

Antalya Körfezi'nde Yayılış Gösteren Fossil Midyenin (*Lithophaga lithophaga* L. 1758) Biyolojik Özelliklerinin ve Ağır Metal Düzeylerinin (Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Co, Ni) (Ette, Kabukta ve Kayada) Belirlenmesi



Betül ÜNAL^{1*}, Uğur Gürel YILMAZ², Mehmet GÖKOĞLU³, Yaşar ÖZVAROL³

¹ Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Antalya, Türkiye

² Dr. İlhami Tankut Anadolu Lisesi, Antalya, Türkiye

³ Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Antalya, Türkiye

* betulunal@gmail.com

Geliş Tarihi: 12.03.2019 Kabul Tarihi: 25.04.2019

Özet: Çalışmamızda materyal olarak Antalya Körfezi'nde deniz içindeki falezlerde yayılış gösteren *Lithophaga lithophaga* L. 1758 kullanılmıştır. Popülasyonunun en yoğun olduğu iki bölgeden Eylül ayı içerisinde iki farklı dalış ile örnekler toplanmıştır. Örnekler (midye ve kaya) laboratuvar ortamına içi buz dolu termos ile taşınmış ve her bir midye örneğinin morfolojik ölçümleri yapıp, ağırlıkları tartılmıştır. Ağır metal analizleri için derin dondurucuda bekletilen örnekler (midye ve kaya) dışarı çıkarılıp distile suda yıkanmış, midyenin kabukları açılmış ve iç kısmı tamamen çıkartılmıştır. Örnekler (kabuk, et ve kaya) fırında 70°C de 48 saat tutularak kurutulmuştur. Kurutulan örnekler mikrodalga homojenizatör tarafından küçük parçalara ayrılarak homojenize edilmiş ve birebir oranında HNO₃ ve H₂O₂ kullanılarak yakılmıştır. Bütün örnekler 10 ml'ye tamamlanmış ve ICP-MS kullanılarak ağır metal düzeylerinin ölçümü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bütün bulgular istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Morfolojik verilere T Testi, ağır metal verilerine Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır. İki farklı lokaliteden alınan midye örneklerinin boy, yükseklik ve ağırlık değerleri istatistiksel olarak incelendiğinde, iki lokalite arasında bu 3 değer bakımından anlamlı bir fark yok iken en değerlerindeki fark anlamlıdır. Et, kabuk ve kaya örneklerindeki ağır metal değerleri istatistiksel olarak Kruskal-Wallis testine tabi tutulmuştur. Buna göre; birinci ve ikinci lokaliteden toplanan örneklerin ağır metal düzeyleri karşılaştırıldığında, her iki lokaliteninde ağır metal düzeylerinin benzer olduğu ortaya çıkmıştır. Cd, Zn ve Cu'nun en fazla ette, kabuk ve kayada ise yaklaşık aynı değerde ve en düşük olduğu, Ni'nin kabuk ve kayada fazla ve yaklaşık aynı, ette ise en düşük olduğu, Co'nun ette en fazla, kabuk ve kayada en düşük ve yaklaşık aynı olduğu, Pb'un ise en fazla ette sonra kayada ve kabukta olduğu görülmüştür. Hg ise sadece ette ölçülebilmştir, kaya ve kabukta ölçülememiştir. İki lokalite arasında midyenin boy, yükseklik ve ağırlık bakımından değerlerde anlamlı bir farkın olmadığı, en bakımından değerlerdeki farkın anlamlı olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Sözcükler: Antalya, *Lithophaga lithophaga* L., fossil midye, ağır metal.

Determination of the Biological Characteristics and Heavy Metal Levels (Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Co, Ni) of the Fossil Mussel (*Lithophaga lithophaga* L. 1758) (Meat, Shell, Rock) Showing the Distribution in the Antalya Gulf

Abstract: In our work, *Lithophaga lithophaga* L. 1758, which is distributed in Antalya Bay were collected as sample from cliffs and in the sea. Samples were collected from two areas where the population was most intense in September with two different dives. Samples (mussel and rock) were transported to laboratory with ice-filled thermos, and morphological measurements of each mussel sample were made and their weights were noted. For heavy metal analysis, deep freeze samples (mussels and rocks) were taken out and washed in distilled water, the mussel shells were opened and the interior was completely removed. The samples (shell, meat and rock) were kept in the oven at 70°C for 48 hours and then dried. The dried samples were homogenized by microwave homogenization and burned using HNO₃ and H₂O₂ at a ratio of 1:1. All samples were completed in 10 ml and heavy metal levels were measured using ICP-MS. All findings were evaluated statistically. T test for morphological data and Kruskal-Wallis test for heavy metal data were applied. When the height and weight values of the mussels samples taken from two different localities were examined statistically, there was no significant difference between the two localities in terms of these 3 values, while the difference in the transverse values was significant. The heavy metal values in meat, shell and rock samples were statistically tested by the Kruskal-Wallis test. According to this; When the heavy metal levels of the first and second locally collected samples are compared, it is found that the heavy metal levels are similar in both localities. Cd, Zn and Cu are the highest in the meat, while in the shell and rock have the same value and lowest, Ni in the shell and rock is more and about the same, the lowest in the meat, Co in the meat is the lowest, the lowest in the shell and the rock is about the same, Pb is the most in the meat, followed by in the rock and in the shell. Hg could only be measured in the meat, the values that can be measured in the rock and in the shell are not at the limit. In our study, it was found that there was no meaningful difference between the two localities in terms of height, weight and size.

Keywords: Antalya, *Lithophaga lithophaga* L., fossil mussel, heavy metal.

GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı Antalya körfezindeki deniz içi falezlerde yayılış gösteren ve hakkında fazla bilgiye sahip olunmayan *Lithophaga lithophaga* L. (1758)'nin biyolojik özelliklerinin (boy, çap ve ağırlık) belirlenmesi ve ağır metal düzeylerinin (Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Co, Ni) belirlenmesidir. Yapılan literatür taramasına göre bu konuyla ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışmanın diğer bir amacı da midyenin yayılış gösterdiği yerdeki falezde, midyenin etli kısmında ve kabuk kısmında ağır metal düzeyine bakılarak Antalya körfezinin ağır metal kirliliğinin bu indikatör tür ile belirlenmesidir.

1.1. Biyoakümülyasyon ve İndikatör Tür

Ağır metallerin inşaat, sanayi ve tarım alanlarında aşınma, deniz taşıtlarının ve liman faaliyetleri ile denizlerimizde birikerek denizel canlılarda biyolojik birikim yolu ile bu canlıları tüketen insanlara geçtiği bilinmektedir (Sezgin ve Yılmaz 2012). Hızla şehirleşen ilimiz Antalya'nın sahilleri de ağır metallerin birikimi tehlikesi altındadır.

Çevre kirliliğinin bir göstergesi olarak canlılarda ölçülen metalik kirleticiler özellikle su ürünlerinde sıklıkla yüksek seviyelere ulaşabilir. Denizel canlılarda besinlerle birlikte düşük düzeylerde ama sürekli olarak alınan ağır metal kalıntıları çevre ve insan sağlığını önemli derecede etkilemektedir (Yazkan vd 2004, Kayhan vd 2006).

Antalya sahilinin ağır metaller bakımından kirlilik düzeyinin belirlenmesi bu çalışmanın esasını teşkil etmektedir. Çalışmada kirlilik düzeyinin belirlenmesinde *Lithophaga lithophaga* türü midyedeki ağır metal birikimleri dikkate alınmıştır.

Midye ve istiridyeler suyu filtre ederek beslendiklerinden sudaki metalleri absorbe edebilirler. Bivalve'ler emme, iyonik değiş tokuş ve bağlanma süreçlerinde iz metalleri biriktirebilirler. Bu nedenle tortularla birlikte olan metallerin izlenmeleri için yüksek potansiyelleri vardır (Özsuer ve Sunlu 2013).

Literatür taramalarına göre *L. lithophaga* ile ilgili Antalya bölgesi için ayrıntılı morfolojik ölçüm çalışmaları bulunmamaktadır. Bu yüzden çalışmada midyenin boyu, genişliği, yüksekliği ve ağırlığı bakımından morfolojik özelliklerinin de verilmesi daha sonra yapılacak çalışmalarda midye morfolojisinin karşılaştırılması bakımından önem taşımaktadır.

Antalya sahilindeki falezlerde çalışılan *L. lithophaga* türünün derinliğe bağlı yayılış alanları

Gökoğlu ve Özvarol tarafından çalışılmıştır. Buna göre türün popülasyonu en fazla 1-3 m. arasında bulunmaktadır (Gökoğlu ve Özvarol 2010).

L. lithophaga kabuk yüksekliği, genişliği ve uzunluğu oranları yaşadığı derinlik, ortamın hidrodinamik yapısı ve popülasyon içi ve dışı faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Owada 2007).

L. lithophaga türü dünyada Arnavutluk, Cezayir, Angola, Bosna ve Hersek, Hırvatistan, Kıbrıs, Mısır, Fransa, Gambiya, Yunanistan, İsrail, İtalya, Lübnan, Libya, Malta, Moritanya, Monako, Fas, Portekiz, Senegal, Sırbistan ve Karadağ, Slovenya, İspanya, Suriye, Tunus, Türkiye, Batı Sahara'da (Şekil 1) yayılış göstermesine rağmen nesli tehlike altında olduğu ve insan faaliyetlerinden olumsuz etkilendiği için BERN ve CITES sözleşmesi kapsamında koruma altına alınmıştır. Ancak tür henüz IUCN tarafından koruma altına alınmamıştır (Anonim 2019).



Şekil 1. *Lithophaga lithophaga*'nın Dünyadaki yayılış durumu.

