kadar ulaştırabilir. Ağır metaller doğal

olarak doğal sürekli olan su kaynaklarında çok az miktarda bulunur. Denizlerdeki metal kirliliği diğer sulu kirlilik türlerine göre daha azdır ancak deniz ekosistemleri ve insanlar üzerindeki etkileri oldukça fazladır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde endüstriyel atıklar sucül organizmalarda, özellikle de balıklarda toksik etkilere neden olmaktadır. Sudaki organizmalar kirleticileri doğrudan sudan ve dolaylı olarak besin zincirlerinden alır. Ağır metallerin balıklar ve suda yaşayan omurgasızlar üzerindeki toksik etkilerinden bazıları şunlardır; gelişimsel büyümenin azalması, gelişimsel anomalilerin artması, balıkların hayatta kalmasının azalması, özellikle dışsal beslenmenin başlangıcında ve hatta kirli rezervuarlardaki tüm balık popülasyonunun yok olmasına neden olur. Bu sonuçlar jeolojik, hidrolojik ve nihayetinde biyolojik döngüleri etkileyebilir. Bu nedenle, biyolojik koruma protokollerinin daha fazla dikkate alınmasının çok önemli olduğu görülmektedir (Jina ve Empire, 2010).

1.1.2.1. Balıklar tarafından ağır metallerin alınması

Balıklar, solungaçlardan ve gıda kaynakları yoluyla sürekli su akışı nedeniyle sürekli olarak su kaynaklı ve partikül ağır metallere maruz kalırlar. Farklı dokularda biyolojik olarak biriken metaller, farklı biyolojik birikim faktörleri modellerini takip eder. Balıklarda ağır metal biyobirikim mekanizması, dinamik bir şekilde farklı süreçleri içerir. Hem fizyolojik/biyokimyasal tepkiler hem de metal jeokimyası, farklı sucül tür popülasyonlarında gözlenen metal konsantrasyonlarındaki farklılıklardan sorumludur. Metallerin solungaç ve iç epitel hücrelerine içselleştirilmesinin, farklı biyobirikim çalışmalarından benzer mekanizmaları izlediği doğrulanmıştır (Fatima ve ark., 2014).

Balık larva ve yavrularının gelişimi çok hızlıdır. Birçok çevresel faktör büyümeyi etkiler: sıcaklık, erişilebilir beslenme tabanı ve toksik maddelerin varlığı. Optimum koşullar altında, uygun sıcaklıkta ve yeterli miktarda yemle beslenen balıkların hem vücut uzunluğu hem de kütlesi artar. Öte yandan, toksik maddelerle kirlenmiş suda, örn. ağır metallerle beslenmesi balık büyümesini engelleyebilmektedir. Büyümenin inhibisyonu, metallerin balık larvaları üzerindeki toksik etkisinin en belirgin semptomlarından biridir. Bu nedenle balık vücut uzunluğu ve kütlesi çevresel koşulların göstergeleridir (Jina ve Empire, 2010).

Ağır metal kontaminasyonu, alıcı ortamın çevre dengesi ve çeşitli su organizmaları üzerinde yıkıcı etkilere sahip olabilir. Hayvan türleri arasında balıklar bu kirleticilerin

zararlı etkilerinden kaçamayan canlılardır. Balıklar, sucul ekosistemlerin sağlığını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü kirleticiler besin zincirinde birikmektedir ve su sistemlerindeki olumsuz etkilerinden dolayı sucul canlıların ölümden sorumludur (Tablo 1.2). Ağır metaller genellikle su ortamına atmosferik birikim, jeolojik matrisin erozyonu veya endüstriyel atıklar, evsel kanalizasyon ve maden atıklarının neden olduğu antropojenik faaliyetler nedeniyle girer. Sucul sistemlerdeki metal kirleticiler genellikle ya çözünür ya da süspansiyon halinde kalırlar ve sonunda dibe çökme eğilimi gösterirler ya da organizmalar tarafından alınırlar. Bu metallerin deniz canlılarının çeşitli organlarında ilerleyici ve geri dönüşü olmayan bir şekilde birikmesi, toksisiteleri nedeniyle uzun vadede metalle ilgili hastalıklara yol açmakta ve böylece sucul biyota ve diğer organizmaları tehlikeye atmaktadır. Besin zincirindeki ana su organizmalarından biri olan balıklar, genellikle büyük miktarlarda belirli metalleri biriktirebilir (Baby ve ark., 2010).

Tablo 1.2. Balıklarda ağır metallerin bazı tayin çalışmaları (Jina ve Empire, 2010)

Metal/Metaloid	Deniz Suyu	Temiz Su
Alüminyum	2,0	300,0
Antimon	0,2	0,2
Berilyum	0,006	0,3
Kadmiyum	0,1	0,1
Krom	0,3	1,0
Kobalt	0,02	0,2
Bakır	0,3	3,0
Kurşun	0,03	3,0
Manganez	0,2	8,0
Merkür	0,03	0,1
Molibden	10,0	0,5
Nikel	0,6	0,5
Gümüş	0,04	0,3
Teneke	0,004	0,009
Uranyum	3,0	0,4
Vanadyum	2,5	0,5
Çinko	5,0	15,0

Abu Helal ve ark. (2008), Kuzey Körfezi'ndeki on bir balık türü üzerinde ağır metallerin (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonları ile ilgili olarak;

Tablo 2.2.'nin devamı

Cd: Balığın karaciğer, mide ve solungaç gibi başlıca organ dokularında birikir. Co: Solungaçlarda (11.0) ve midede (5.0) en yüksek, kasta daha düşüktür (3,0 $\mu\text{g g}^{-1}$).

Cr: Solungaçlarda (13,8 $\mu\text{g g}^{-1}$) yüksek konsantrasyonlar bulunurken, kaslarda (3,8) ve karaciğerlerde (4,9) değerler daha düşüktür.

Cu: Solungaçlarda (4,3), gonadlarda (5,5), karaciğerde (19,1) ve midede (7,6) bulunanlara kıyasla kaslarda (1,1 $\mu\text{g g}^{-1}$) nispeten düşük konsantrasyonlarda Cu bulunmuşlardır.

Fe: Karaciğerde daha yüksek konsantrasyonlar ve kasta daha düşük konsantrasyonlar mevcut olduğunu bildirmişlerdir.

Mn: En düşük konsantrasyon kasta ve en yüksek Ni ve Pb konsantrasyonları solungaçlarda bulunduğu sonuçlarına varmışlardır (Jina ve Empire, 2010).

1.1.2.2. Ağır metallerin balıklar üzerindeki etkileri

Endüstrinin gelişmesi ve suya kimyasalların bırakılması sonucu suda biriken ağır metaller ayrışmaya karşı dirençlidir ve miktarı insan besin zincirlerinden biri olan balıklarda birikir. Balık ve diğer deniz ürünleri, suda yaşamının bir sonucu olarak her zaman bazı ağır metaller içerir. Balıklardaki insan aktivitesine bağlı olarak ağır metallerin doğal konsantrasyonu ile ağır metaller arasındaki oran, elementten elemente değişir. Bu oran, henüz insan faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilikten etkilenmeyen açık denizlerde balıkların sadece normal miktarda ağır metal konsantrasyonuna sahip olduğu ifade edilebilir. Suyun dünya okyanuslarıyla yeterince değiş tokuş etmediği kirliliğin olduğu bölgelerde, haliçlerde, nehirlerde ve özellikle endüstriyel faaliyetlere yakın yerlerde ağır metal konsantrasyonu normalden çok daha yüksektir. Balıklar ve diğer suda yaşayan hayvanlar, solungaçlarından geçen suyun yanı sıra yiyeceklerinden de ağır metalleri emer. Ağır metallerin emilimi genellikle yenen miktara ve yiyecek veya avdaki ağır metal miktarına bağlıdır. Fitoplankton yoğunluğunun yüksek olduğu deniz alanlarında, fitoplankton miktarının daha düşük olduğu bölgelere göre daha büyük ve daha yaşlı balıklarda bu elementlerin yüksek konsantrasyonlarına yol açtığı bulunmuştur. Ağır metallerin birikmesi uzun zaman alır ve sonuç olarak bu metallerin büyük bir kısmı büyük balıklarda birikir. Bazı balık türleri, özellikle de genellikle daha uzun ömürlü olan yırtıcı türler, çeşitli organlarında daha yüksek miktarda ağır metal biriktirir. Bu zamana bağlı ağır metallerin

birikmesi, akvaryum balığı veya deniz kestanesi, Pasifik pisi balığı, ton balığı, köpekbalıkları, marlin, kılıç balığı ve diğer yırtıcı türler gibi büyük türlerde büyük miktarlarda ağır metallerin birikmesine yol açar. Balık kasında yüksek konsantrasyonlarda ağır metaller nadiren bulunur. Bu durum meydana geldiğinde, ortamda (kadmiyum ve cıva) gibi yüksek derecede kirlenme meydana geldiğini gösterir. Balıkların ağır metalleri depolamak ve detoksifiye etmek için kullandığı ana organlar arasında karaciğer, böbrekler ve kemikler bulunur (Vajargah, 2021).

Balık gibi suda yaşayan organizmalar kirleticileri doğrudan kontamine sudan dolaylı olarak besin zinciri yoluyla ağır metalleri biriktirir. Eser miktarda ağır metal içeren kimyasal gübrelerin uygulanması balıkların bu metallere etkilenmesine neden olur. Organofosforlu ya da klorlu pestisitlerin etkileri balıklarda kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve onaylanmıştır. Toksik maddelerin DNA'nın bütünlüğü ve işleyişi üzerindeki etkisi birçok organizmada tarla koşullarında araştırılmıştır. Genotoksik kirleticilere maruz kalmanın tespiti için araçlar olarak çeşitli biyobelirteçler kullanılmıştır. Bu tür biyobelirteçler, DNA eklentilerinin varlığını, kromozomal sapmaları, DNA zincir kırıklarını ve mikronükleus ölçümlerini içerir. Balıklarda eritrositler esas olarak genotoksik bileşiklere maruz kalmanın sentinel belirteçleri olarak kullanılır (Jina ve Empire, 2010).

1.1.2.3. Ağır metallerin Gastropodlar üzerindeki etkileri

Dünyanın her yerinde yaygın dağılımları ve çok fazla türlerinin olmasından dolayı yumuşakçalar, dünyanın farklı su ve kara ekosistemlerinde önemli ekolojik roller oynarlar. Ekosistemlerdeki farklı trofik seviyelerde büyük miktarlarda biyokütleyle sahip oldukları için ekosistemin işleyişi için kilit rol oynarlar. Salyangoz türlerinin çoğu, balık gibi diğer organizmalar için yiyecek sağlayarak ve büyük miktarlarda detritus ve alg tüketerek su kalitesini iyileştirirler. Ayrıca tatlı sularda baskın bir rolleri vardır. Ağır metal, organizmanın vücudunun yumuşak dokularında ve kabuğunda birikir. Gastropodlar tarafından ağır metallerin biyobirikimi, su akışı, pH, tortu, tuzluluk ve diğer çevresel faktörlerden etkilenir (Srivastava ve Singh, 2020).

Elder ve Collins (1991), tatlı su yumuşakçaları, salyangozlar ve çift kabukluların hem organik hem de inorganik kirleticilerin biyo-indikatörü olarak yaygın olarak kullanıldığını bildirmiştir.

Salánki ve ark. (2003), salyangozların ve çift kabukluların biyo-izleme araştırmaları için diğer birçok tatlı su organizmasına göre iki önemli üstünlüğünün, büyük boyutları ve sınırlı hareketlilikleri olduğunu ve ek olarak, birçok tatlı su ortamında bol miktarda bulunduğunu ve bir şekilde toplanması ve tanımlanmasının kolay olduğunu bildirmiştir.

