

## Antalya, Rize ve Yalova Kıyı Sularından Örneklenen Karides Türlerinin (*Aristeus antennatus* (Risso, 1816), *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837), *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846)) Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Tuba YAĞCI<sup>in</sup>

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Biyoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bilecik.

Sorumlu Yazar: tuba.yagci@bilecik.edu.tr

**Araştırma Makalesi**

Geliş 17 Ocak 2019; Kabul 01 Nisan 2019; Basım 15 Eylül 2019.

**Alıntılama:** Yağcı, T. (2019). Antalya, Rize ve Yalova kıyı sularından örneklenen karides türlerinin (*Aristeus antennatus* (Risso, 1816), *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837), *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846)) metal içeriklerinin değerlendirilmesi. *Acta Aequatica Turcica*, 15(3), 298-306. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.514050>

### Özet

Bu çalışmada Akdeniz'in Antalya kıyısı, Karadeniz'in Rize kıyısı ve Marmara'nın Yalova kıyısından örneklenen karides türlerinin (sırasıyla; *Aristeus antennatus*, *Palaemon adspersus*, *Parapenaeus longirostris*) kas dokularında kadmiyum (Cd), bakır (Cu), çinko (Zn) ve nikel (Ni) ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiştir. Atomik Absorpsiyon Spektrometre (AAS) cihazı kullanılarak ölçüm işleri gerçekleştirilmiştir. Tespit edilen ağır metal içeriklerine göre hesaplanan metal kirlilik indeksi (MPI) ile günlük ve haftalık alım değerleri bölge kirliliği ve insan sağlığı açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlar, uluslararası limit değerler ve uluslararası tüketilebilir ve standart değerler ile karşılaştırılmıştır. Cd'nin en yüksek konsantrasyonu *P. adspersus* ve *P. longirostris*'de, Cu konsantrasyonu ise en yüksek *P. adspersus*'da kaydedilmiştir. Ni içeriğinin yalnızca *A. antennatus*'da olmasına karşın, Zn konsantrasyonu sırasıyla en yüksek *P. adspersus*, *P. longirostris* ve *A. antennatus*'da kaydedilmiştir. Sonuç olarak, Cd seviyeleri Marmara Denizi ve Karadeniz'den alınan örneklerde maksimum kabul edilebilir sınırların üzerinde bulunmuştur. Ayrıca Marmara Denizi ve Karadeniz'den alınan örneklerin metal kirlilik indeksleri limit değer (1<MPI) üzerinde bulunmuştur. Metal seviyeleri insan sağlığı açısından değerlendirildiğinde tüketiciler için risk oluşturmamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Metal kirliliği, biyomonitor, karides, akuatik ekosistem.

### The Evaluation of Heavy Metal Content in Shrimp Species (*Aristeus antennatus* (Risso, 1816), *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837), *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846)) Sampled from the Antalya, Rize and Yalova Coastal Ecosystems

#### Abstract

In this study, the cadmium (Cd), copper (Cu), zinc (Zn) and nickel (Ni) heavy metal concentrations in the muscle tissues of three shrimp species (respectively; *Aristeus antennatus*, *Palaemon adspersus*, *Parapenaeus longirostris*) were determined. The organisms were collected from the Antalya coast of the Mediterranean Sea, Rize coast of the Black Sea, and from the Yalova coast of the Marmara Sea and Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) instrument were used for measurement. The metal pollution index (MPI) was calculated based on the detected heavy metal content, and the daily and weekly intake values were evaluated in terms of regional pollution and human health. The results were compared with the national-international limit values and international consumed and standart values. The highest concentration of Cd was detected in *P. adspersus* and *P. longirostris*, while the Cu concentration was highest in *P. adspersus*. Although the Ni content was recorded only in *A. antennatus*, Zn concentration was highest in *P. adspersus*, *P. longirostris*, and *A. antennatus*, respectively. The Cd levels were above the maximum acceptable limits in the samples taken from Marmara Sea and the Black Sea. In addition, the MPI of samples taken from Marmara Sea and the Black Sea was found to be above the limit value (1<MPI). In terms of human health, the metal levels do not pose any risk to consumers.

**Keywords:** Metal pollution, biomonitoring, shrimp, aquatic ecosystem.

## GİRİŞ

Karidesler, Krustase sınıfına dahil olup, Decapoda takımında yer almaktadır (Kocataş vd., 1991). Türkiye'nin sahip olduğu Karadeniz ve Akdeniz ile bu ekosistemleri birbirine bağlayan İstanbul, Çanakkale ve Marmara Denizi'nden oluşan Türk Boğazlar Sistemi'nde şimdiye kadar Krustase'lerin yaklaşık 244 türü tanımlanmıştır. Bu türlerin arasında 84'ü karides faunasına aittir (Kocataş ve Katağan 2003; Ateş vd., 2010). Karideslerin içerdiği yüksek protein miktarı nedeniyle pek çok ülkede denizel besin kaynağı olarak tüketilmektedir. *Palaemon adspersus* Rathke, (1837); Avrupa Atlantik kıyıları, Baltık Denizi, Akdeniz kıyıları, Karadeniz ve Hazar Denizi'nde, *Palaemon longirostris* Lucas, (1846); Avrupa Atlantik kıyısı, Baltık denizi ve Akdeniz'de, *Aristeus antennatus* Risso, (1816); Kuzey Adriyatik Denizi, Hint Okyanusu, Doğu Atlantik'in Orta bölgesi, Brezilya'nın kuzey kıyıları ve Akdeniz'de yayılış gösteren ekonomik türler arasında yer almaktadır (Sezgin vd., 2007; Marra vd., 2005). Ticari önemlerinin yanı sıra ağır metal indikatörleri olarak sıklıkla kullanılan karidesler, ekolojik olarak da oldukça önemlidir (Baboli ve Velayatzadeh, 2013).