L. lithophaga türü ile ilgili Antalya sahilinde yayılış alanlarının tespiti çalışması olmasına rağmen biyolojisi ve ağır metal birikimi ile ilgili Antalya körfezi için bir çalışma bulunmamaktadır.

Taramalarda sadece Türkiye'de, İzmir'de ağır metal (Özsuer ve Sunlu 2013), Antalya'da yayılış ve solungaç morfolojisi çalışmalarına (Gökoğlu ve Özvarol 2010, Akşit ve Mutaf 2014) rastlanmıştır. Yurt dışında *L. lithophaga* türüne ait az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır (Rovere vd 2009).

Antalya Körfezi'nde ağır metal kirliliği ile ilgili bazı çalışmalarda şu sonuçlar bulunmuştur. Yazkan ve arkadaşlarının 2004 yılında yapmış olduğu çalışmada bazı yumuşakça ve karideslerde ağır metal kirliliğine bakılmıştır. Kayhan vd (2010)'nin yapmış olduğu çalışmada da Antalya Körfezi'nde Mayıs-Haziran 2007 'de yetiştiriciliği yapılan mavi yüzgeçli orkinosların (*Thunnus thynnus*) karaciğer ve kas dokusundaki kurşun (Pb) düzeyleri araştırılmıştır. Yarsan vd (2013)'nin yapmış olduğu çalışmada ise Akdeniz Antalya Körfezi'nde

avlanan ekonomik öneme sahip bazı deniz ürünleri türlerindeki (*Mullus barbatus*, Linnaeus, 1758, *Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758, *Panaeus semisulcatus*, De Haan, 1844) bazı esansiyel olmayan potansiyel toksik iz elementlerin (PTEs) birikim düzeylerine bakmıştır.

1.2. Ağır Metaller ve Etkileri

Ağır metaller ekolojik dengeyi bozan kirletici unsurlar içerisinde sayılır. Besin zinciri yoluyla su ve besinlerle bünyeye alınıp canlılarda birikerek tüm yaşam aktivitelerine zarar verip aktiviteleri değiştirebilme potansiyeline sahiptir (Hu 2000, Kayhan vd 2009). Kabuklular, genellikle bazı ağır metalleri deniz suyundan alır ve biriktirir.

Normal koşullarda ağır metallerin doğadaki oranı düşüktür. Doğal ortamdaki konsantrasyon oranı arttığında civa, bakır, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller özellikle organizmalar üzerinde toksik etki yapmakta ve enzimleri inhibe etmektedir. Canlılardaki bazı enzimatik aktiviteler için bazı metaller belli konsantrasyonlarda olmak şartı ile gereklidir. Organik maddeye bağlı metaller biyolojik aktiviteler sırasında kullanılabilir ve organik maddelerin bozulması ile çözülmüş olarak tekrar serbest hale geçer (Balkıs ve Algan 2005). Ağır metaller, subletal ortam derişimlerinin etkisinde balıkların karaciğer, böbrek ve dalak gibi metal metabolizması ve metal detoksifikasyonu ile ilgili organlarda yüksek düzeyde birikmektedir. Balıklarda karaciğer, ağır metalleri bağlayarak toksik etkilerinin azaltılmasında işlev gören metallothionein ve glutatyon gibi metal bağlayıcı proteinlerin başlıca sentez yerlerinden biridir (Kayhan 2006).

Potansiyel kirletici olarak kabul edilen bazı ağır metallerin *Diplodon chilensis* türü midyelerdeki birikiminin araştırıldığı bir çalışmada tüm yumuşak dokularda ve hepatopankreaslarında yüksek düzeyde tespit edildiği Arjantin’li araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Guavara vd 2004).

Kurşun, fosil yakıtların kullanılması ve madencilik gibi çeşitli insan faaliyetleri sonucu hava, su ve toprakta bulunabilen, EPA tarafından kanserojen olarak belirlenmiş elementtir. Kurşun vücuttaki her organ ve sistemi etkiler. Parmaklar, bilekler ya da ayak bileklerinde güçsüzlük, kan basıncında küçük artışlar meydana getirebilir. Yetişkinlerde uzun süreli maruz kalma, sinir sisteminin fonksiyonlarını ölçen bazı testlerde performansın düşmesine ve anemiye neden olabilir. Yüksek kurşun düzeylerine maruz kalma ciddi beyin ve böbrek hasarlarına ve sonuçta ölüme neden olabilir. (Martin ve Griswold 2009) Yazkan vd (2000)’nin Antalya Körfezi’nde yapmış olduğu çalışmada yumuşakçalarda tespit ettiği Pb düzeyi

tehlikeli sonuçlar içermemektedir (Yazkan vd 2004). Özsuer ve Sunlu (2013), 2001-2011 yılları arasında İzmir Körfezi’nde yaptıkları çalışmada *Lithophaga lithophaga*’daki kurşun değerinin mevsimlere bağlı olarak değişmediğini göstermişlerdir.

Kadmiyum kömür ve mineral gübre dahil tüm topraklar ve kayalarda bulunur. Kadmiyum elektroliz ile kaplamada yaygın olarak kullanılır. Kadmiyum ve kadmiyum bileşikleri kanserojen olarak bilinir. Sigara içenlerde içmeyenlere göre düzeyleri fazladır. Yüksek düzeyde kadmiyum nefes yoluyla akciğerlere ulaşır şiddetli zarar meydana getirebilir (Martin ve Griswold, 2009). Kadmiyum en toksik çevresel kirleticilerden biridir. Düşük konsantrasyonlarda bile su canlıları için son derece zararlı etkilere sahiptir. Kayhan (2006)’nın yaptığı çalışmada sucul canlılarda Cd birikiminin tehlikeli düzeye ulaşmadığını bildirmiştir.

En toksik ağır metallerden biri olan kadmiyum düşük konsantrasyonlarda bile su canlıları için son derece zararlı etkilere sahiptir. Kadmiyumun özellikle çevre kirliliği görülen denizlerde su canlılarında birikmekte olduğu ve değişik seviyelerde toksik etkiler meydana getirdiği yapılan birçok çalışmada gösterilmiştir. Kadmiyum düzeyi balıklarda 10-60 ppb dolayında bulunmasına karşılık, kabuklu ve yumuşakçalarda 500-1500 ppb’ye ulaşabilmektedir (Sağlamtimur vd 2003, Guevara vd 2004, Argese vd 2005, Kayhan 2006, Kayhan vd 2007).

Teke karidesi (*Palaemon serratus*) türünde yapılan ağır metal birikim deneyleri sonucunda küçük bireylerin hem doku hem de kabuklu kısımlarında biriktirdikleri kadmiyum miktarının büyük bireylere göre daha fazla olduğu gözlenmiştir (Egemen ve Sunlu 2003). Yazkan vd (2000)’nin çalışmasında yumuşakçalarda Cd birikimi tehlikeli sonuçlar arz etmemektedir. Özsuer ve Sunlu (2013)’nin çalışmasında da Cd düzeyi Türk Gıda Kodeksi değerlerinin altındadır (Yazkan vd 2004).

Midye türleri suyun kimyasal yapısına karşı çok duyarlıdır. Kadmiyum ve kurşun bulunan ortamlarda midye larvalarında meydana gelebilecek anormallikleri inceleyen araştırmacılar ise, 0.5 ppm Cd konsantrasyonunda larvaların %97’sinde anormallik tespit etmişlerdir. Çalışmada kadmiyumun, ergin midye bireylerini kurşundan daha fazla etkilediği de belirtilmiştir (Varlık 1991).

Fabrikalardan atılan civanın, sedimentlerde mikroorganizmalar tarafından metil civaya dönüştüğü ve lipofil özellikte çok oksit alan bu bileşiğin biyobirikim ve besin zinciri yolu ile insanlara ulaştığı bilinmektedir. İnsan vücut yükünde civa seviyesi eser miktarda, günlük alınımı 0.02 mg/gün kanda 0-8 mg/100 ml, idrarda 0-0.16 mg/lt’dir. Civa bileşiklerinin etki gösterdiği

organlar merkezi sinir sistemi, karaciğer ve böbreklerdir. Suda çözünen anorganik civa tuzları deri ve mukoz membranlarını invite eder. Japonya'da 1956 yılında Minamata körfezindeki kazada ortaya çıkmıştır. En kolay buharlaşabilen metal bileşiğidir. Çok iyi iletkenlik gösterir. 2004-2005 yılları arasında Fas kıyılarında yapılan çalışmada midyenin dokularındaki civa değeri 0,6 mg/kg olarak ölçülmüştür (Atabeyoğlu ve Atamanalp 2010).

Bakırın bünyeye fazla alınması Wilson hastalığına, böbrek bozukluklarına ve nörolojik bozukluklara yol açabilir. Yumuşakçalar ve kabuklularda bakırın kabul edilebilir maksimum değeri 20 mg/kg olarak belirtilmiştir. Yazkan ve arkadaşlarının 2000 yılında Antalya Körfezi'nde yaptığı çalışmada Karidesin bakır içeriğinin Yumuşakçaların bakır içeriğinden yüksek olduğunu tespit etmişler ve bu farklılığın türlerin biyolojik özellikleri ile yaşam çevreleri ve beslenme şekilleri ile oluşabileceğini belirtmişlerdir (Yazkan vd 2004).

Çinko kan harici dokularda ve vücut sıvılarında rastlanan en yaygın metal iyonudur. 70 kg ağırlığında bir insanın kanında 2.3 g çinko bulunmaktadır. Bu miktarın %64'ü kaslarda ve %28'i de kemiklerde bulunmaktadır (Kartal vd 2004). Yazkan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Yumuşakça ve kabuklularda Cu ve Zn birikimi karşılaştırıldığında tamamen zıt bir durum ortaya çıkmaktadır. Karidesin Cu içeriği yumuşakçalardan yüksek iken Zn içeriği oldukça düşüktür (Yazkan vd 2004).