Salyangozlar ve çift kabuklular doğal sulardaki ağır metal konsantrasyonları için genellikle metallerin güçlü bir biyo-akmlatrleridir (Rzymiski ve ark., 2014). Sowa ve ark. (2019), tatlı su yumuşakçaları ile yapılan biyo-izleme çalışmalarının çok çeşitli türleri, metalleri ve ortamları kapsadığını ve bir tür içinde bile boyut, yaşam evresi, cinsiyet ve genotip gibi bireysel özelliklerin kirletici maddelere verilen tepkiler üzerinde dikkate değer etkileri olabileceğini bildirmiştir.

Metalin biyo-yararlanımı oldukça değişkendir ve pH'a, organik ligandların varlığına, su sertliğine ve diğer birçok kontrol edici faktöre bağlıdır (Olaniran ve ark., 2013). Stankovi ve ark. (2014), salyangozların kk vücut boyutları, sınırlı hareketlilikleri ve besin zincirindeki konumları nedeniyle üstün ekolojik göstergeler olarak kullanılabileceğini bildirmiştir. Salyangoz türlerinin çoğu, balık gibi diğer organizmalar için yiyecek sağlayarak ve büyük miktarlarda detritus ve alg tketererek su kalitesini artırarak tatlı sularda önemli bir rol oynar (Covich ve ark., 1999).

Pabian ve Brittingham (2007), asidik topraklarda salyangoz bolluğunun azalması nedeniyle orman ekosisteminde tc kuşların üremesinde bir düşüş olduğunu bildirmiştir. Amadi ve ark. (2020), salyangozların pestisitler ve ağır metaller gibi çevrelerinde dağılan kirleticilerin büyük bir kısmına karşı hassas olduklarını bildirmiştir. Kirli alanlardan toplanan salyangozların enine kesitleri üzerinde yapılan saha çalışmaları, kirletici maddelere kronik maruz kalmanın etkileri hakkında bilgi sağlayabilir. Bu nedenle, salyangozlarda hücresel biyo-kimyasal parametrelerin arazi koşullarında incelenmesi, vresel strese karşı duyarlılıklarını değerlendirme şansı verir (Amadi ve ark., 2020).

Authman ve ark. (2015), biyotadaki metallerin biyo-birikiminin hem alım hem de absorpsiyonunun bir fonksiyonu olduğunu bildirmiştir. Yumuşakalarda alım, iki vektör yoluyla olabilir: gıda ve diğer metal içeren maddelerin yutulması veya znm içeriğin doğrudan adsorpsiyonu yoluyla (Authman ve ark., 2015).1.1.3. Ağır metal ve insan sağlığı

Endüstriyel atıkların deşarjı nedeniyle sucul ekosistemlerde ağır metal kirliliği insan sağlığı için ciddi bir tehdit oluşturabilir (Rai, 2008).

Ağır metal toksisitesi, çeşitli sağlık riskleri ile ilişkili olduğu için büyük bir tehdit olduğunu kanıtlamıştır (Tablo 1.3). Bu metallerin insan vücudunda neredeyse hiçbir biyolojik rolü yoktur, ancak tam tersine toksik etkileri vücut sisteminin arızalanmasına neden olur. Bu elementler bazen vücutta meydana gelen metabolik süreçlere müdahale ederek vücudun sahte unsurları gibi davranabilir. Vücutta birikerek kronik hastalıklara neden olurlar. Halk sağlığını korumak için mesleki maruziyet, kazalar ve çevresel faktörler gibi çeşitli düzeylerde meydana gelen metal toksisitesini tedavi ederek kontrol altına almaya ve önlemeye yönelik tedbirler alınmıştır. Metal toksisitesi, alınan doza, yöntemine ve maruz kalma süresine bağlıdır (Shah, 2017).

Ağır metaller, insanların su ve gıda yoluyla bazı maruziyetlerinin kronik ve bazen de akut toksik zehirlenmelere yol açabileceği çevresel kirleticiler arasında yer almaktadır (Vajargah, 2021).

Ağır metal toksisitesi enerji seviyelerini düşürebilir ve beyin, akciğer, böbrek, karaciğer ve kan bileşimi ile diğer önemli organların işleyişine zarar verebilir (Tablo 1.4). Yüksek konsantrasyonlara uzun süreli maruz kalma, multipl skleroz, Parkinson, Alzheimer ve kas distrofisi gibi hastalıkları başlatan kademeli ve ilerleyici fiziksel, kas ve nörolojik dejeneratif süreçlere yol açar. Bazı metallere ve bileşiklerine tekrar tekrar uzun süreli maruz kalma kansere neden olabilir (Shah, 2017).

Tablo 1.3. Ağır metaller insan sağlığına etkileri (Güneş, 2020).

Ağır metal	EPA (ppm)	Toksik Etkisi
Ag	0,10	Cilt ve diğer dokularının gri rengini almasına, solunum problemlerine, akciğer ve boğaz tahrişine ve mide ağrısına sebep olabilir.
As	0,01	Oksidatif fosforilasyon ve ATP sentezi gibi temel hücrenel süreçleri etkiler
Cd	5,0	Kansere ve mutasyona sebep olur, akciğer ve kalsiyum regülasyonunu etkiler.
Cr	0,1	Saç dökülmesine sebep olur.
Cu	1,3	Beyin ve böbrek hasarına, karaciğer sirozuna, kronik anemi ve mide ve bağırsak tahrişine sebep olur.
Hg	2,0	Otoimmün hastalıkları, saç dökülmesi, depresyon, hafıza kaybı, uykusuzluk, beyin hasarı, akciğer ve böbrek yetmezliği şikayetlerine sebep olur.
Ni	0,2	Alerji temelli cilt hastalıklarına, akciğer kanserine, saç kaybına neden olur.

Tablo 3.3.'ün devamı

Pb	15,0	Çocuklarda gelişimin baskılanmasına, zeka geriliğine kısa süreli hafıza kaybına, öğrenme ve koordinasyonda yetersizliğe ve kalp damar rahatsızlıklarına sebep olur
Zn	0,5	Kronik yorgunluk ve vertigoya neden olur.
Ba	2,0	Kalp rahatsızlıklarına, solunum yetmezliğine, kas seğirmesi ve yüksek tansiyona sebep olur.
Se	0,6	Sindirim sistemi rahatsızlıklarına ve karaciğer hastalıklarına sebep olur.

Tablo 1.4. Ağır metallerin vücuttaki sistem ve organlar üzerindeki etkileri (Siegel, 2002)

Ağır metaller	Sistem/Organ	Ağır Metal Etkisi
Hg, Pb	Merkezi Sinir Sistemi	Beyinde tahribat, nörolojik fonksiyonların azalması
Cd	Böbrek	Glomerular tahribat
Hg, As	Üreme Sistemi	Çocuk düşürme
Pb, Cd, As	Kan Dolaşımı	Kan hücresi üretimi azalması, hafif anemi (kan eksikliği), anemi
Cd, As, Hg, Zn	Solunum Sistemi	Afnizem, hücre aralarındaki lifli bağ dokunun artması, bronşit etkileri, solunum yolları iltihabı
Cu		Akut zehirlenmeler
Hg, Cu	Beyin	Deformasyon
As	Karaciğer	Siroz
Cd	Akciğer	Kanser
As	Cilt	Kanser
Cd, Se, Zn	İskelet Sistemi	Osteomoloz, dişlerde çürüme, adale, eklem ağrıları
Cd, As	Kromozom	Kromozomal bozukluk

1.2. Tatlısu salyangozu (*Viviparus contectus*)

Viviparus contectus (*V. contectus*, nehir salyangozu), Gastropoda sınıfının Viviparidae familyası içinde yer alan, yarı saydam ve koyu yeşil renkte üzerinde kahverengi spiral bantlar bulunsuran kabuk yapısına sahip olan tatlı su salyangozu türüdür (Şekil 1.1). *V. contectus*, canlı gastropodların ortak bir grubudur ve birçok ülkede yaygındır. Lu ve ark. (2014), Viviparidae'nin dünya çapında yaygın olarak dağıldığını

(Avrupa, Avustralya, Amerika, Afrika, Asya ve Kuzey'in bazı bölgelerinde), ancak birçok Viviparidae türü olduğunu ve taksonomik kayıtlarda önemli boşluklar olduğunu bildirmiştir. 0 ile 20 m derinlikler arasında dağılım gösterirler ve solungaç solunumu yaparlar. Üreme ilkbahar mevsiminde kıyasal alanda gerçekleşir ve erkek bireyler dişi bireylerden küçüktür (Kutluyer Kocabaş ve Kocabaş, 2022).

V. contectus havuzlarda, göllerde, akarsularda, bataklıklarda ve diğer su kütlelerinde bulunur, detritusla ve suyu filtre ederek beslenir (Chiu ve ark., 2002). Yüksek miktarda protein, esansiyel amino asitler, taurin, kalsiyum, demir ve çinko içerdiğinden Çin'de gıda takviyesi olarak kullanılmaktadır (Cao ve Yao, 2005). Sos olarak, tenke kutularda veya taze pişirilmiş olarak birçok çeşit gıdaya işlenmektedir. Ayrıca *V. contectus*, Çin ve Kore'de karaciğer hastalıklarının ve alkol zehirlenmelerinin tedavisinde geleneksel bir ilaç olarak kullanılmaktadır. Son çalışmalar, aynı Viviparidae familyasından olan *C. chinensis* özlerinin, antikanser aktivite, yaralanmaya karşı kalp koruyucu etkiler ve in vivo hepatoprotektif etkiler gibi çeşitli farmakolojik etkiler sergilediğini göstermiştir (Fu ve Zhang, 2010; Cui ve Zhao, 1989; Jiang ve ark., 2013).



Şekil 1.1. *Viviparus contectus* (URL-1, 2022).

Özellikle Gastropodlar, her yerde bulunmaları, fizyolojileri, yaşam tarzları ve su kalitesine toleransları nedeniyle biyo-izleme çalışmalarında kullanılmıştır (Chukaeva ve Petrov, 2022). Bu nedenlerden dolayı, bizim çalışmamızda *V. contectus* ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi için seçilmiştir.



2. MATERYAL VE METOT

2.1. Su Örnekleme ve Su Kalitesinin Belirlenmesi

Çalışma, Manisa ilinde Köprübaşı ilçesinde Gediz Nehri üzerinde bulunan Demirköprü Baraj Gölü'nden (Şekil 2.1) belirlenen 3 istasyonda ($38^{\circ}39'39''-28^{\circ}20'53''$, $38^{\circ}41'17''-28^{\circ}22'38''$, $38^{\circ}28'07''-28^{\circ}19'59''$, Kuzey/Doğu) (Şekil 2.2) mevsimsel (sonbahar, kış, ilkbahar, yaz) (Şekil 2.3, 2.4, 2.5 ve 2.6) olarak yapılmıştır. Su örnekleri, belirlenen istasyonlardan 100 ml'lik steril şişelerle gölün uygun derinlikteki yerlerinden alınarak ve soğuk zincirle laboratuvara getirilmiştir. Örnek alımı esnasında göldeki pH, elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$), su sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), toplam çözünmüş madde (mg/L) ve çözünmüş oksijen (mg/L) derişimi YSI-Proplus marka multi parametre cihazı kullanılarak ölçülmüştür.



Şekil 2.1. Demirköprü Baraj Gölü (Orijina).