Bileşikleri ise petrol ve seramik endüstrisinde katalizör ve boyalarda pigment, mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanılır. Ayrıca pil elektrotlarında, her tip manyetik malzemelerde ve kayıt cihazlarında kullanılmaktadır. Havada bulunan toz halindeki kobaltın solunması ve kobalt tuzlarına deri teması neticesinde kobalt zehirlenmesi gerçekleşir. Toz halinde alınan element kobalt akciğerlerde çözünerek kana ve idrara karışır. Suda çözünürlüğü olmayan kobaltoksit (Co_3O_4) solunum yolu ile alındığında vücut tarafından çok iyi emilmekte ve hücrelerde bir kaç günde çözünerek kana karışmaktadır. Suda çözünür kobalt bileşikleri ağız yolu ile alındığında %75' i tekrar atılırken geriye kalan kobalt kan, karaciğer, akciğer, böbrek, testisler ve bağırsaklarda toplanmaktadır. Uzun süre kobalt tozuna maruz kalındığında, alerjik tepkilere ve kronik bronşite neden olmasına rağmen kobalt kaynaklı deri tahrişi ve hastalıklar çok nadir gözlenir. Kobalt ve kobalt bileşiklerinin insanlar üzerinde kansere neden olduğuna dair henüz kesin bulgular olmamasına rağmen, kobalt bileşikleri risk teşkil etmektedirler ve kanserojen madde gibi muamele görürler. Günlük besin ihtiyacımızda

çok küçük bir yer teşkil eden kobalt, kırmızı kan hücrelerini üretiminin ve sinir düzenlenmesinde kullanılan B12 vitaminin bileşenidir. Kobaltın vücuttaki normal miktarı 80-300 $\mu g'$ dir ve kırmızı kan hücrelerinde, karaciğerde, dalakta, böbrekte, pankreasta depolanır (Kartal vd 2004). Tosyalı 2005 yılında yaptığı yüksek lisans tezi çalışmasında Marmara Denizi İstanbul Kıyılarındaki midye türlerinin kobalt içeriğinin 0,03 ppm olduğunu belirtmiştir (Tosyalı 2005).

Nikelin ana kullanım alanı paslanmaz çelik, bakır-nikel alaşımları ve diğer korozyona dayanıklı alaşım üretimleridir. Saf nikel kimyasal katalizör olarak elektrolitik kaplamada ve alkali pillerde, pigmentler, madeni para, kaynak ürünleri, mıknatıslar, elektrotlarda, elektrik fişlerinde, makine parçaları ve tıbbi protezlerde kullanılmaktadır.

Nikelin bilinen biyolojik fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği vardır. Doğal yayılımı yanında insan aktivitelerine bağlı olarak doğada bulunmaktadır. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. Zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme nadir rastlanan bir vakadır. Nikel yakıtların yanması, madencilik ve rafinasyon işlemleri ve kentsel atıkların küllleştirilmesi ile atmosfere yayılmaktadır. Bunun yanı sıra lağım çamuru karışmış toprakta ve sigarada (0-0.51 $\mu g/\text{sigara}$) bulunmaktadır. Nikel madenciliği ve ergitme endüstrisinde mesleki maruziyet görülmektedir. Kadınlar tarafından sık ve sürekli olarak kullanılan takıların nikel veya nikel alaşımları içermesi nedeniyle özellikle kadınlar nikel alerjisi tehlikesi altındadır. Besin olarak toplam nikel alınımı, hayvan yemleri veya bitkilerin tükettikleri miktarlara bağlıdır. Günlük nikel alınımının yaklaşık yarısı ekmek, içecek ve tahılların tüketilmesiyle olmaktadır. Besinlerin günlük 150 $\mu g'$ dan az nikel içermesi tavsiye edilmektedir. İngiltere'de günlük değer; yetişkinler için 140-150 μg , çocuklar için 14-250 μg , ABD'de 69-162 μg , ve Danimarka'da ortalama 130 (60-260) $\mu g'$ dir (Kartal vd 2004). Tosyalı 2005 yılında yaptığı yüksek lisans tezi çalışmasında Marmara Denizi İstanbul Kıyılarındaki midye türlerinin nikel içeriğinin 0.28 ppm olduğunu belirtmiştir (Tosyalı 2005). 2004-2005 yılları arasında Fas kıyılarında yapılan çalışmada midyenin dokularındaki nikel değeri 32.8 mg/kg olarak ölçülmüştür (Atabeyoğlu ve Atamanalp 2010).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışılacak Bölgenin Belirlenmesi

Materyal olarak Antalya Körfezi'nde deniz içindeki falezlerde yayılış gösteren *Lithophaga lithophaga* L. 1758 midye türü kullanılmıştır.

Lithophaga lithophaga Antalya Körfezi'ndeki yayılış durumu Gökoğlu ve Özvarol (2010)

tarafından ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Bu çalışmanın yardımıyla türün popülasyonunun en yoğun olduğu iki bölge seçilmiş ve örnekler toplanmıştır. Örneklerin toplanma derinliği yine bu çalışma yardımıyla 1-3 m. olarak belirlenmiştir. Bu bölgelerin birincisi Konyaaltı Varyantı başlangıcı, Atatürk Parkı'nın hemen altındaki falezlerdir (36°53'1.16''K, 30°40'46.81''D). İkinci alan ise Antalya Yat Limanı çıkışındaki falezlerdir (36°53'5.30''K, 30°42'1.79''D). (Şekil 2).



Şekil 2. Örneklerin toplandığı yerler.

2.2. Materyal Toplama, Taşıma, Saklama ve Nicel Ölçümlerin Yapılması

Örnekler Eylül ayı içinde iki farklı alana yapılan iki farklı dalış ile midyenin yoğun olarak bulunduğu deniz seviyesinin 1-3 metre altından falezlerden toplanmıştır. Midyeyi kayadan çıkarmak için bazı delici aletler kullanılmıştır. Midye içeriğinde, kabuğunda ve yaşadığı falez kayaçları ortamlarında ağır metal birikimi çalışması yapılacağından iki alandan midye örnekleri ile birlikte kaya örnekleri de toplanmıştır. Toplanan örnekler laboratuvar ortamına içi buz dolu termos ile taşınmıştır. Laboratuvara getirilen her bir örneğin morfolojik ölçümleri Sylvac S225 marka dijital kumpas ile yapılmış, ağırlıkları Radwag PS 600/c/2 ve Avery Berkel marka hassas teraziler ile tartılmış ve analizler için Alaska ADF400 marka derin soğutucuda saklanmıştır (Bilgin ve

Uluturhan 2015).

Ağır metal analizleri için derin dondurucuda bekletilen örnekler (midye ve kaya) dışarı çıkarılıp distile suda yıkandı, midyenin kabukları açıldı ve iç kısmı tamamen çıkartıldı. Örnekler (kabuk, toplam kitle et ve kaya) kurutulmak üzere kavanozların içine alındı. Örnekler MAXO/156/EC/DGW marka fırında 70°C de 48 saat tutularak kurutuldu (Abay 2018).

Kurutulan örnekler mikrodalga homojenizatör tarafından küçük parçalara ayrılarak homojenize edilmiştir. Örnekler için yakmada birebir oranında HNO₃ ve H₂O₂ kullanıldı. Yakma işlemi iki tekrarlı yapılmıştır. Kullanılan örneklerin gramları Tablo 1'de verilmiştir. Bütün örnekler 10 ml'ye tamamlandı ve ICP-MS kullanılarak ağır metal düzeylerinin ölçümü gerçekleştirilmiştir. Morfolojik veriler T testi ile ağır metal verileri Kruskal-Wallis testi istatistiksel olarak hesaplanmış ve yorumlanmıştır.

Çizelge 1. Ağır Metal Düzey Tespiti İçin Kullanılan Örneklerin Miktarı

Örnek No	Lokalite	Kısım	Miktar
1.1	Lokalite1	Et	0.2608 g
1.2	Lokalite1	Et	0.2547 g
2.1	Lokalite1	Kabuk	0.2794 g
2.2	Lokalite1	Kabuk	0.2584 g
3.1	Lokalite1	Kaya	0.2639 g
3.2	Lokalite1	Kaya	0.2538 g
4.1	Lokalite2	Et	0.2569 g
4.2	Lokalite2	Et	0.2577 g
5.1	Lokalite2	Kabuk	0.2761 g
5.2	Lokalite2	Kabuk	0.2681 g
6.1	Lokalite2	Kaya	0.2561 g
6.2	Lokalite2	Kaya	0.2531 g

3. BULGULAR

İki farklı lokaliteden alınan toplam 109 midye örneğinin morfolojik ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 2-3, Şekil 3).