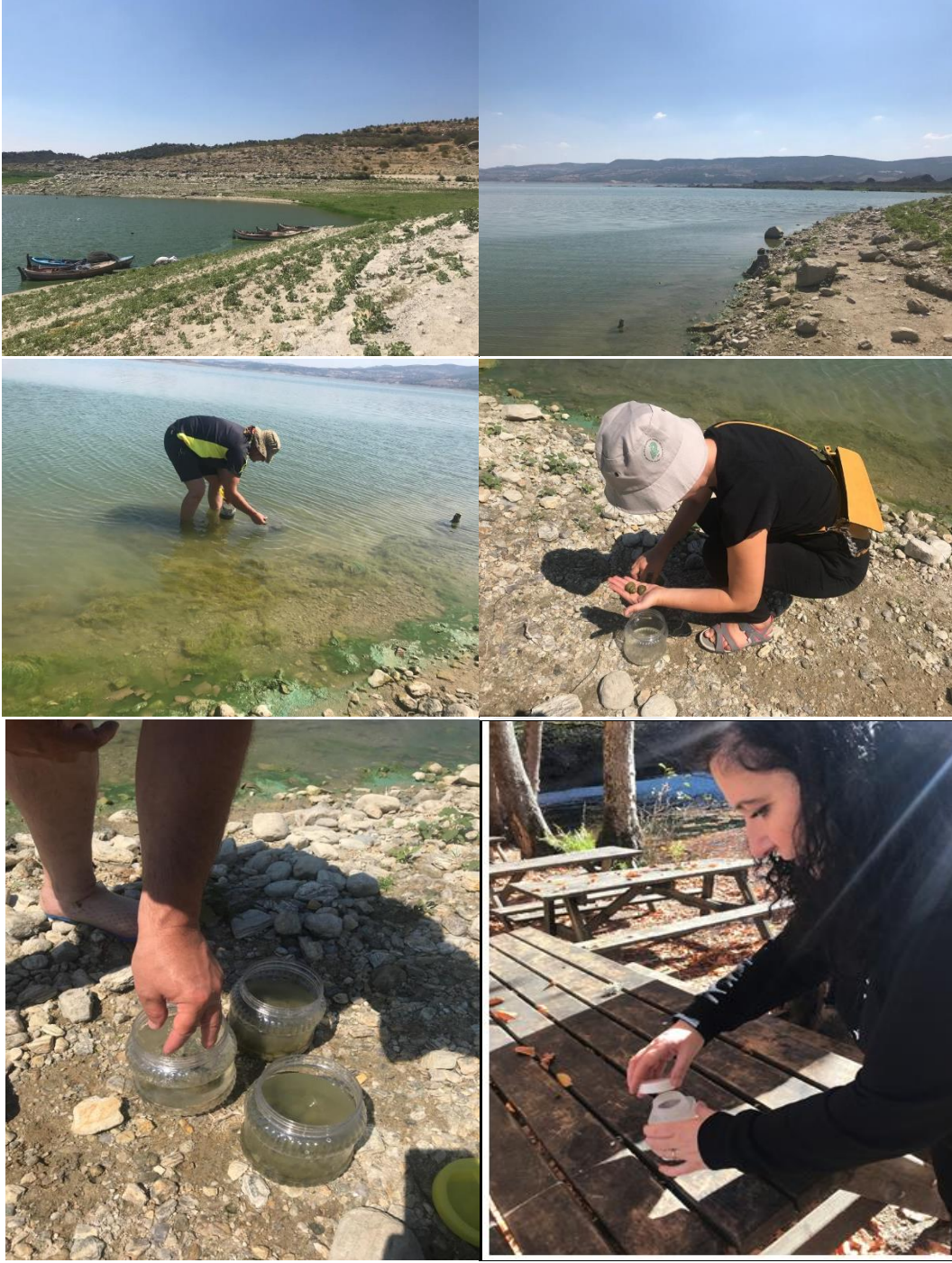
Şekil 2.3. Kış örnekleme (Orijinal).



Şekil 2.4. İlkbahar örnekleme (Orijinal).



Şekil 2.5. Yaz örneklemesi (Orijinal).

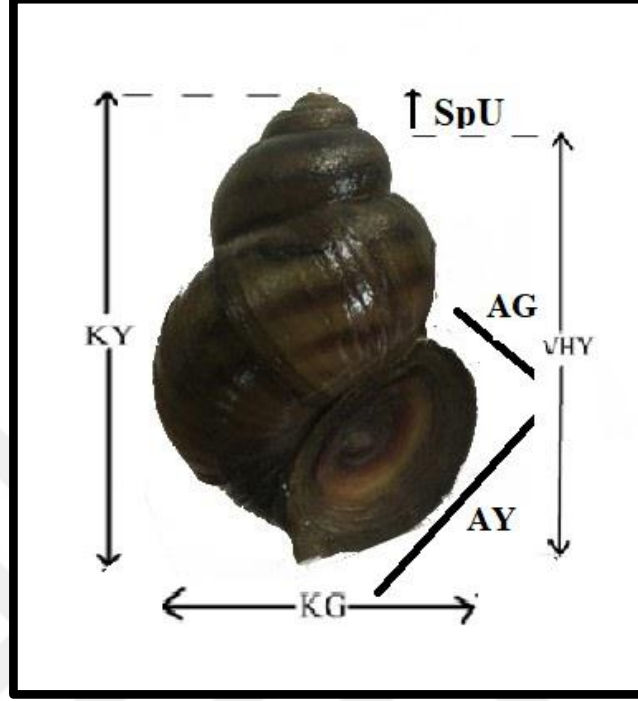


Şekil 2.6. Sonbahar örnekleme (Orijinal).

2.2. Tatlı su salyangozu (*V. contectus*) Örnekleme ve Morfometrik Ölçümler

Demirköprü Baraj Gölü'nden dört mevsimi temsil edecek şekilde toplanan tatlısu salyangozu örnekleri (30'ar adet) soğuk zincirle laboratuvara getirilmiş ve analiz zamanına kadar derin dondurucuda saklanmıştır. Toplam 120 adet bireye ait biyometrik ölçümler [Kabuk yüksekliği (KY), Kabuk genişliği (KG), Apertür yüksekliği (AY), Apertür

genisliği (AG), Vücut helezon yüksekliği (VHY) ve Spir yüksekliği (SpU)] yapılmıştır (şekil 2.7).



şekil 2.7. Biyometrik ölçümler; Kabuk yüksekliği (KY), Kabuk genişliği (KG), Apertür yüksekliği (AY), Apertür genişliği (AG), Vücut helezon yüksekliği (VHY) ve Spir yüksekliği (SpU). (Kutluyer Kocabaş ve Kocabaş, 2022).

Dijital kumpas (± 0.01 mm) ile kabuk ölçümleri (kabuk uzunluğu, kabuk yüksekliği, kabuk genişliği) (şekil 2.8), hassas terazi (± 0.001 g) ile ağırlık ölçümleri gerçekteştirilmiştir (şekil 2.9). Boy-ağırlık ilişkilerinin hesaplanmasında $W = a \cdot L^b$ formülü ve bu formülün logaritmik dönüşümü yapılmış hali ($\log(W) = a + b \cdot \log(L)$) kullanılmıştır.



Şekil 2.8. Kullanılan alet ekipmanlar (Dijital kumpas, hassas terazi, termometre ve YSI)



Şekil 2.9. Dijital kumpas ile tatlısu salyangozu ölçümü (Orijinal).

2.3. Ağır Metal Analizi

Su ve tatlı su salyangozu örneklerindeki ağır metal miktarları (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) analizleri için önce tatlı su salyangozlarının iç kısım tamamen çıkartılarak homojenize edilmiştir (Şekil). Örnekler homojenize edildikten sonra 5 gram numune porselen kapsüle alınarak üzerine (2 mg/g hesabıyla) magnezyum asetat (Merck, Art.5819) çözeltisi katılmış, önce 100°C'lik etüvde 3-4 saat kurutulmuş ve daha sonra 6-8 saat süreyle 500°C'lik külleştirme fırınında külleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Varian 820 MS Aurora M90 markalı ICP-MS cihazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.



Şekil 2.10. Tatlı su salyangozunun (*V. contectus*) ağır metal analizi için iç kısımlarının çıkarılması

2.4. Veri Analizi

Farklı istasyonlardan alınan su ve tatlısu salyangozu örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA), gruplar arası farklılıkların belirlenmesinde Duncan testi uygulanmıştır. Biyometrik parametreler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde regresyon analizi ile verilerin analizi ve işlenmesinde Excel® kullanılmıştır.



3. BULGULAR

3.1. Su Kalitesi

Mevsimsel sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH değişimleri değerlendirildiğinde, ortalama sıcaklık değerleri kış mevsiminde $9,14\pm 1,15^{\circ}\text{C}$, ilkbahar mevsiminde $14,30\pm 3,29^{\circ}\text{C}$, yaz mevsiminde $27,1\pm 1,25^{\circ}\text{C}$ ve sonbahar mevsiminde $22,5\pm 4,4^{\circ}\text{C}$; ortalama çözünmüş oksijen değerleri kış mevsiminde $7,69\pm 1,23$ mg/l, ilkbahar mevsiminde $8,05\pm 1,551$ mg/l, yaz mevsiminde $6,1\pm 2,4$ mg/l ve sonbahar mevsiminde $7,62\pm 3,5$ mg/l; ortalama pH değerleri kış mevsiminde $7,87\pm 0,45$; ilkbahar mevsiminde $8,28\pm 0,25$; yaz mevsiminde $8,11\pm 0,24$ ve sonbahar mevsiminde $8,25\pm 0,1$ olarak ölçülmüştür.

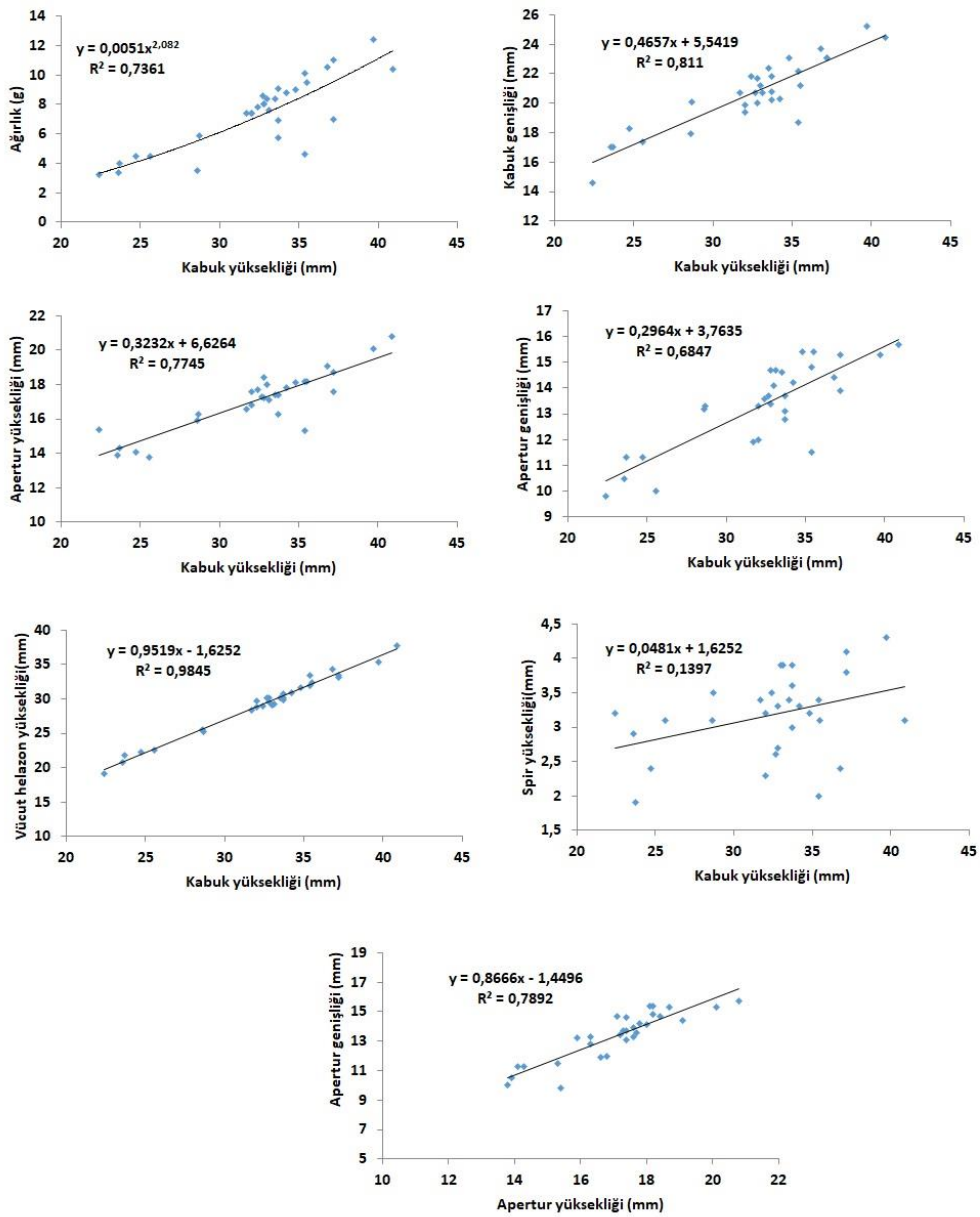
3.2. Tatlısu salyangozuna (*V. contectus*) Ait Morfometrik Ölçümler