Çizelge 2. Morfolojik Ölçüm Sonuçları ve İstatistiksel Değerleri

LOKALİTE 1	Boy (mm)	Genişlik (mm)	Yükseklik (mm)	Ağırlık (g)	LOKALİTE 2	Boy (mm)	Genişlik (mm)	Yükseklik (mm)	Ağırlık (gr)
Midye 01	65.54	19.56	22.63	22.22	Midye 01	74.93	24.39	19.68	22.90
Midye 02	75.43	19.00	23.34	23.11	Midye 02	59.58	20.43	17.21	13.70
Midye 03	53.29	12.67	15.59	7.48	Midye 03	66.81	20.99	16.54	15.40
Midye 04	54.22	13.36	16.78	7.49	Midye 04	84.65	26.03	23.07	36.30
Midye 05	57.00	15.72	18.66	9.70	Midye 05	68.34	20.23	16.42	14.30
Midye 06	56.19	14.17	16.53	8.22	Midye 06	64.80	20.58	17.36	16.00
Midye 07	51.52	14.43	17.14	7.83	Midye 07	49.41	18.48	13.94	7.80
Midye 08	62.01	15.53	18.90	11.01	Midye 08	60.96	19.80	17.17	12.10
Midye 09	48.98	13.87	16.26	6.93	Midye 09	53.13	17.76	15.66	8.80
Midye 10	44.42	12.01	14.67	3.69	Midye 10	71.44	23.13	19.85	24.00
Midye 11	49.84	12.75	15.43	6.31	Midye 11	63.08	20.10	16.93	13.30
Midye 12	62.12	18.77	21.41	17.98	Midye 12	67.66	20.80	16.38	15.40
Midye 13	66.13	17.71	19.68	10.00	Midye 13	58.45	18.65	16.57	12.70
Midye 14	38.30	11.73	15.43	4.31	Midye 14	64.52	21.54	18.94	18.30
Midye 15	50.52	12.68	16.21	6.53	Midye 15	60.66	19.70	18.19	12.30
Midye 16	46.18	12.33	14.26	4.98	Midye 16	67.12	20.29	19.02	15.60
Midye 17	40.81	12.07	13.74	4.16	Midye 17	52.74	15.99	13.75	7.10
Midye 18	44.55	11.62	13.67	4.37	Midye 18	66.39	20.43	17.34	14.40
Midye 19	45.70	13.99	15.40	6.39	Midye 19	61.39	19.52	16.65	12.30
Midye 20	40.52	11.53	13.22	3.83	Midye 20	54.62	20.47	16.95	12.40
Midye 21	38.24	9.38	11.89	2.60	Midye 21	66.77	20.70	17.70	15.50
Midye 22	43.61	11.98	13.29	4.27	Midye 22	68.45	22.27	19.41	19.00
Midye 23	42.97	11.45	13.97	4.03	Midye 23	68.34	21.17	17.69	16.40
Midye 24	40.65	12.22	15.01	4.17	Midye 24	47.21	15.44	12.25	5.80
Midye 25	40.38	10.77	13.78	4.03	Midye 25	41.13	14.97	12.35	4.60
Midye 26	45.08	12.20	14.71	2.81	Midye 26	66.68	23.22	19.13	12.20
Midye 27	35.03	9.67	11.32	2.12	Midye 27	42.92	13.90	11.75	4.10
Midye 28	24.02	9.26	9.96	1.45	Midye 28	47.19	15.99	13.17	4.50
Midye 29	46.43	12.68	15.73	3.91	Midye 29	22.06	7.79	6.49	.70

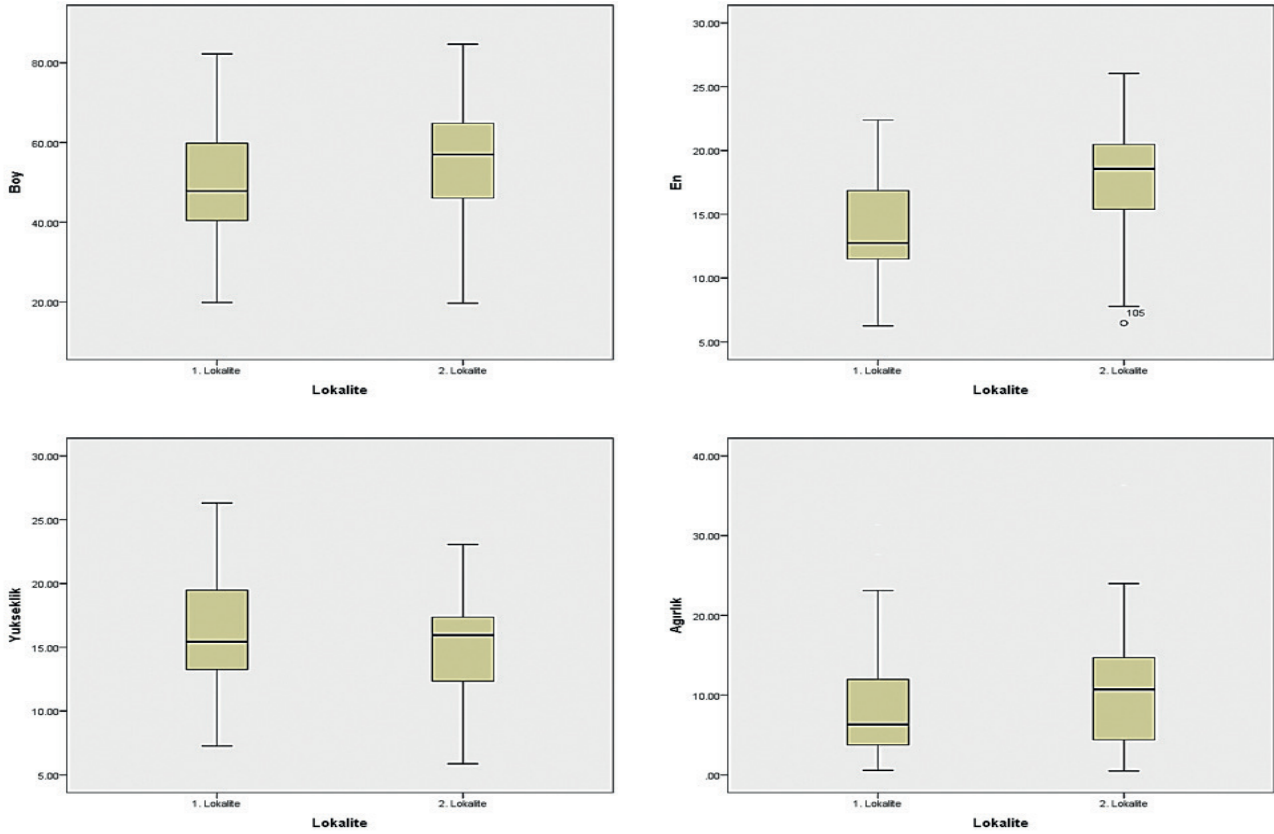
Çizelge 2. Morfolojik Ölçüm Sonuçları ve İstatiksel Değerleri (Tablonun Devamı)

LOKALİTE 1	Boy (mm)	Genişlik (mm)	Yükseklik (mm)	Ağırlık (g)	LOKALİTE 2	Boy (mm)	Genişlik (mm)	Yükseklik (mm)	Ağırlık (gr)
Midye 30	32.81	8.42	9.93	1.87	Midye 30	48.21	16.23	13.25	6.20
Midye 31	33.98	9.35	11.29	2.15	Midye 31	64.69	20.48	18.40	15.70
Midye 32	30.62	9.10	11.04	1.72	Midye 32	56.52	19.69	16.27	11.60
Midye 33	29.10	7.60	9.68	1.42	Midye 33	58.05	18.44	14.94	9.80
Midye 34	24.83	7.44	9.19	1.11	Midye 34	35.77	12.72	10.41	2.80
Midye 35	19.85	6.24	7.25	.59	Midye 35	57.49	16.30	13.82	8.20
Midye 36	82.26	22.10	25.63	31.38	Midye 36	48.92	16.28	13.39	7.40
Midye 37	75.61	20.55	23.17	21.31	Midye 37	58.89	19.91	17.26	11.90
Midye 38	66.61	22.00	24.42	22.55	Midye 38	46.07	15.40	12.92	3.60
Midye 39	56.72	17.21	18.24	11.55	Midye 39	52.97	17.89	12.75	3.70
Midye 40	66.30	16.72	20.18	14.92	Midye 40	53.92	20.52	17.48	14.70
Midye 41	76.38	22.38	26.31	27.63	Midye 41	60.44	17.12	13.76	9.20
Midye 42	57.62	17.70	19.43	13.11	Midye 42	41.44	14.47	12.22	4.40
Midye 43	65.53	18.90	19.53	17.47	Midye 43	35.95	11.72	9.04	2.40
Midye 44	68.43	18.65	21.72	17.34	Midye 44	30.93	9.84	8.68	1.20
Midye 45	71.75	18.66	22.72	20.72	Midye 45	50.30	16.17	13.74	6.80
Midye 46	65.72	17.01	21.82	16.57	Midye 46	19.71	6.47	5.86	.50
Midye 47	57.37	16.51	20.26	12.41	Midye 47	26.89	9.43	6.78	1.20
Midye 48	32.68	9.51	11.25	.85	Midye 48	33.79	11.54	9.50	2.30
Midye 49	53.92	14.12	17.14	8.48	Midye 49	38.30	12.65	10.30	3.20
Midye 50	68.31	17.80	20.79	17.18	Midye 50	34.35	11.30	8.12	1.70
Midye 51	46.12	13.51	14.41	6.09					
Midye 52	52.31	13.67	16.57	7.47					
Midye 53	49.00	14.72	17.48	8.06					
Midye 54	47.83	13.02	14.92	5.78					
Midye 55	41.65	12.23	13.08	4.09					
Midye 56	26.64	8.23	9.54	1.43					
Midye 57	47.70	11.65	14.54	5.23					
Midye 58	35.51	10.78	12.68	3.67					
Midye 59	28.93	9.09	10.96	2.07					

	N		Aralık		Minimum		Maksimum		Ortalama		S. Sapma		S. Hata	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Boy	5	50	62.4	64.94	19.8	19.71	82.2	84.65	49.52	53.90	14.70	14.203	1.914	2.008
	9		1		5		6		1	0	7			
Genişlik	5	50	16.1	19.56	6.24	6.47	22.3	26.03	13.72	17.58	3.958	4.322	.515	.611
	9		4				8		8	6				
Yükseklik	5	50	19.0	17.21	7.25	5.86	26.3	23.07	16.16	14.72	4.475	3.892	.582	.550
	9		6				1		5	9				
Ağırlık	5	50	30.7	35.80	.59	.50	31.3	36.30	8.680	10.32	7.411	7.058	.964	.998
	9		9				8		8					

* Lokalite 1 verileri

** Lokalite 2 verileri



Şekil 3. Midyelerin boy, en, yükseklik ve ağırlık verilerinin grafiksel karşılaştırılması.