Elde edilen tatlısu salyangozu örneklerinde kabuk yüksekliği, kabuk genişliği, apertür yüksekliği, apertür genişliği, spir yüksekliği, vücut helezon yüksekliği ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır (Tablo 3.1). Demirköprü Baraj Gölü'nden elde edilen *V. contectus* popülasyonundaki bireylere ait ortalama kabuk yüksekliği $29,93\pm 5,66$ mm, kabuk genişliği $19,63\pm 3,21$ mm, apertür yüksekliği $15,84\pm 2,42$ mm, apertür genişliği $12,40\pm 1,97$ mm, spir yüksekliği $2,96\pm 0,83$ mm, vücut helezon yüksekliği $26,98\pm 5,17$ mm ve ağırlığı $6,76\pm 2,92$ g olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.1. Mevsimlere göre tatlısu salyangozu (*Viviparus contectus*)’na ait biyometrik ölçümler

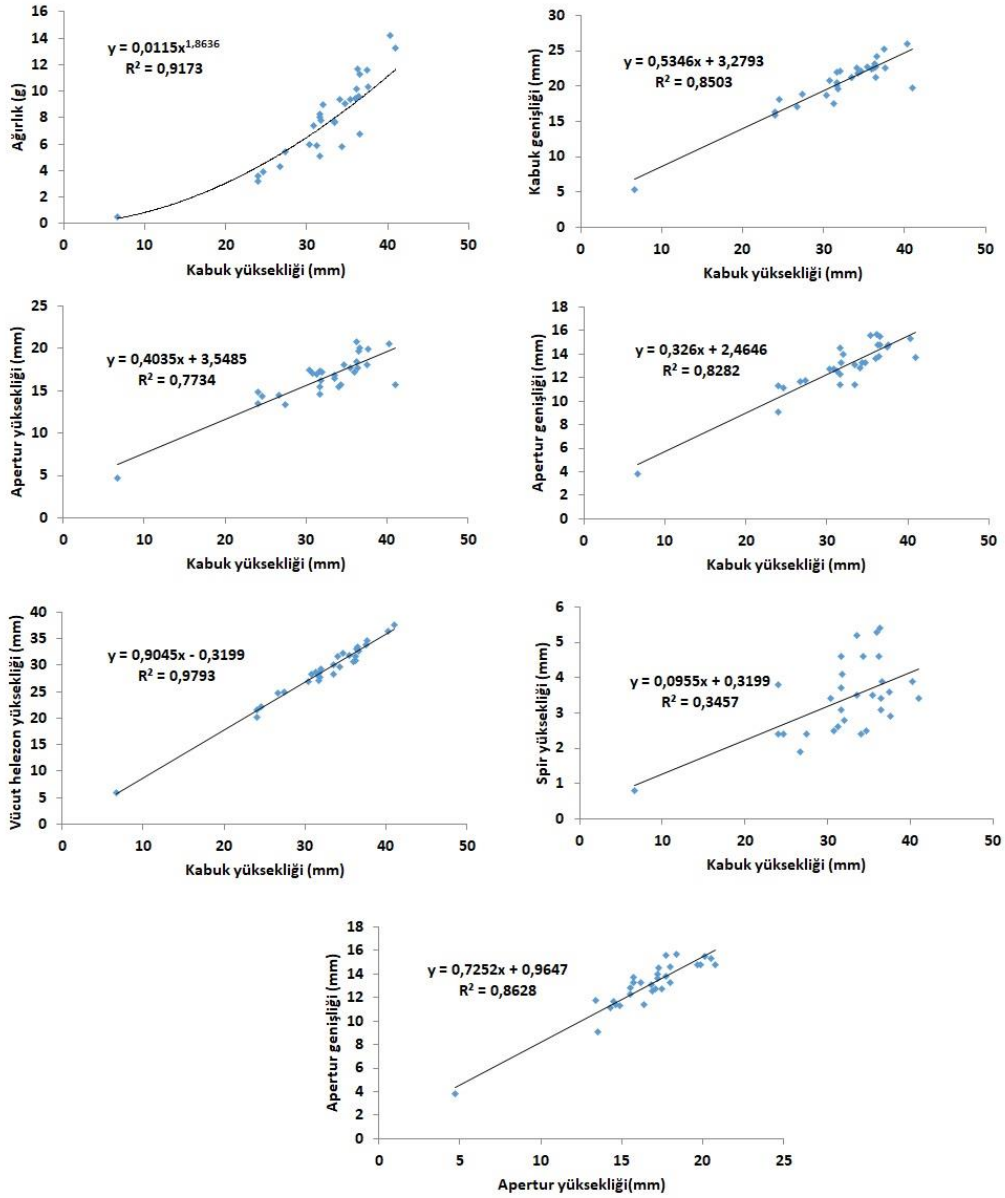
Mevsim		N	Toplam	Uzunluk	Genişlik	Apertur	Apertur	Spir	Vücut Helezon
		(adet)	ağırlık (g)	(mm)	(mm)	uzunluğu (mm)	genişliği (mm)	yüksekliği (mm)	Yüksekliği (mm)
Kış	Min.	30	3,2	22,4	14,6	13,8	9,8	1,9	19,20
	Maks.	30	12,4	40,9	25,2	20,8	15,7	4,3	37,90
	Ort.	30	7,43±2,43	32,38±4,63	20,62±2,4	13,36±1,66	13,36±1,66	3,18±0,6	29,20±4,45
İlkbahar	Min.	30	0,5	6,7	5,3	4,70	3,8	0,8	5,90
	Maks.	30	14,2	41,0	26,0	20,8	15,7	5,4	37,60
	Ort.	30	7,86±3,13	32,16±6,52	20,47±3,78	16,52±2,99	12,95±2,34	3,39±1,06	28,77±5,96
Yaz	Min.	30	0,55	12,00	8,90	7,90	6,70	1,20	10,40
	Maks.	30	10,72	38,70	25,80	20,70	16,40	4,40	34,90
	Ort.	30	5,17±2,54	27,83±6,17	18,56±3,77	15,27±2,69	12,04±2,15	2,90±0,77	24,93±5,62
Sonbahar	Min.	30	2,02	19,80	13,80	11,80	7,80	1,20	17,70
	Maks.	30	16,66	37,70	23,70	20,10	14,40	4,10	33,60
	Ort.	30	7,06±2,88	28,69±3,98	19,35±2,36	15,04±1,62	11,72±1,34	2,56±0,67	26,12±3,57
Toplam	Min.	120	0,50	6,70	5,30	4,70	3,80	0,80	5,90
	Maks.	120	16,66	41,00	26,00	20,80	16,40	5,40	37,80
	Ort.	120	6,76±2,92	29,93±5,66	19,63±3,21	15,84±2,42	12,40±1,97	2,96±0,83	26,98±5,17

V. *contectus* bireylerinin kış mevsimine ait lineer regresyon analizi ile belirlenen boy-ağırlık ilişkileri Şekil 3.1’de verilmiştir. Elde edilen bireylere ait kabuk uzunluğu ve toplam ağırlık arasındaki ilişki $W = 0,0051xL^{2,082}$, korelasyon katsayısı (r) ise 0,7361 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kabuk yüksekliği-kabuk genişliği (r=0,811), kabuk yüksekliği-apertur yüksekliği (r=0,7745), kabuk yüksekliği-apertur genişliği (r=0,6847), apertur yüksekliği-apertur genişliği (r=0,7892), kabuk yüksekliği-spir yüksekliği (r=0,1397) ile kabuk yüksekliği-vücut helezon yüksekliği (r=0,9845) arasında korelasyon tespit edilmiştir.



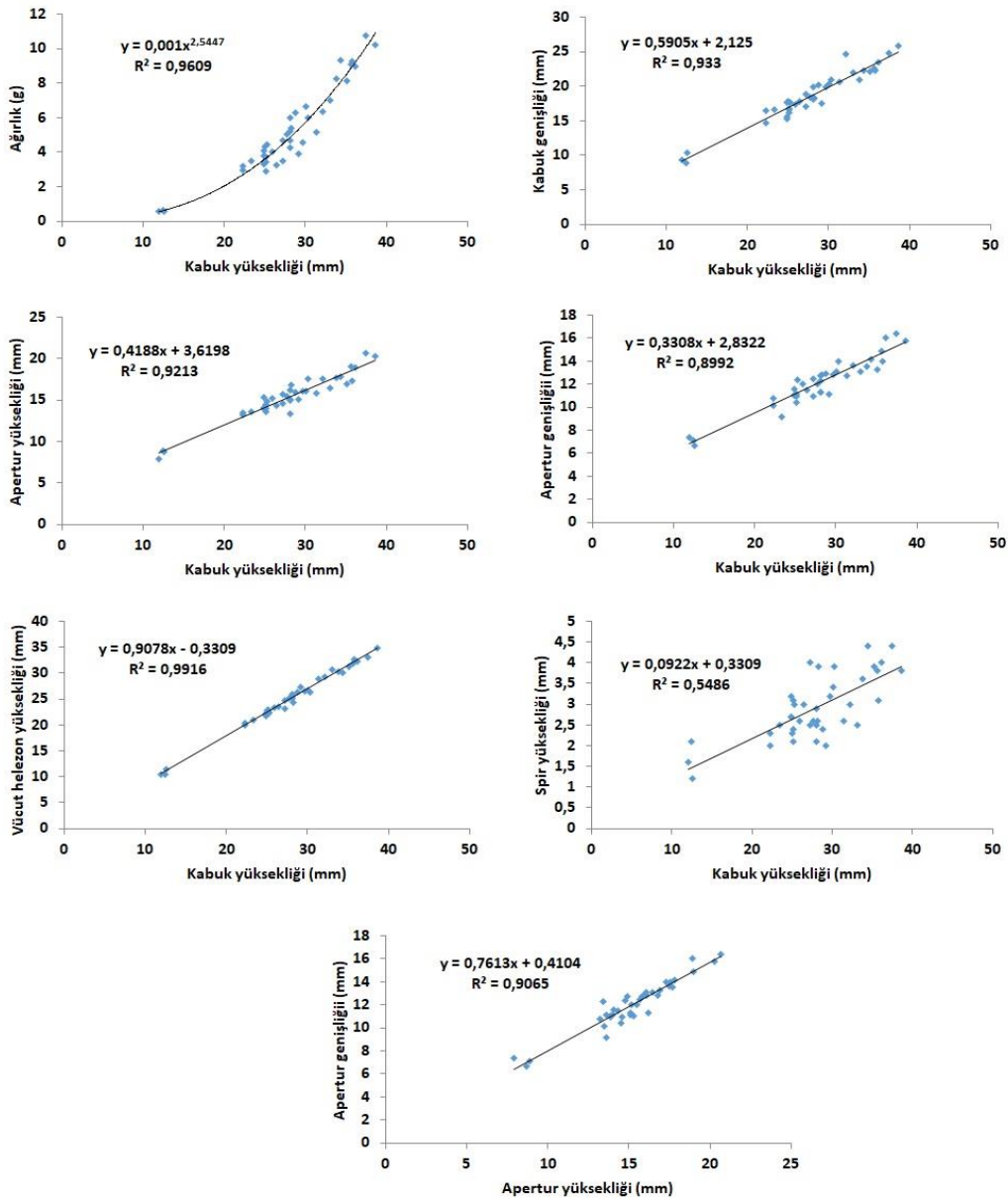
Şekil 3.1. V. *contectus* bireylerinin kış mevsimine ait biyometrik parametreler arasındaki korelasyon.

V. *contectus* bireylerinin ilkbahar mevsimine ait lineer regresyon analizi ile belirlenen boy-ağırlık ilişkileri Şekil 3.2’de verilmiştir. Elde edilen bireylere ait kabuk uzunluğu ve toplam ağırlık arasındaki ilişki $W = 0,0115xL^{1,8636}$, korelasyon katsayısı (r) ise 0,9173 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kabuk yüksekliği-kabuk genişliği ($r=0,8503$), kabuk yüksekliği-apertur yüksekliği ($r=0,7734$), kabuk yüksekliği-apertur genişliği ($r=0,8282$), apertur yüksekliği-apertur genişliği ($r=0,8628$), kabuk yüksekliği-spir yüksekliği ($r=0,3457$) ile kabuk yüksekliği-vücut helezon yüksekliği ($r=0,9793$) arasında korelasyon tespit edilmiştir.



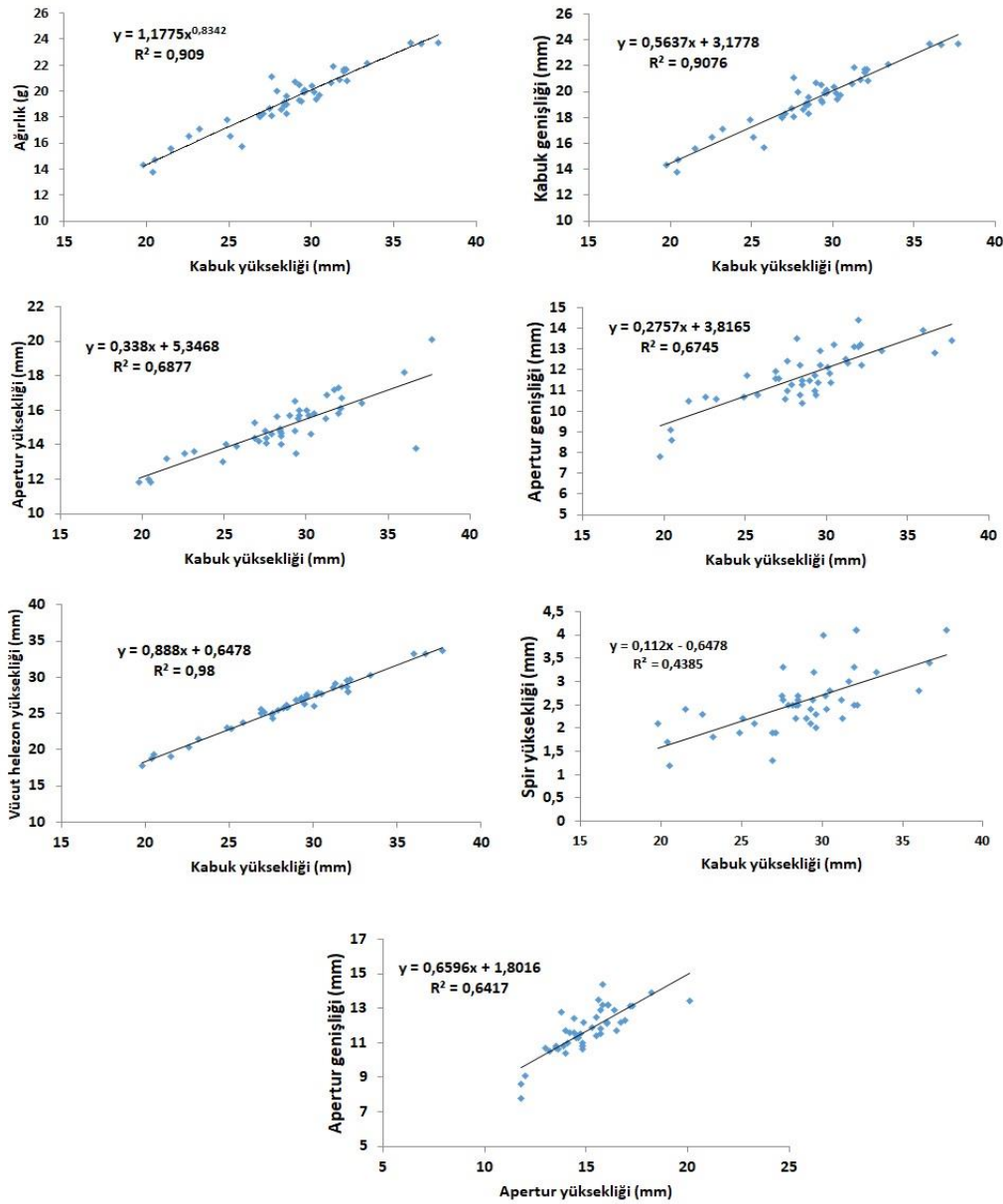
Şekil 3.2. V. *contectus* bireylerinin ilkbahar mevsimine ait biyometrik parametreler arasındaki korelasyon.

V. *contectus* bireylerinin yaz mevsimine ait lineer regresyon analizi ile belirlenen boy-ağırlık ilişkileri Şekil 3.3'te verilmiştir. Elde edilen bireylere ait kabuk uzunluğu ve toplam ağırlık arasındaki ilişki $W = 0,001xL^{2,5447}$, korelasyon katsayısı (r) ise 0,9609 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kabuk yüksekliği-kabuk genişliği ($r=0,933$), kabuk yüksekliği-apertur yüksekliği ($r=0,9213$), apertur yüksekliği-apertur genişliği ($r=0,9065$) kabuk yüksekliği-apertur genişliği ($r=0,8992$), kabuk yüksekliği-spir yüksekliği ($r=0,5486$) ile kabuk yüksekliği-vücut helezon yüksekliği ($r=0,9916$) arasında korelasyon tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. V. *contectus* bireylerinin yaz mevsimine ait biyometrik parametreler arasındaki korelasyon.

V. *contectus* bireylerinin sonbahar mevsimine ait lineer regresyon analizi ile belirlenen boy-ağırlık ilişkileri Şekil 3.4'te verilmiştir. Elde edilen bireylere ait kabuk uzunluğu ve toplam ağırlık arasındaki ilişki $W = 1,1775xL^{0,8342}$, korelasyon katsayısı (r) ise 0,909 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kabuk yüksekliği-kabuk genişliği ($r=0,9076$), kabuk yüksekliği-apertur yüksekliği ($r=0,6877$), apertur yüksekliği-apertur genişliği ($r=0,6415$) kabuk yüksekliği-apertur genişliği ($r=0,6745$), kabuk yüksekliği-spir yüksekliği ($r=0,4385$) ile kabuk yüksekliği-vücut helezon yüksekliği arasında ($r=0,98$) korelasyon olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.4. V. *contectus* bireylerinin sonbahar mevsimine ait biyometrik parametreler arasındaki korelasyon.

3.3. Ağır Metal Analizine Ait Bulgular

Farklı istasyonlardan toplanan *V. contectus* türünün numunelerinde tespit edilen mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları Tablo 3.2'de sunulmaktadır.

Tablo 3.2. Farklı istasyonlardan toplanan *V. contectus* türünün numunelerinde tespit edilen mevsimsel ortalama ağır metal konsantrasyonları

Su örnekleri (µg/l)						
Ağır metal	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	F değeri	P değeri
Cd	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	*	*
As	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	*	*
Cr	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	*	*
Cu	<7,4	<7,4	<7,4	<7,4	*	*
Pb	106,00±1,00 ^a	104,67±3,06 ^a	125,67±36,94 ^a	105,67±8,33 ^a	0,852	0,504
Zn	<0,94	<0,94	<0,94	<0,94	*	*
Tatlısu salyangozu örnekleri (µg/g)						
Cd	TSA	0,08±0,14	0,12±0,20	TSA	*	*
As	0,30±0,12	TSA	0,12±0,20 ^a	TSA	*	*
Cr	0,33±0,33	TSA	TSA	TSA	*	*
Cu	42,27±21,11 ^a	24,33±14,41 ^{ab}	12,01±1,51 ^b	14,10±3,66 ^a	3,422	0,073
Pb	11,33±1,21 ^a	13,77±1,50 ^b	12,60±3,64 ^b	23,57±1,89 ^b	18,259	0,001
Zn	155,33±44,52 ^a	106,67±44,52 ^{ab}	88,67±2,89 ^b	97,00±7,00 ^a	3,836	0,057

*: TSA: Tayin sınırlarının altında. Aynı satırda aynı harfler arasında farklılık önemsizdir (p>0,05)"

Farklı istasyonlardan toplanan tatlısu salyangozlarında türünün numunelerinde tespit edilen mevsimsel ortalama ağır metal sonuçlarından elde edilen bulgulara göre; tatlısu salyangozlarında en fazla biriken ağır metalin Zn, su örneklerinde ise en fazla biriken ağır metal Pb olduğu belirlenmiştir. Tatlısu salyangozlarında ağır metal birikiminin mevsime bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir (p<0,05). Elde edilen bulgular sonucunda Pb dışındaki ağır metal konsantrasyonları, EPA, FAO ve Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre sınır düzeylerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Ağır metal birikimleri mevsimlere göre karşılaştırıldığında su örneklerinde Pb dışındaki ağır metal birikimleri tayin sınırları altında olduğu tespit edilmiştir. Pb birikimi mevsimlere göre karşılaştırıldığında farkın istatistiki olarak önemli olmadığı, en fazla birikimin ilkbahar mevsiminde olduğu bulunmuştur.

Tatlısu salyangozu örneklerinde ağır metal birikimleri karşılaştırıldıklarında, Pb ağır metalinin birikimi mevsimler arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Sonbahar mevsimindeki su örneklerinde ağır metal birikim sıralaması; $Pb=Cr=Zn=Cu=Cd=As$ olduğu belirlenmiştir. Aynı mevsimde tatlısu salyangozu örneklerinde ise sıralama ise $Zn > Cu > Pb > Cr > As > Cd$ olarak tespit edilmiştir.