Çizelge 3. Midyelerin Boy, En, Yükseklik ve Ağırlık Verilerinin İstatistiksel Karşılaştırılması						
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Boy	EVA*	.082	.775	-1.573	107	.119
	EVnA**			-1.578	105.155	.118
En	EVA	.426	.515	-4.861	107	.000
	EVnA			-4.825	100.512	.000
Yükseklik	EVA	.708	.402	1.772	107	.079
	EVnA			1.792	106.919	.076
Ağırlık	EVA	.100	.752	-1.182	107	.240
	EVnA			-1.187	105.518	.238

*EVA: Varyanslar eşit

**EVnA: Varyanslar eşit değil

Şekil 3 ve Çizelge 3'te karşılaştırmalı olarak verildiği üzere iki farklı lokaliteden alınan *L. lithophaga* örneklerinin boy, yükseklik ve ağırlıklarında herhangi bir anlamlı fark yok iken enlerindeki farklılığın anlamlı olduğu ($p < 0.05$) ortaya çıkmıştır. Bağımsız örnekler testinin verildiği Çizelge 3'te midyenin enlerinin ölçümlerindeki farklılık koyu dolgu ile gösterilmiştir.

Şekil 3'te görüldüğü üzere midye kabuğunun yüksekliği ve genişliği arasında allometrik bir ilişki vardır (Brickner vd 1993). İki farklı lokaliteden alınan örneklerin en ölçümlerindeki

bu morfolojik farklılık örneklerin alındığı derinliğin farklılığından ya da bölgelerin dalga faaliyetlerindeki farklılıklarından kaynaklanabilir. Midyelerin büyüme ve gelişmelerinde ayrıca katman bileşimi, hidrodinamik hareketlilik, habitatın fiziksel özellikleri, bölgenin gıda bileşimi ve türler arası besin ve yer rekabeti etkilidir (Devescovi 2009, Gökoğlu ve Özvarol 2010).

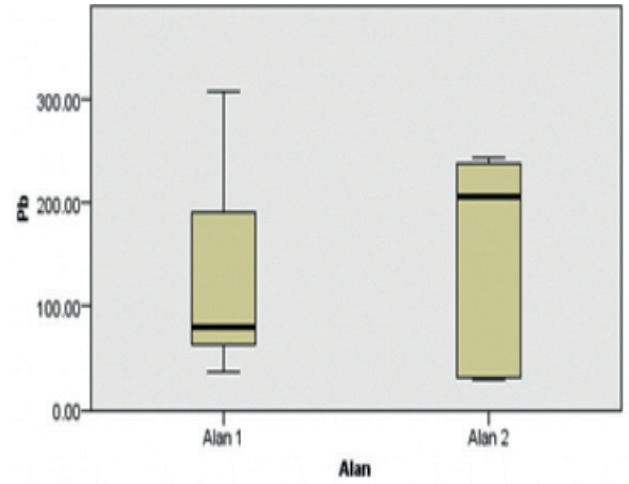
Farklı iki lokaliteden toplanan *Lithophaga lithophaga* örneklerindeki ağır metal düzeyleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. *L. lithophaga* Örneklerinde Bulunan Ağır Metal Düzeyleri

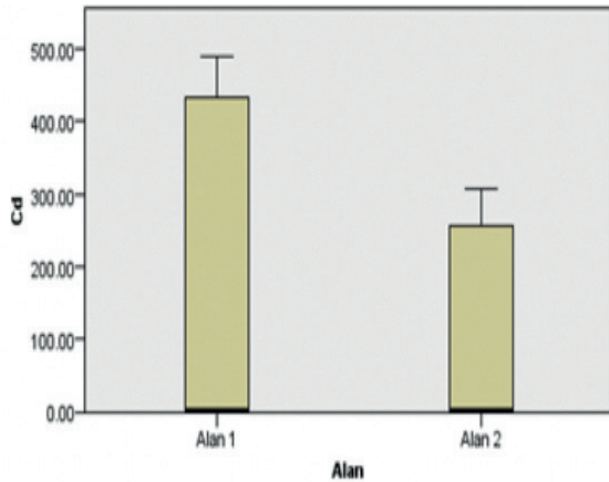
Örnek No	Örnek İsim	Çalışılan Örnek Miktarı	Ağır Metal (ppb)						
			Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Co	Ni
1.1	Lokalite1 Et	0.2608 g	307.66	490.42	5.08	4252.12	27232.72	430.03	1174.33
1.2	Lokalite1 Et	0.2547 g	189.71	432.26	4.06	4138.16	23989.46	361.46	1038.85
2.1	Lokalite1 Kabuk	0.2794 g	63.17	2.1	- *	112.4	198.51	284.92	7271.82
2.2	Lokalite1 Kabuk	0.2584 g	37.4	2.92	- *	89.83	114.66	335.2	9119.39
3.1	Lokalite1 Kaya	0.2639 g	67.79	1.64	- *	68.68	333.35	260.73	7598.94
3.2	Lokalite1 Kaya	0.2538 g	92.1	0.95	- *	59.51	454.51	266.61	8263.02
4.1	Lokalite2 Et	0.2569 g	237.79	306.3	4.42	3286.9	19912.32	236.19	1086.65
4.2	Lokalite2 Et	0.2577 g	243.47	255.22	3.05	3402.55	18330.27	203.47	1301.66
5.1	Lokalite2 Kabuk	0.2761 g	31.49	1.3	- *	93.83	89.69	305.46	9808.54
5.2	Lokalite2 Kabuk	0.2681 g	29.93	1.25	- *	63.12	53.15	353.92	11190.3
6.1	Lokalite2 Kaya	0.2561 g	233.73	1.12	- *	185.03	349.77	346.27	11166.09
6.2	Lokalite2 Kaya	0.2531 g	176.19	1.75	- *	109.76	227.94	343.22	11353.85

* Ölçüm aralığının dışında kalan değerlerde

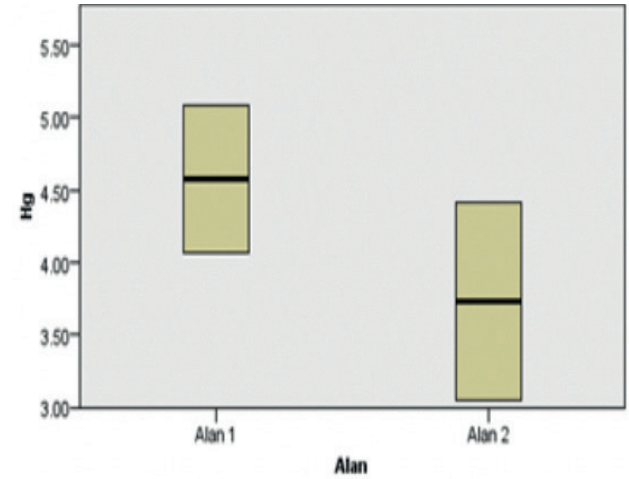
Çizelge 4'teki veriler istatistiksel olarak Kruskal-Wallis testine tabi tutulmuştur. Buna göre; birinci ve ikinci lokaliteden toplanan örneklerin ağır metal düzeyleri karşılaştırıldığında, her iki lokalitenin de ağır metal düzeylerinin benzer olduğu ortaya çıkmıştır. (Şekil 4 ve 10).



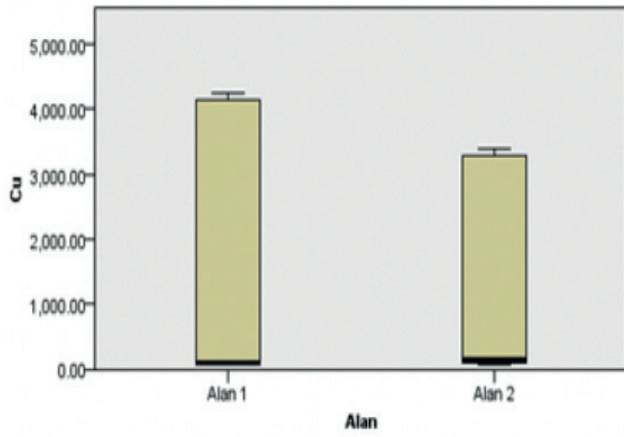
Şekil 4. Lokalite 1 ve lokalite 2 örneklerinin kurşun (Pb) düzeylerinin karşılaştırılması.



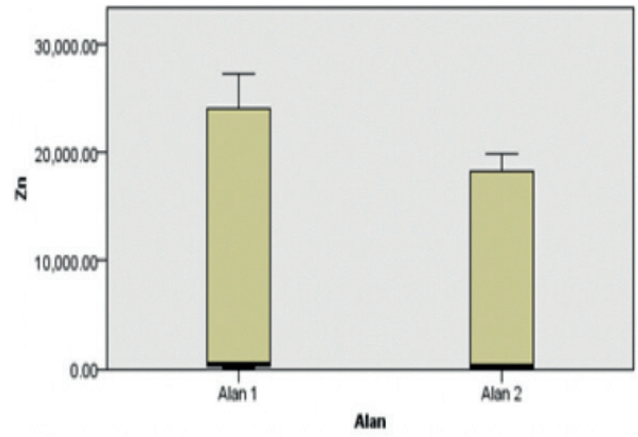
Şekil 5. Lokalite 1 ve lokalite 2 örneklerinin kadmiyum (Cd) düzeylerinin karşılaştırılması.



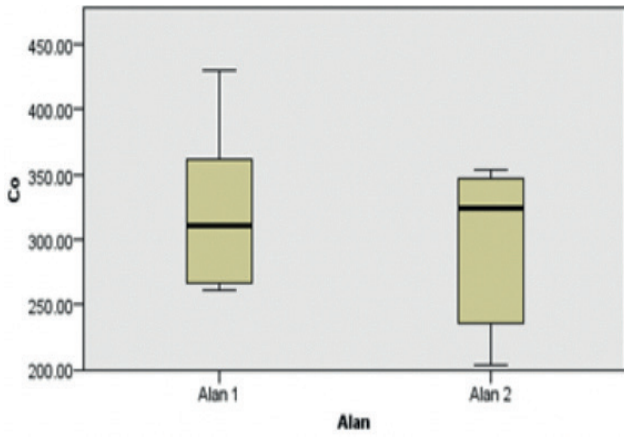
Şekil 6. Lokalite 1 ve lokalite 2 örneklerinin civa (Hg) düzeylerinin karşılaştırılması.



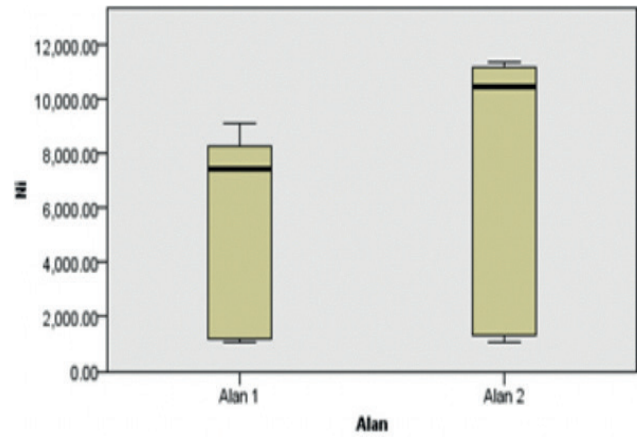
Şekil 7. Lokalite 1 ve lokalite 2 örneklerinin bakır (Cu) düzeylerinin karşılaştırılması.



Şekil 8. Lokalite 1 ve lokalite 2 örneklerinin çinko (Zn) düzeylerinin karşılaştırılması.



Şekil 9. Lokalite 1 ve lokalite 2 örneklerinin kobalt (Co) düzeylerinin karşılaştırılması.

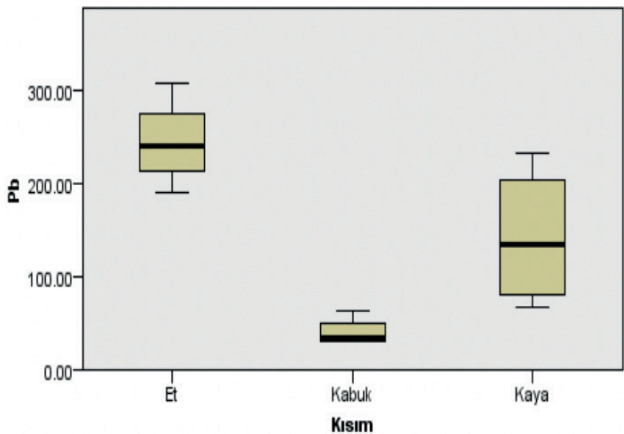


Şekil 10. Lokalite 1 ve lokalite 2 örneklerinin nikel (Ni) düzeylerinin karşılaştırılması.

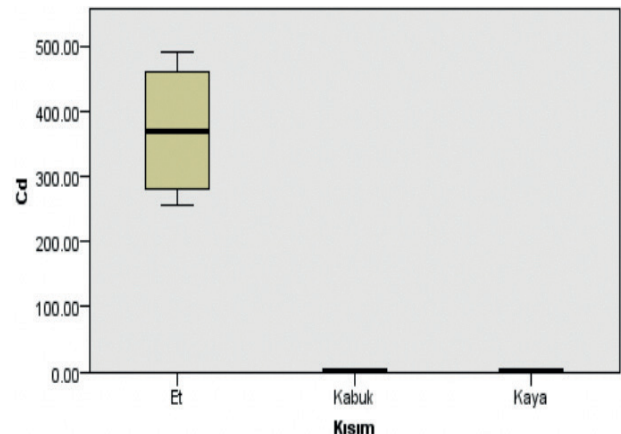
Birinci ve ikinci lokaliteden alınan örneklerin ağır metal düzeyleri birbirlerine yakın olduğu için, bu örneklerin ağır metal düzeyleri istatistik olarak et, kabuk ve kaya şeklinde karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Kurşun (Pb) miktarı en fazla ette fazla çıkmış daha sonra kayada ve daha sonra kabukta fazla çıkmıştır (Şekil 11). Kadmiyum (Cd) miktarı en

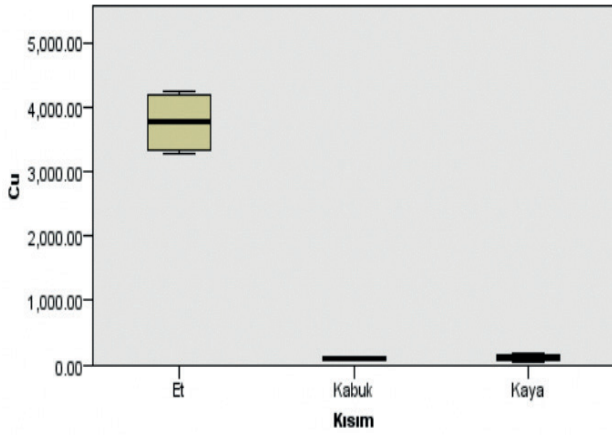
fazla ette fazla çıkmış, kabukta ve kayada az çıkmıştır (Şekil 12). Bakır (Cu) miktarı en fazla ette fazla çıkmış, kabukta ve kayada az çıkmıştır (Şekil 13). Çinko (Zn) miktarı en fazla ette fazla çıkmış, kabukta ve kayada az çıkmıştır (Şekil 14). Kobalt (Co) miktarı en fazla ette çıkmış, fakat kabukta ve kayada da fazla çıkmıştır (Şekil 15). Nikel (Ni) miktarı en az ette çıkmış fakat kabukta ve kayada daha fazla çıkmıştır (Şekil 16).



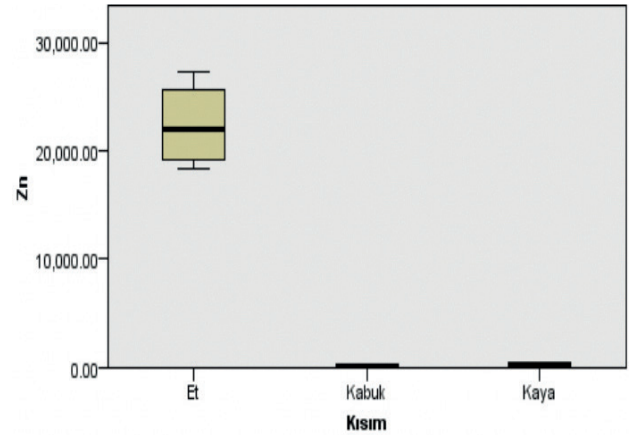
Şekil 11. Et, kabuk ve kayada kurşun (Pb) düzeylerinin karşılaştırması.



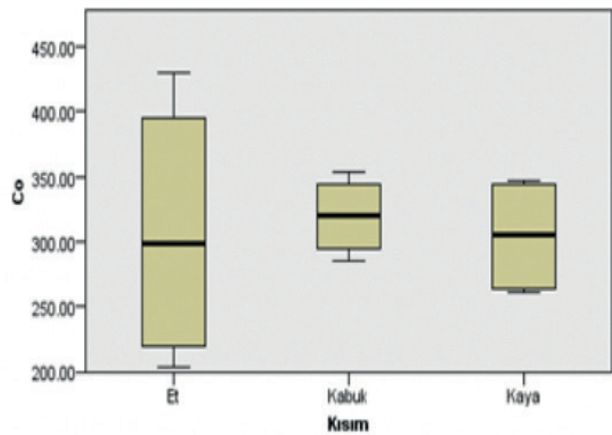
Şekil 12. Et, kabuk ve kayada kadmiyum (Cd) düzeylerinin karşılaştırması.



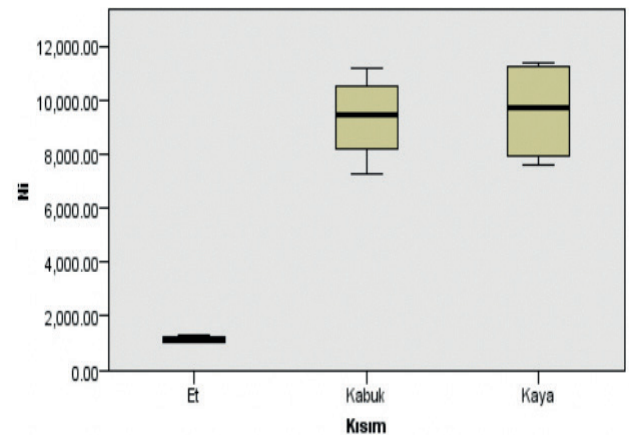
Şekil 13. Et, kabuk ve kayada bakır (Cu) düzeylerinin karşılaştırması.



Şekil 14. Et, kabuk ve kayada çinko (Zn) düzeylerinin karşılaştırması.