Kış mevsimindeki su örneklerindeki ağır metal birikim sıralaması $Pb > Cr = Zn = Cu = Cd = As$, tatlısu salyangozu örneklerindeki ağır metal sıralaması ise $Zn > Cu > Pb > Cd > As = Cr$ olduğu belirlenmiştir.

İlkbahar mevsimindeki su örneklerindeki ağır metal birikim sıralaması $Pb > Cr = Zn = Cu = Cd = As$, tatlısu salyangozu örneklerindeki ağır metal sıralaması ise $Zn > Pb > Cu > Cd = As > Cr$ olduğu bulunmuştur.

Yaz mevsimindeki su örneklerinde ağır metal birikim sıralaması $Pb > Cr = Zn = Cu = Cd = As$, tatlısu salyangozu örneklerindeki ağır metal sıralaması ise $Zn > Pb > Cu > Cr = Pb = As$ olarak belirlenmiştir.

4. TARTIŞMA

Su ekosistemlerindeki ağır metal kirliliği, insan kaynaklı ve doğal süreçlerden kaynaklanmaktadır (Pandiyan ve ark., 2021). Tatlı su ekosistemleri, kentsel havzalar, gübreleme ve kağıt endüstrileri, madencilik, çöplükler, böcek ilaçları, tabakhaneler, piller ve emisyonlar yoluyla ağır metal kontaminasyonundan olumsuz etkilenir (Nriagu ve Pacyna, 1988; Ahluwalia ve Goyal, 2007; Sharley ve ark., 2016; Liess ve ark., 2017; Naveen ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2022). Sediment, bentik organizmalar ve balıklardaki metal seviyesi sudan nispeten yüksektir (Namminga ve Wilhm, 1976; Özmen ve ark., 2004; Pandiyan ve ark., 2021). Tür kompozisyonu genellikle akarsu ve göllerdeki kirlenmeden etkilenir (Liess ve ark., 2017).

Tatlısu yumuşakçalarının su kalitesinin değerlendirilmesinde biyoindikatör görevi görmesinin önemi, geçtiğimiz yıllarda yapılan çok sayıda bilimsel çalışmayla vurgulanmıştır (Glöer ve Meier-brook, 2003; Sturm 2005, 2007, 2012, 2013, 2016, 2018). Genel olarak, suda yaşayan yumuşakça topluluğunun çeşitliliği, pek çok fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametre tarafından belirlenir; bu nedenle, belirli bir ekosistemin zamansal ve yerel olarak sınırlı özgüllüğü olarak kabul edilebilir (Falkner, 1990; Baade, 1993; Fırına, 2007, 2012). Tatlı su habitatlarında kolonize olan gastropodlar ve çift kabuklular ile ilgili olarak, abiyotik ve biyotik parametrelere ilişkin türlerle ilgili tolerans eşikleri, genellikle dikkate değer tutarsızlıklarla karakterize edilir. Geçmişte bu durum, bu organizma grubunun geneli ve uzman olarak sınıflandırılmasına neden olmuştur (Glöer ve Meier-brook, 2003; Sturm, 2012). Birinci kategorinin temsilcileri, çeşitli ekolojik koşulların doğal veya yapay dalgalanmalarına karşı gelişmiş bir tolerans sergilerken, ikinci kategorinin temsilcileri, çevrelerindeki herhangi bir fiziksel ve kimyasal değişikliğe hızlı bir şekilde cevap verir ve bu sayede biyo-gösterge değerleri ek olarak artar. Bu tür uzmanların habitat gereksinimlerine ilişkin ayrıntılı bilgi birkaç açıdan önemli olabilir: Birincisi, su kalitesinin etkili bir şekilde değerlendirilmesi için yararlı bilgiler sağlar (Statzner ve Sperling, 1993) ve ikincisi, çeşitli yeniden doğallaştırma projeleri için önemli bir temel oluşturur (Osborne ve ark., 1993). Orta Avrupa'daki su habitatlarında kolonize olan tatlısu yumuşakçalarının dağılımı bu arada kapsamlı bir açıklamaya tabi tutulmuş olsa da (Turner ve ark., 1998; Glöer ve Meier-Brook, 2003), türlerin habitatları üzerindeki ekolojik istekleri ve özel tercihleri fiziksel ve kimyasal parametrelere ilişkin olarak açıklanmıştır.

Bir tehdit olarak, sulak alandaki ağır metal kirliliği, omurgasızları gıda alımı ve çözünmüş faz yoluyla olumsuz etkiler (Fisher ve Reinfelder, 1995; MacFarlane ve

Burchett, 2000; Pandiyan ve ark., 2021). Kirlilik çalışmalarında, çeşitli türlerin temel besin maddeleri olarak bentik organizmaları tüketmeleri nedeniyle potansiyel ekolojik göstergeler olarak omurgasızlar seçilir (Jones ve Walker 1979; Yılmaz 2005; Pandiyan ve Asokan, 2015; Pandiyan ve ark., 2021). Özellikle Gastropodlar, her yerde bulunmaları, fizyolojileri, yaşam tarzları ve su kalitesine toleransları nedeniyle biyo-izleme çalışmalarında kullanılmıştır (Chukaeva ve Petrov, 2022). Bu nedenlerden dolayı, bir çok çalışmada *V. contectus* türü ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesinde hedef tür olarak kullanılmaktadır.

Gastropodlarda biyometrik ölçümler ve ilişkilerin belirlenmesi, seksüel dimorfizm analizi, taksonomik tanımlamalar, popülasyonların karşılaştırılması ve kabuk yapısının detaylı olarak tanımlanması gibi çeşitli amaçlarla yapılmaktadır. Farklı morfometrik değişkenlerle ilgili dönüşüm denklemleri, balıkçılık biyolojisi ve popülasyon dinamiklerinin değerlendirilmesi, morfolojik ilişkilerin kurulmasında kullanılan matematiksel modellerde kullanılmaktadır (Vasconcelos ve ark., 2016). Biyokütlenin ve durum indekslerinin hesaplanmasında, popülasyonlar arasında yaşam öyküsünün belirlenmesi ve morfolojik karşılaştırmaların yapılmasında, stok değerlendirme modellerinde ağırlık-uzunluk ilişkileri kullanılmaktadır (Ricker, 1973; Anderson ve Gutreuter, 1983; Beyer, 1991; Pauly, 1993; Richter ve ark., 2000).

Ukrayna'da Tyna Nehri'nde yapılan bir çalışmada, Uvaeva ve Shcherbina (2017) 4.0-4.4 cm kabuk yüksekliğindeki bireylerin 14,5-17,4 g ağırlıkta, 2,7-3,0 cm kabuk yüksekliğindeki bireylerin 6,0-6,9 g ağırlıkta olduklarını bildirmişlerdir. Ukrayna'da Tyna Nehri'nde seksüel dimorfizmin kabuk morfolojisi üzerindeki ile ilgili yapılan bir çalışmada, Uvayeva ve ark. (2021) *V. viviparus* ve *V. contectus* türlerinin dişi ve erkek bireylerinde kabuk morfolojisinin farklılık gösterdiğini belirlemişler ve seksüel dimorfizmin 1-3 yaşındaki bireylerde görülmediğini bildirmişlerdir. Popülasyondaki +1 yaşındaki erkek ve dişi bireylere ait sırasıyla kabuk genişliği $16,4 \pm 0,1$ ve $18,1 \pm 0,2$ mm, kabuk yüksekliği $21,1 \pm 0,2$ ve $22,2 \pm 0,1$ mm, apertür genişliği $8,9 \pm 0,1$ ve $10,0 \pm 0,2$ mm ve apertür yüksekliği $12,0 \pm 0,2$ ve $13,1 \pm 0,1$ mm olarak belirlemişlerdir. Kutluyer Kocabaş ve Kocabaş (2022) Demirköprü Baraj Gölü'nden temin edilen *V. contectus* türünün bireylerine ait ortalama kabuk yüksekliği $20,23 \pm 5,16$ mm, kabuk genişliği $16,11 \pm 3,33$ mm, apertür yüksekliği $11,93 \pm 2,39$ mm, apertür genişliği $9,71 \pm 2,11$ mm, vücut helezon yüksekliği $15,71 \pm 3,87$ mm, spir yüksekliği $4,49 \pm 1,73$ mm ve ağırlığı $4,50 \pm 0,93$ g olarak bildirmiştir. Kutluyer Kocabaş ve ark. (2022) *V. contectus*'un kabuk uzunluğu, kabuk

genişliği, açıklık uzunluğu, açıklık yüksekliği, spiral yüksekliği, vücut sarmal yüksekliği ve ağırlığının ortalamasını sırasıyla $28,37\pm 9,48$, $17,27\pm 5,19$, $14,84\pm 4,22$, $10,87\pm 4,00$, $3,26\pm 1,09$, $25,12\pm 8,87$ ve $6,52\pm 3,87$ mm olarak belirlemiştir. Bu çalışmada önceki çalışmalara benzer olarak, Demirköprü Baraj Gölü'ndeki *V. contectus* türüne ait ortalama kabuk yüksekliği $29,93\pm 5,66$ mm, kabuk genişliği $19,63\pm 3,21$ mm, apertur yüksekliği $15,84\pm 2,42$ mm, apertur genişliği $12,40\pm 1,97$ mm, spir yüksekliği $2,96\pm 0,83$ mm, vücut helezon yüksekliği $26,98\pm 5,17$ mm ve ağırlığı $6,76\pm 2,92$ g olarak tespit edilmiştir.

Çeşitli abiyotik ve biyotik faktörlerden Gastropodlarda kabuk morfolojisi ve büyümesini etkiler. Özellikle, fizyolojik koşullar, habitat, büyüme gelişim sürecindeki farklılıklar, kabuklardaki kalsifikasyon mekanizmaları, morfometrik parametreler arasındaki ilişkilerinde değişikliklere neden olabilir. Bu nedenlerle, analiz edilen parametrelerin yorumlanması ve değerlendirilmesi yapılırken bu faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Vasconcelos ve ark., 2016). *Hexaplex trunculus* türünde yapılan bir çalışmada, Vasconcelos ve ark. (2016) kabuk uzunluğu, kabuk genişliği, açıklık uzunluğu, açıklık yüksekliği, spiral yüksekliği, vücut sarmal yüksekliği arasındaki ilişkilerde pozitif allometrilere olduğunu bildirmişlerdir. *V. contectus* türünde +1 yaşına ait erkek ve dişi bireylerde yapılan bir çalışmada, Uvayeva ve ark. (2021) sırasıyla VHS/KY oranını $0,49\pm 0,02$ ve $0,49\pm 0,01$, KG/KY oranını $0,76\pm 0,01$ ve $0,78\pm 0,02$, AG/KY oranını $0,50\pm 0,01$ ve $0,50\pm 0,01$, AY/KY oranını $0,61\pm 0,02$ ve $0,60\pm 0,01$ olarak belirlemişlerdir. Kutluyar Kocabaş ve Kocabaş (2022) *V. contectus* türünde kabuk yüksekliği-apertur yüksekliği ($r=0,884$), kabuk yüksekliği-kabuk genişliği ($r=0,904$), kabuk yüksekliği-vücut helezon yüksekliği ($r=0,922$), kabuk yüksekliği-apertur genişliği ($r=0,848$), apertur yüksekliği-apertur genişliği ($r=0,866$), kabuk yüksekliği-spir yüksekliği ($r=0,716$) ile kabuk yüksekliği ve toplam ağırlık arasında [$W= 0,4784 * L * 0,7468$, korelasyon katsayısı (r)= $0,919$] arasında kuvvetli bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Kutluyar Kocabaş ve ark. (2022) kabuk yüksekliği (KY), kabuk genişliği (KG), Apertur yüksekliği (AY) ve vücut sarmal yüksekliği (VHY) arasında güçlü bir ilişi olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada önceki çalışmalara benzer olarak, mevsimsel olarak morfometrik parametreler arasında pozitif bir ilişi olduğu belirlenmiştir.

Sudaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde *V. contectus* türünün kullanılması ile ilgili çalışmalar sınırlı olmasına rağmen farklı tatlısu salyangozu türlerinde ağır metal birikimiyle ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Vukařinović-Peřić ve ark. (2017) incelenen tüm metallerin (Pb hariç) konsantrasyonlarında *V. mamillatus* türünün farklı

dokuları arasında önemli farklılıklar olduğunu belirlemişlerdir. Korelasyon analizinin sonuçları, dokunaçlı başın Cd, Zn ve Fe için biyoizleme ajanı olarak kullanılabilceğini, Cd ve Zn için manto olarak kullanılabilceğini, ayağın ise çevresel Fe'yi yansıtabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca, farklı dokularda ve allometrik parametrelerde Pb, Cd, Cu ve Zn arasında önemli negatif korelasyonlar olduğunu, *V. mamillatus* tarafından metal birikiminin büyüme hızını etkileyebileceği tespit etmişlerdir. Ayrıca, *V. mamillatus*'un biyoizleme çalışmalarında biyoindikatör olarak kullanılabilceğini bildirmişlerdir. Yap ve ark. (2009), Malezya'daki kirli ve kirlenmemiş tatlısu ekosistemlerinden *Pomacea insularum* türünün operkulum ve ayaklarında düşük ağır metal konsantrasyonları rapor ederek, bu iki organın işlevsel olarak ana metal depolama veya metal detoksifiye edici organ olmadığını öne sürmüşlerdir. Yap ve Edward (2010) organizmaya metal transferinden dokunaçların sorumlu olduğu bildirmişlerdir. Bazı çalışmalar nispeten daha yüksek konsantrasyonlarda ağır metal biriktiren gastropodların daha düşük büyüme oranlarına ve dolayısıyla kabuk yüksekliği ve genişliği gibi allometrik parametrelerin daha düşük değerlerine sahip olduğunu rapor etmişlerdir (Leung ve ark., 2001; Yap ve Edward, 2010). Bu bağlamda, tatlı su gastropodlarının büyüme oranlarının sıcaklık, oksijen mevcudiyeti ve bunların etkileşimleri gibi birçok çevresel parametreye ve aynı zamanda avlanma ve rekabet gibi biyotik etkileşimlere de bağlı olduğunu belirtmişlerdir (Jakubik, 2012; Jakubik ve ark., 2014). Jurkiewicz-Karnkowska (2011), hem nehir kanalında hem de taşkın yatağı su kütlelerindeki *Lymnaea stagnalis*, *Viviparus viviparus* ve *Viviparus contectus* türlerinde, ağır metal konsantrasyonlarını (Cu, Zn, Mn, Fe, Pb, Cd) yumuşak doku ve kabuklarda analiz etmişler ve analiz edilen metallerin konsantrasyonları, taşkın yatağı su kütlelerinde veya bu habitat tipinde ve nehir kanalındaki benzerlerinde değerleri daha yüksek olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada tatlısu salyangozlarında en fazla biriken metal Zn, su örneklerinde ise en fazla biriken ağır metal Pb olarak belirlenmiş ve ağır metal birikiminin mevsime bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Bunun nedeni, Demirköprü Baraj Gölü'nün birçok kirletici unsurun etkisinde olan Gediz Nehri'nden beslenmesi ve sanayi kuruluşlarının atık suları olabilir. Barajı besleyen derenin her iki kıyısında ve baraj yakınlarında çok yoğun tarım ve hayvancılık faaliyetleri de bu şekilde bir sonucun çıkmasında etki etmiş olabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir yıl, dört mevsim boyunca yapılan örnekleme sonuçlarında, örneklemin yapıldığı Demirköprü Baraj Gölü'nde yağışların azalması, kuraklık ve su kullanımına bağlı olarak su seviyesinde aşırı azalmalar ve baraj yüzeyinde su seviyesinde aşırı çekilme olduğu belirlenmiştir. Sudaki çekilme, ortamda bulunan aktif olarak yer değiştiren ve sabit bir şekilde yaşamını sürdüren sucul organizmaların varlığı ile popülasyonları olumsuz etkilemektedir. Özellikle, kirlilik, suyun aşırı ısınması ve çekilmesi gibi faktörler çalışmada kullandığımız *V. contectus* gibi sabit bir noktada yaşamlarını sürdüren bentik omurgasızları olumsuz etkilemektedir. Bu türlerin baraj ortamından yok olması, suyu filtre ederek beslenmeleri nedeniyle ötrofikasyonun hızlanmasına neden olabilir. Ayrıca özellikle bu türle beslenen diğer canlıların ortamdan ya azalmasına ya da tamamen yok olmasında etkisi olabilir. Göldeki suyun bilinçsiz kullanımı ile ilgili önlemler alınmalı ve biyoindikatör bir tür olan *V. contectus* türü koruma altına alınmalı ve gölde biyo-izleme çalışmaları yapılmalıdır.

Demirköprü Baraj Gölü birçok kirletici unsurun etkisinde olan Gediz Nehri'nden beslenmektedir. Gediz Nehri'nin sanayi kuruluşları atık suları ile kanalizasyon sularını göle taşıdığı ve gölde kirliliğe neden olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgulara göre tatlısu salyangozlarında en fazla biriken metal Zn, su örneklerinde ise en fazla biriken ağır metal Pb olarak belirlenmiş ve ağır metal birikiminin mevsime bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre Pb dışındaki ağır metal konsantrasyonları EPA, FAO ve Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre sınır düzeylerin altında olduğu tespit edilmiştir. Biyo-izleme çalışmaları, ekosistemlerin varlığını sürdürebilmesi için rutin olarak gerçekleştirilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Ahluwalia, S.S., Goyal, D.,** 2007. Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater, *Bioresource Technology*, 98 (12): 2243-2257.
- Amadi, C.N., Frazzoli, C., Orisakwe, O.E.,** 2020. Sentinel species for biomonitoring and biosurveillance of environmental heavy metals in Nigeria, *Journal of Environmental Science and Health, Part C.*, 38(1):21-60.
- Anderson, R., Gutreuter, S.,** 1983. Length, weight, and associated structural indices. In Nielsen L. and Johnson D. (eds) *Fisheries techniques*. Bethesda, MD: American, *Fisheries Society*, 283–300.
- Authman, M.M.N., Zaki, M.S., Khallaf, E.A., Abbas, H.H.,** 2015. Use of Fish as Bio-indicator of the Effects of Heavy Metals Pollution, *Journal of Aquaculture Research and Development*, 6:4.
- BAADE, H.,** 1993. Die Molluskenfauna des Stadtgebietes von Altenburg/Thüringen, *Mauritiana* 14: 55-91.
- Baby, J., Raj, J.S., BIBY, E.T., Sankarganesh, P., Jeevitha, M.V., Ajisha, S.U., Rajan, S.S.,** 2010. Toxic effect of heavy metals on aquatic environment, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*,4(4): 939-952.
- Beyer, J.E.,** 1991. On length-weight relationships: Part 2: computing mean weights from length statistics, *Fishbyte*, 9: 50-54.
- Blagojevic, N.Z., Vukasinovic-Pesic, V.L., Grudic, V.V., Pesic, V.M.,** 2014. Endemic Freshwater Snails as an Environmental Indicator of Metal Pollution of the Zeta River, Montenegro, *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 15(1): 210-216.
- Cao, M., Yao, X.,** 2005. Study on extraction technology of taurine from *Cipangopaludina chinensis*, *Journal Yang University*, 2: 84-87
- Chiu, Y.W., Chen, H.C., Lee, S.C., Chen, C.A.,** 2002. Morphometric analysis of shell and operculum variations in the viviparid snail, *Cipangopaludina chinensis* (Mollusca: Gastropoda), in Taiwan, *Zoological Studies*, 41(3): 321-331.
- Chukaeva, M., Petrov, D.,** 2022. Assessment and analysis of metal bioaccumulation in freshwater gastropods of urban river habitats, Saint Petersburg (Russia), *Environmental Science and Pollution Research*,
- Covich, A.P., Palmer, M.A., Crowl, T.A.,** 1999. The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems: zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling, *BioScience*, 49(2): 119-127.
- Cui, R., Zhao, C.,** 1989. Preliminary study on the pharmacological functions of polysaccharides from three mollusca species, *Journal Yunnan University*, 3:172-174.

- Deb, S.C., Fukushima, T.,** 2007. Metals in aquatic ecosystems: mechanisms of uptake, accumulation and release-Ecotoxicological perspectives, *International Journal of Environmental Studies*, 56(3): 385-417.
- Elder, J.F., Collins, J.J.,** 1991. Freshwater molluscs as indicators of bioavailability and toxicity of metals in surface-water systems. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 122:37-79.
- Gawad, S.S.A.,** 2018. Acute toxicity of some heavy metals to the fresh water snail, *Theodoxus niloticus* (Reeve, 1856), *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44: 83-87.
- Gerhardt, A.,** 1993. Review of Impact of Heavy Metals on Stream Invertebrates With Special Emphasis on Acid Conditions, *Water Air and Soil Pollution*, 66: 289-314.
- Glöer, P., Meier-Brook C.,** 2003. Süßwassermollusken, *Hamburg (Deutscher Jugendbund Für Naturbeobachtungen*, 138.
- Güneş, E.,** 2020. Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri ve Biyolojik Temelli Ortamdan Uzaklaştırılma Yöntemleri. *Bezelye Dergi*. <https://www.bezelyedergi.net/post/ağır-metallerin-i-nsan-sağlığına-etkileri-ve-biyolojik-temelli-ortamdan-uzaklaştırılma-yöntemleri>.
- Falkner, G.,** 1990. Vorschlag für eine Neufassung der Roten Listen der in Bayern vorkommenden Mollusken, *Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz*, 97: 61-112.
- Fatima, M., Usmani, N., Hossain M.M.,** 2014. Heavy Metal in Aquatic Ecosystem Emphasizing its Effect on Tissue Bioaccumulation and Histopathology: A Review, *Journal of Environmental Science and Technology*, 7 (1): 1-15.
- Fu, J.F., Zhang, R.B.,** 2010. Study on inhibitive effect of polysaccharide from *Cipangopaludina chinensis* gray on Hela cells in vitro, *Chinese Journal of Primary Medicine and Pharmacy*, 22: 3057-3058.
- Jakubik, B.,** 2012. Life strategies of Viviparidae (Gastropoda: Caenogastropoda: Architaenioglossa) in various aquatic habitats: *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) and *V. contectus* (Millet, 1813), *Folia Malacologica*, 20: 145-179.
- Jakubik, B., Koperski, P., Lewandowski, K.,** 2014. Diversity of molluska in lowland river-like system: lentic versus lotic patches, *Polish Journal of Ecology*, 62(2): 335-348.
- Jiang, C., Jiao, Y., Chen, X., Li, X., Yan, W., Yu, B., Xiong, Q.,** 2013. Preliminary characterization and potential hepatoprotective effect of polysaccharides from *Cipangopaludina chinensis*, *Food and Chemical Toxicology*, 59:18-25
- Jina, H., Empire, A.,** 2010. The Effects of Heavy Metals on Aquatic Animals, *The 1 International Applied Geological Congress Department of Geology, Islamic Azad University*, 688-694.