Şekil 15. Et, kabuk ve kayada kobalt (Co) düzeylerinin karşılaştırması.



Şekil 16. Et, kabuk ve kayada nikel (Ni) düzeylerinin karşılaştırması.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Antalya Körfezi'nde *Lithophaga lithophaga* türünün morfolojisi ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Yapılan morfolojik ölçümler incelendiğinde iki farklı lokaliteden alınan *L. lithophaga* örneklerinin boy, yükseklik ve ağırlıklarında herhangi bir anlamlı fark yok iken enlerindeki farklılığın anlamlı olduğu ($p < 0.05$) ortaya çıkmıştır. İki farklı lokaliteden alınan örneklerin en ölçümlerindeki bu morfolojik farklılık örneklerin alındığı derinliğin farklılığından ya da bölgelerin dalga faaliyetlerindeki farklılıklarından kaynaklanacağı düşünülmektedir. Ayrıca midyeler 2-100 μm boyutlarında olan organik ve inorganik her türlü partikülü süzerek beslenirler. Ortalama 7-8 cm boyundaki bir midye saatte 10-15 l suyu süzme özelliğine sahiptir. Midyelerin filtrasyon hızı üzerine; Midye büyüklüğü, Parçacık büyüklüğü, Partikül yoğunluğu, Partikül türü, Su sıcaklığı, Su akıntısı etkilidir. Midyelerde beslenme az olduğunda büyüme yavaşlar veya durur. Et verimi düşer ve gonadlarda olgunlaşma tam olmaz, alınan döllere dayanıksız ve küçük olur (MEB 2011).

Ağır metal sonuçlarının istatistik değerlendirmesine bakıldığında Cd, Cu ve Zn'in

en fazla ette, kabuk ve kayada ise yaklaşık aynı değerlerde ve en düşük olduğu (Şekil 12, 13 ve 16); Ni'in kabuk ve kayada fazla ve yaklaşık aynı, ette ise en düşük olduğu (Şekil 16); Co'un ette en fazla, kabuk ve kayada en düşük ve yaklaşık aynı olduğu (Şekil 15); Pb'un ise en fazla ette sonra kayada ve kabukta olduğu (Şekil 11) görülmüştür. Hg ise sadece ette ölçülebilmştir, kaya ve kabukta ölçülebilen değerler sınırında değildir.

Calabrese vd (1977) Amerikan istiridyesi (*Crassostrea virginica* Gmelin, 1791) ve Deniztarağında (*Mercenaria mercenaria* Linnaeus, 1758) Hg, Cu, Ag, Zn ve Ni ağır metallerini çalışmış ve en düşük Ni 'in olduğunu bulmuşlardır. En toksik ağır metallerin başında gelen kadmiyum, düşük konsantrasyonlarda bile su canlıları için son derece zararlı etkilere sahiptir. Kadmiyumun, çevre kirliliği görülen denizlerdeki canlılarda biriktiği ve değişik seviyelerde toksik etkiler meydana getirdiği yapılan birçok çalışmada gösterilmiştir. Organizmanın bünyesinde bakır ve çinko eksikliği büyümeyi sınırlandırırken, yüksek miktarı toksik olabilmektedir (Kayhan vd 2009).

Kabuk ve kaya değerleri ile ilgili diğer çalışmalarda bir veri bulunmadığından sadece etteki değerlerin karşılaştırılması Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Ette Bulunan Ağır Metal Düzeylerinin Diğer Çalışmalar İle Karşılaştırılması* (Kuru ağırlıkta ve ppm olarak)

Çalışmalar	Lokasyon	Tür	Çalışılan Ağır Metaller						
			Zn	Cd	Pb	Cu	Hg	Co	Ni
Bu Çalışma	Antalya Körfezi (Lokalite 1)	<i>Lithophaga lithophaga</i>	25.611	0.461	0.248	4.195	0.004	0.395	1.106
	Antalya Körfezi (Lokalite 2)		19.121	0.280	0.240	3.344	0.003	0.219	1.194
Yazkan vd. (2004)	Antalya Körfezi	<i>Octopus vulgaris</i>	10.95-21.52	0.23-0.72	0.00-0.35	1.86-6.22			
		<i>Sepia officinalis</i>							
		<i>Loligo vulgaris</i>							
		<i>Parapenaeus longirostris</i>	11.73-14.24	0.26-0.28	- **	4.24-7.40			
		<i>Mullus barbatus</i>							0.084
Yarsan vd. (2013)	Antalya Körfezi	<i>Mugil cephalus</i>							0.060
		<i>Panaeus semisulcatus</i>							0.124
Demir ve Akkuş (2018)	Çanakkale Boğazı	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	14.513	0.515					
Abay (2018)	Dicle Nehri	<i>Unio mancus</i>	94.2		5.72	31.66		2.51	14.1
		<i>Anodonta anatina</i>	117.68		3.84	23.75		3.05	16.06
Yiğit ve Ard. (2018)	Çanakkale	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	27.38		0.07	71.5			
Dökmeci (2017)	Tekirdağ Kıyısı, Marmara Denizi	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	88.98	0.75	9.2	3.5	<0.33		2.46
Tepe ve Süer (2016)	Giresun, Karadeniz	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	53.3	0.278	0.479	16.6		0.177	1.26
Özsuer ve Sunlu (2013)	İzmir Körfezi	<i>Lithophaga lithophaga</i>	293.16	2.23	9.48	64.65			
Deudero vd. (2007)	İspanya	<i>Lithophaga lithophaga</i>	341.90	2.21	9.20	18.40			
Topcuoğlu vd. (2003)	Marmara Denizi	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	319.90	2.88	9.50	- **			
Topcuoğlu vd. (2002)	Karadeniz	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	512.50	6.44	2.60	11.52			
Maanan (2008)	Fas	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	292.00	7.20	9.60	26.80			
Tosyalı (2005)	Marmara Denizi	<i>Mytilus galloprovincialis</i>		0.29	0.15	0.04		0.03	0.28
Yarsan vd. (2000)	Van Gölü	<i>Unio stevenianus</i>	15.93	0.09	1.43	5.83			
Ünsal vd. (1993)	Batı karadeniz (İnabolu)	<i>Mytilus galloprovincialis</i>			0.39	2.20-8.06	0.20		
	Batı karadeniz (Sakarya)				0.01	0.34	0.03		
	Batı karadeniz (İğneada)				0.12	1.31	0.03		
Ünsal vd. (1998)	Doğu Karadeniz	<i>Mytilus galloprovincialis</i>		0.60-1.20	5.00-16.00	8.60-10.00	0.015		

* Boş bırakılan hücrelerde o metal ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamış
 ** Ölçülemeyen değer

Çizelge 5 incelendiğinde Zn, Cd, Pb, Cu, Hg değerinin genelde düşük olduğu, Co ve Ni değerlerinin yakın olduğu görülmüştür. Antalya körfezinde yapılan diğer çalışmalarla kıyaslandığında Zn, Cd, Pb ve Cu değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Çalışılan *L. lithophaga* Akdeniz ve Antalya Körfezi için indikatör tür olarak kullanılabilir. Elde edilen veriler ışığında sonraki yıllarda yapılacak çalışmaların karşılaştırılması Antalya Körfezi ağır metal kirliliğindeki değişim hakkında bilgiler sunacaktır. Ayrıca Çizelge 5'te yapılan karşılaştırmada görüldüğü gibi çeşitli canlılar ile

yapılan araştırmalarda elde edilen bulgular ile bu çalışmanın sonuçları örtüşmektedir. Yazkan ve arkadaşlarının 2004 yılındaki çalışmasında elde ettiği Zn değerine göre bizim ölçümlerimiz farklılık göstermektedir. 2004 yılından bu yana Zn değerindeki artış başka bir çalışmanın konusu olarak değerlendirilebilir. Çalışmada ağır metal çeşidinin fazlalığı sebebiyle sonraki çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Yine Çizelge 5'te görülüyor ki Antalya Körfezi ağır metal kirliliği bakımından çalışılan diğer alanlardan daha az kirlidir.

Yumuşakçalar, başta denizde olmak üzere tatlı su ve karada yaşayan bentik canlılardır. Toksikoloji çalışmalarında çoğunlukla bivalvia, gastropoda ve cephalopoda sınıfının üyeleri kullanılmaktadır. Bivalvia; istiridye, midye, deniz tarağı gibi ortamdaki kolay toplanan canlıları içerirler. Bu organizmalardan *Mytilus galloprovincialis*,

Patella caerulea en çok kullanılan türlerdendirler. Sürünerek hareket eden Gastropoda üyeleri ağır metal kirliliği ve radyoaktivite çalışmalarında önem arz etmektedir. Bir su ortamının Zn ve Cd açısından kirlilik düzeyini belirlemede ise cephalopoda sınıfına giren ahtapot, sübye, kalamar ve karidesin indikatör canlılar olabileceği düşünülmektedir (Başçınar 2009).

Sonuç olarak; ağır metallerde midyenin et, kabuk kısmı ve kayada olmak üzere üç farklı alanda bakılmıştır. Literatürdeki diğer çalışmalarda ise ağır metallerde yalnızca ette bakıldığından bu çalışma önemlidir. Ayrıca bakılan ağır metal sayısı diğer çalışmalardan fazladır. Bu bakımdan da çalışma daha kapsamlı ve ilk olma özelliği taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonim (2019). http://data.iucn.org/Themes/ssc/our_work/wildlife_trade/citescop13/pdf/CoP13_Prop_35_Lithophaga_lithophaga.pdf. Son Erişim Tarihi: 06.04.2018.
- Abay, Ç.K. (2018). "Dicle Nehri'nden Toplanan *Unio mancus* ve *Anodonta anatina* Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması". Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech, 8(1): 53-60.
- Akşit, D., Mutaf, B.M. (2014). "The Gill Morphology of The Date Mussel *Lithophaga lithophaga* (Bivalvia: Mytilidae)". Turk J Zool, 38: 61-67.
- Argese, E. C., Bettiol, C., Rigo, S., Bertini, S., Colomban P., Ghetti, F. (2005). "Distribution of arsenic compound in *Mytilus galloprovincialis* of the Venice Lagoon, Italy". Science of the Total Environment, 15: 267- 277.
- Atabeyoğlu, K., Atamanalp, M., (2010). "Yumuşakçalarda (Molluska) Yapılan Ağır Metal Çalışmaları". Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 1(5): 35-42.
- Balkıs, N., Algan, O. (2005). Marmara Denizi Yüzeysel Sedimentlerinde Metallerin Birikimi ve Denetleyen Mekanizmalar, Deniz Kirliliği: TÜDAV Yayınları. İstanbul-Türkiye.
- Başçınar, N. S. (2009). "Bentik Canlılar ve Biyoindikatör Tür". Sümae Yunus Araştırma Bülteni, 1(9).
- Bilgin, M., Uluturhan, E.S. (2015). "Homa Dalyanı'nda (İzmir Körfezi) dağılım gösteren *Mytilus galloprovincialis* ve *Tapes decussatus* (Bivalvia) türlerinde ağır metal birikimlerinin incelenmesi". Ege J.Fish Aqua Sci, 32(1): 1-8.
- Brickner, I., Kramarsky-Winter, E., Mokady, O., Loya, Y. (1993). "Speciation in the coral-boring bivalve *Lithophaga purpurea*: evidence from ecological, biochemical and SEM analysis". Marine Ecology Progress Series, 101: 139-145.
- Calabrese, A., MacInnes, J.R., Nelson, D.A., Miller, J.E. (1977). "Survival and growth of bivalve larvae under heavy-metal stress". Marine Biology, 41: 179-184.
- Demir, N, Akkuş, G. (2018). "Çanakkale Boğazı (Kepez) Midye (*Mytilus galloprovincialis* L., 1819) Örneklerinde Ağır Metal ve Antioksidan Enzim Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi". Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5(4): 659-666.
- Deudero, S., Box, A., March, D., Valencia, J. M., Grau, A. M., Tintore, J., Benedicto, J. (2007). "Temporal trends of metals in benthic invertebrate species from the Balearic Islands, Western Mediterranean". Mar Pollut Bull, 54: 1523-1558.

- Devescovi, M. (2009). "Biometric differences between date mussels *Lithophaga lithophaga* colonizing artificial and natural structures". *Acta Adriat.*, 50(2): 129-138.
- Dökmeci, A. H. (2017). "Assessment of Heavy Metals in Wild Mussels *Mytilus galloprovincialis* From the Marmara Sea Coast of Tekirdag (Turkey)". 15th International Conference on Environmental Science and Technology. Rhodes-Greece.
- Egemen, Ö., Sunlu, U. (2003). Su Kalitesi: Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları 14, Ege Üniversitesi Basımevi. İzmir-Türkiye.
- Gökoğlu, M., Özvarol, Y. (2010). "Antalya Falezlerinde Fosil Midye (*Lithophaga lithophaga* L., 1758), (Mytilidae)'nın Derinliğe Bağlı Dağılımı". 14. Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı Bildiriler Kitabı, 98-102.
- Guevara, S.R., Bubach, D., Vigliano, P., Lippolt, G., Arribere, M. (2004). "Heavy metal and other trace elements in native mussel *Diplodon chilensis* from Northern Patagonia Lakes, Argentina". *Biological Trace Element Research*, 102: 245-263.
- Hu, H. (2000). "Exposure to metals". *Occupational and Environmental Medicine*, 27: 983-996.
- Kartal G., Kahvecioğlu Ö., Güven A., Timur S. (2004). "Metallerin Çevresel Etkileri-II". *Metalurji Dergisi*, 137: 46-51.
- Kayhan, F. E. (2006). "Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi". *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 1-2(23): 215-220.
- Kayhan, F. E., Gulsoy, N., Balkıs, N., Yüce, R. (2007). "Cadmium and lead levels of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from Bosphorus, İstanbul, Turkey". *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10: 915-919.
- Kayhan, F. E., Muşlu, M. N., Koç, N. D. (2009). "Bazı Ağır Metallerin Sucul Organizmalar Üzerinde Yarattığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar". *Journal of FisheriesSciences.com*, 3(2): 153-162.
- Maanan, M. (2008). "Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region". *Environ Pollut*, 153: 176-183.
- Martin, S., Griswold, W. (2009). "Human Health Effects of Heavy Metals". Kansas State University Center for Hazardous Substance Research.
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2011). Yumuşakça ve Eklembacaklılar, bireysel öğrenme materyali. Ankara-Türkiye.
- Owada, M. (2007). "Functional morphology and phylogeny of the rock-boring bivalves *Leiosolenus* and *Lithophaga* (Bivalvia: Mytilidae): a third functional clade". *Mar Biol*, 150: 853-860. DOI: 10.1007/s00227-006-0409-y.
- Özsuer, M., Sunlu, U. (2013). "Temporal Trends of Some Trace Metals in *Lithophaga lithophaga* (L., 1758) from Izmir Bay (Eastern Aegean Sea)". *Bull Environ Contam Toxicol*, 91: 409-414. DOI: 10.1007/s00128-013-1051-2.
- Rovere, A., Bellati, B., Parravicini V., Firpo M., Morri, C., Bianchi, C. N. (2009). "Abiotic and Biotic Links Work Two Ways: Effects on the Deposit at the Cliff Foot Induced by Mechanical Action of Date Mussel Harvesting (*Lithophaga lithophaga*)". *Estuaries and Coasts*, 32: 333-339. DOI: 10.1007/s12237-008-9127-7.
- Sağlamtimur, B., Cıçık, B., Erdem, C. (2003). "Effects of different concentrations of Cu alone and Cu+Cd mixture on the accumulation of Cu in the gill, liver, kidney and muscle tissues of *Oreochromis niloticus*. (In Turkish)". *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27: 813-820.
- Sezgin, Ö., Yılmaz, H. K. (2012). "Akdeniz Ekosisteminde Alglerin Yeri ve Önemi". *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(1): 15-24. ISSN: 1308-0040. E-ISSN: 2146-0132.
- Tepe, S., Süer, N. (2016). "The Leves of Heavy Metals in the Mediterranean Mussel (*M. galloprovincialis* Lamarck, 1819) Example of Giresun Coasts of Black Sea, Turkey". *Indian Jurnal of Geo-Marine Sciences*, 45(2): 283-289.
- Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, C., Güngör, N. (2002). "Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea". *Environ. Int.*, 27: 521-526.
- Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, C., Yılmaz, Y. Z. (2003). "Heavy metal levels in biota and sediments in the northern coast of the Marmara Sea". *Environ. Monit. Assess.*, 1996: 183-189.
- Tosyalı, C. (2005). "*Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) Midyesi'nde Pişirmenin Çeşitli Ağır Metal Düzeylerine Etkisi". Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı. Kahramanmaraş-Türkiye.
- Ünsal, M., Bekiroğlu, Y., Yemenicioğlu, S., Akdoğan, Ş., Ataç, Ü., Ergin, S., Kayıkçı, Y., Aktaş, M., Yıldırım, C. (1993). "Batı Karadeniz'de Ekonomik Önemi Olan Bazı Deniz Ürünlerinde Ağır Metallerin Belirlenmesi". Proje No: DEBAG-80G. Deniz Bil. Enst. Erdemli-İçel-Türkiye, Su Ür. Araş. Enst. Yomra-Trabzon-Türkiye.

- Ünsal, M., Çağatay, N., Bekiroğlu, Y., Kıratlı, N., Alemdar, N., Aktaş, M., Sarı, E. (1998). "Karadeniz'de Ağır Metal Kirliliği". Proje No: YDEBÇAG-456/G-457/G". Deniz Bil. Enst. Erdemli-İçel-Türkiye, Su Ür. Araş. Enst. Yomra-Trabzon-Türkiye.
- Varlık, B. (1991). "Investigation of effects of some heavy metal (Cd-Pb) to the different development stages of *Mytilus galloprovincialis*". Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir-Türkiye.
- Yarsan, E., Bilgili, A., Türel, İ. (2000). "Van Gölü'nde Toplanan Midye (*Unio stevenianus kryniki*) Örneklerinde Ağır Metal Düzeyleri". Turk J Vet Anim Sci, 24(2000): 93-96.
- Yarsan, E., Yıpel, M., Yıpel, F. A., Dikmen, B. (2013). "Accumulation of Nonessential Potentially Toxic Trace Elements (PTEs) in the Some Economically Important Seafood Species of Mediterranean". Kafkas Univ Vet Fak Derg. DOI: 10.9775/kvfd.2013.9749.
- Yazkan, M., Özdemir, F., Gölükçü, M. (2004). "Antalya Körfezinde Avlanan Bazı Yumuşakçalar ve Karideste Cu, Zn, Pb ve Cd İçeriği". Turk J Vet Anim Sci, 28(2004): 95-100.
- Yiğit, M., Çelikkol, B., Yılmaz, S., Bulut, M., Özalp, R. L., Maita, D. M., Kızılkaya, B., Yiğit, Ü., Ergün, S., Gürses, K., Büyükkateş, Y. (2018). "Bioaccumulation of trace metals in Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from a fish farm with copper-alloy mesh pens and potential risk assessment". Human and Ecological Risk Assessment, 2(24): 465-481.