- Jurkiewicz-Karnkowska, E.**, 2011. Accumulation of heavy metals in selected gastropod species: lower Bug River and its floodplain water bodies, *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* *Jornal de Pediatria*, 3(48): 316-323
- Kader, A.A., Osman, G.Y., Mohamed, A.H.i Gharieb, M.M., Ismail, N.M.M., Abdel-Motleb, A.**, 2016. Bioaccumulation of heavy metals in freshwater snails in relation to lining of water courses in Egypt, *Journal of Bioscience and Applied Research*, 2(8): 561-573.
- Kutluyer Kocabaş, F., Kocabaş, M.**, 2022. Demirköprü Baraj Gölü'nde ilk *Viviparus contectus* (Millet, 1813) kaydı ve bazı biyometrik parametrelerinin değerlendirilmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25 (1): 263-269.
- Kutluyer Kocabas, F., Kocabas, M., Akca, A.**, 2022. Morphometric parameters comparison of *Viviparus contectus* (Millet, 1813) in Demirköprü Dam Lake, Turkey using multivariate statistical methods, *Sustainable Aquatic Research*, 1(2): 126-132.
- Leung, K.M.Y., Grist, E.P.M., Morley, N.J., Morritt, D., Crane, M.**, 2007. Chronic toxicity of tributyltin to development of the european freshwater snail *Lymnaea stagnalis* (L.), *Chemosphere*, 66: 1358-1366.
- Liess, M., Gerner, N.V., Kefford, B.J.**, 2017. Metal toxicity affects predatory stream invertebrates less than other functional feeding groups, *Environmental Pollution*, 227: 505-512
- Lone, M.I., He, Z.L., Stoffella, P.J., Yang, X.E.**, 2008. Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: Progress and perspectives. *Journal of Zhejiang University Science*, B9: 210-220.
- Lu, H.F., Du, L.N., Li, Z.Q., Chen, X.Y., Yang, J.X.**, 2014. Morphological analysis of the Chinese *Cipangopaludina* species (Gastropoda; Caenogastropoda: Viviparidae), *Zoological Research*, 35(6): 510-527.
- Mahmoud, K.M.A., Talep, H.M.A.**, 2013. Fresh water snails as bioindicator for some heavy metals in the aquatic environment. *African Journal of Ecology*, 51: 193-198.
- Namminga, H. N., Wilhm, J.**, 1976. Effects of high discharge and an oil refinery cleanup operation on heavy metals in water and sediments in Skeleton Creek, *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, 56:133-138.
- Naveen, B.P., Mahapatra, D.M., Sitharam, T.G., Sivapullaiah, P.V., Ramachandra, T.V.**, 2017. Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate, *Environmental Pollution*, 220: 1-12.
- Nriagu, J.O., Pacyna, J.M.**, 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals, *Nature*, 333: 134-139.
- Olaniran, A.O., Balgobind A., Pillay, B.**, 2013. Bioavailability of heavy metals in soil: impact on microbial biodegradation of organic compounds and possible improvement strategies, *International Journal of Molecular Sciences*, 14(5):10197–10228.

- Osborne L.L., Bayley, P.B., Higler, L.W.G., Statzner, B., Triska, F., Iversen, T.M.,** 1993. Restoration of lowland streams: an introduction, *Freshwater Biology*, 29: 187-194.
- Özmen, H., Külahçı, F., Çukurovalı, A., Doğru, M.,** 2004. Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar lake (Elazığ, Turkey), *Chemosphere*, 55: 401-408.
- Pabian, S.E., Brittingham, M.C.,** 2007. Terrestrial liming benefits birds in an acidified forest in the northeast, *Ecological Applications*, 17(8): 2184-2194.
- Pandiyan, J., Mahboob, S., Govindarajan, M., Al-Ghanim, K.A., Ahmed, Z., Al-Mulhm, N., Jagadheesan, R., Krishnappa, K.,** 2021. An assessment of level of heavy metals pollution in the water, sediment and aquatic organisms: A perspective of tackling environmental threats for food security, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28: 1218-1225.
- Pauly, D.,** 1993. Fishbyte section editorial, *Naga, The ICLARM Quarterly*, 16: 27-30.
- Rai, P.K.,** 2008. Heavy metal pollution in aquatic ecosystems and its phytoremediation using wetland plants: an ecosustainable approach, *National Library of Medicine*, 10(2): 131-58.
- Richter, H.C., Luckstadt, C., Focken, U., Becker, K.,** 2000. An improved procedure to assess fish condition on the basis of length-weight relationships, *Archive of Fishery and Marine Research*, 48: 255-264.
- Ricker, W.E.,** 1973. Linear regressions in fishery research, *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30: 409-434.
- Rzymiski, P., Niedzielski, P., Klimaszuk, P., Poniedziałek, B.,** 2014. Bioaccumulation of selected metals in bivalves (Unionidae) and *Phragmites australis* inhabiting a municipal water reservoir, *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(5): 3199-3212.
- Salánki, J., Anna, F., Kamardina, T., Rózsa, K.S.,** 2003. Molluscs in biological monitoring of water quality, *Toxicology Letters*, 140-141:403-410.
- Shah, A.I.,** 2017. Heavy Metal Impact on Aquatic Life and Human Health-An Over View, *IA's Contribution in Addressing Climate Change Annual Conference of the International Association for Impact Assessment*,
- Sharley, D.J., Sharp, S.M., Bourgues, S., Pettigrove, V.J.,** 2016. Detecting long-term temporal trends in sediment-bound trace metals from urbanised catchments, *Environmental Pollution*, 219: 705-713.
- Shuhaimi-Othman, M., Nur-Amalina, R., Nadzifah, Y.,** 2012. Toxicity of Metals to a Freshwater Snail, *Melanoides tuberculata*, *The Scientific World Journal*, 125785.
- Sigel, F.R.,** 2002. Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Metals, Springer Verlag Berlin Heidelberg, (V. B. GmbH, Dü.) Berlin, Almanya: Springer. 155-182.

- Sowa, A., Krodkiewska, M., Halabowski, D., Lewin, I.,** 2019. Response of the mollusk communities to environmental factors along an anthropogenic salinity gradient, *Springer Nature*, 106:60.
- Srivastava, A. K., Singh, V. K.,** 2020. Snails as biological monitor (bioindicator), *Asian Journal of Advances in Research*, 5(1): 6-12.
- Stankovic, S., Kalaba, P., Stankovic, A.R.,** 2014. Biota as toxic metal indicators, *Environmental Chemistry Letters*, 12: 63-84.
- Statzner, B., Sperling F.,** 1993. Potential contribution of system-specific knowledge (SSK) to stream-management decisions: ecological and economic aspects, *Freshwater Biology*, 29: 313-342.
- Sturm, R.,** 2005. Habitatsprüche der Süßwasserschnecke *Viviparus contectus* (Millet, 1813) (Gastropoda: Prosobranchia): theoretische Modellbildung und experimentelle Ergebnisse, *Malak. Abh.* 24: 19-27.
- Sturm, R.,** 2007. Freshwater molluscs in mountain lakes of the Eastern Alps (Austria): relationship between environmental variables and lake colonization, *Journal of Limnology*, 66: 160-169.
- Sturm, R.,** 2012. Aquatic molluscs in high mountain lakes of the Eastern Alps (Austria): Species-environment relationships and specific colonization behavior, *Chinese Journal of Oceanography and Limnology*, 30: 59-70.
- Sturm, R.,** 2013. Physico-chemical characteristics of habitats colonized by the pond snail *Radix labiata* (Gastropoda, Basommatophora, Lymnaeidae): a model approach, *Linzer Biologische Beitrage*, 45 (2): 2139-2147.
- Sturm, R.,** 2016. Modelling ecological specificities of freshwater molluscs: the exemplary case of *Bythinella austriaca* (v. FRAUENFELD, 1857) (Gastropoda, Prosobranchia), *Journal of Limnology*, 75: 626-633.
- Sturm, R.,** 2018. Zur Verbreitung der österreichischen Quellschnecke *Bythinella austriaca* (FRAUENFELD 1857) im Bundesland Salzburg (Gastropoda: Hydrobiidae), *Mitteilungen der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft*, 98: 1-8.
- Şah, S.B.,** 2021. Heavy Metals in the Marine Environment—An Overview, *SpringerBriefs in Earth Sciences*, 1-26
- Turner, H., Kuiper, J.G.J., Thew, N., Bernasconi, R., Rüetschi, J., Wüthrich, M., Gosteli, M.,** 1998. Fauna Helvetica II: Atlas der Mollusken der Schweiz und Liechtensteins, *Neuchatel (Schweizer Entomologische Gesellschaft)*, 527 S.,
- URL-1,** 2022. <https://eunis.eea.europa.eu/species/Viviparus%20contectus>.
- Uvaeva, E.I., Shcherbina, G.Kh.,** 2017. The role of *Viviparus contectus* (Millet) (Mollusca, Viviparidae) in the sedimentation of suspension and transformation of organic matter in the Tnya River (Ukraine), *Inland Water Biology*, 10(4): 415–418.

- Uvayeva, O., Vakaliuk, T., Shcherbina, G., Shimkovich, E.,** 2021. Sexual dimorphism in shell morphology of mollusks of the genus *Viviparus* – important objects of water resources of Ukraine. *E3S Web of Conferences*, 280: 10011.
- Vajargah, M.F.,** 2021. A Review on the Effects of Heavy Metals on Aquatic Animals, *Journal of Biomedical Research Environmental Sciences*,30; 2(9): 865-869.
- Vasconcelos, P., Barroso, C., Gaspar, M.,** 2016. Morphometric relationships and relative growth of *Hexaplex trunculus* and *Bolinus brandaris* (Gastropoda: Muricidae) from the Ria Formosa lagoon (southern Portugal), *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96(7): 1417-1425.
- Vukašinić-Pešić, V., Blagojević, N., Vukanović, S., Savić, A., Pešić, V.,** 2017. Heavy Metal concentrations in different tissues of the snail *Viviparus mamillatus* (Küster, 1852) from lacustrine and riverine environments in Montenegro, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17: 557-563.
- Vukašinić-Pešić, V., Pilarczyk, B., Miller, T., Rajkowska-Myśliwiec, M., Podlasińska, J., Tomza-Marciniak, A., Blagojević, N., Trubljanin, N., Zawal, A., Pešić, V.,** 2020. Toxic Elements and Mineral Content of Different Tissues of Endemic Edible Snails (*Helix vladika* and *H. secernenda*) of Montenegro, *Publisher of Open Access Journals*,9:731.
- Yap, C.K., Edvard, F.B., Pang, B.H., Ismail, A., Tan, S.G., Jambari, H.A.,** 2009. Distribution of heavy metal concentrations in the different soft tissues of the freshwater snail *Pomacea insularum* (D'Orbigny, 1839; Gastropoda), and sediments collected from polluted and unpolluted sites from Malaysia. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 91: 17-27.
- Yap, C.K., Edward, F.B.,** 2010. Distribution of heavy metals in the different parts of *Cerithidea obtusa* and the relationships between metal distribution and allometric parameters of the snail, *Environment Asia*, 3: 38-48.
- Yüksel, M.,** 2022. Sudan Nikel ve Çinkonun *Ceratophllyum demersium* L. ile gideriminin optimize edilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 78 s.
- Zhang, Y., Luo, J., Zhang, H., Li, T., Xu, H., Sun, Y., Gu, X., Hu, X., Gao, B.,** 2022. Synthesis and adsorption performance of three-dimensional gels assembled by carbon nanomaterials for heavy metal removal from water: A review, *Science of the Total Environment*, 852
- Xiang, H., Min, X., Tang, C.J., Sillanpää, M., Zhao, F.,** 2022. Recent advances in membrane filtration for heavy metal removal from wastewater: A mini review, *Journal of Water Process Engineering*, 49

ÖZGEÇMİŞ