Akuatik çevrelerde ağır metal ve iz elementlerin seviyeleri sanayi, madencilik ve tarımsal faaliyetler gibi insan aktiviteleri ile artarak kirliliğe neden olmaktadır. Metal birikimi besin zinciri vasıtasıyla akuatik canlıların organlarında çok yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir (Heath, 1987; Kalay ve Canlı 2000). Bu nedenle akuatik organizmalar buldukları çevrede kirliliğin biyolojik olarak en iyi şekilde izlenmesine imkân sağlar (Schüürman ve Markert 1998; Velayatzadeh vd., 2014). Akuatik organizmalarda Cd (kadmium) biyobirikimi çok düşük seviyede bile zararlıdır. Bununla birlikte metabolik faaliyetler için gerekli fakat düşük miktarlarda ve sürekli tüketildiğinde toksik olan Cu (Bakır), Zn (Çinko), Ni (Nikel) gibi metallerin maksimum sınır değerlerine ulaşması hem insan sağlığı hem de çevre kirliliği için endişe uyandırmaktadır (Rainbow ve White 1989; Pourang vd., 2005; Çelik ve Oehlenschläger 2007). Ekotoksikolojik araştırmalar sahil ve iç kesimlerde bulunan su ortamlarında metal kirliliğinin hızlı bir şekilde arttığını bildirmektedir (Burridge vd., 1999; Kimbrough vd., 2008). Türkiye'nin Karadeniz kıyıları artan sanayileşmeden, Marmara Denizi kıyıları ise kentsel atık sular, tarım, ulaşım gibi faaliyetler ve Karadeniz'den gelen kirlilikten olumsuz etkilenmektedir (Balkıs ve Çağatay 2001; Altas ve Büyükgüngör 2007). Antalya Körfezi'nde deniz ürünlerinin metal içerikleri ile ilgili yapılan araştırmalar Akdeniz kıyı sularında henüz metal kirliliği tehlikesinin olmadığını belirtmektedir. Fakat bölgede uluslararası taşımacılık, kentleşme ve turizmin yaygın olması metal kirliliği riskini artırmaktadır (Yazkan, 2002; Kayhan vd., 2010). Tüm canlıları tehdit eden bu kirliliğin oluşturduğu ekolojik hasar, izlenmesi ve önlem alınması gereken çok ciddi bir problemdir. Biyomonitör organizmalar, metali depolayarak sulardaki seviyesinin zamana dayalı ölçümünü sağlayan, çevre kirleticileri için erken belirleyici indikatörlerdir (Rainbow, 1993).

Bu araştırmada Karadeniz, Marmara Denizi ve Akdeniz kıyılarının metal kirliliği durumunun izlenmesi için yapılan araştırmalara katkı sağlamak amacıyla örneklendirilen karides türlerinde (sırasıyla, *P. adspersus*, *P. longirostris* ve *A. antennatus*) Cd, Cu, Zn, Ni metallerinin konsantrasyonları incelenmiştir. Sonuçlar daha önceki veriler ve ulusal-uluslararası tolere edilebilir üst limitler ile karşılaştırılmıştır (TGK, 2001, 2011; FAO, 1983). Ayrıca örneklerin alındığı lokalitelerin kirlilik durumunun tanımlanmasında metal kirlilik indeksleri (MPI) kullanılmıştır. Metal analizi yapılan karides türlerinin biyomonitör özelliklerinin anlaşılabilmesi için her bir türe ait ortalama metal içerikleri arasındaki farklar incelenmiştir. Metal seviyelerinin insan sağlığı açısından kabul edilebilir sınırlarda olup olmadığı günlük ve haftalık alımlar hesaplanarak, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün önerdiği geçici kabul edilebilir günlük (PTDI) ve haftalık (PTWI) standart değerlerle belirlenmiştir (FAO,WHO, 2004; FAO, 2014).

## MATERYAL VE METOT

### Örneklerin metal analizi

Örnekler 2017 yılında, Nisan-Mayıs aylarında *P. adspersus* Rize (Doğu Karadeniz Kıyısı), *A. antennatus* Antalya (Akdeniz Kıyısı) ve *P. longirostris* Yalova (Marmara Denizi kıyısı)'da bölge balıkçılarından temin edilmiştir (Şekil 1). Metal analizi için örneklerin kas dokusu türe göre etiketlenerek -20 °C'de muhafaza edilmiştir. Her tür için en az 15 birey olmak üzere kas dokusundan alınan örnekler 105 °C'de kurutulmuştur. Kurutulan örnekler porselen havanda ezilerek homojenizasyonu sağlanmıştır. Homojenize edilen örneklerden 0,5 gr alınarak 5 ml (% 65'lik) nitrik

asitle karıştırılmış ve 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra 100 °C’de 4 saat asitle yakma işlemi uygulanmıştır. Yakılmış örnekler tekrar oda sıcaklığında bekletilerek filtre edilmiş ve süzülmüştür. Süzülen örnekler deiyonize su ile 25 ml’ye tamamlanarak çözeltinin şeffaflaştırılması sağlanmıştır (Çağlak ve Karşlı 2014).



Şekil 1. Karides örneklerinin alındığı lokaliteler

Hazırlanan dilüsyonda tayin edilmek istenen Cd, Cu, Ni ve Zn elementleri için Atomik absorpsiyon spektrometre (AAS) cihazında (Perkin-Elmer 1100B) metal stok çözeltisinden hazırlanan standartlar (Merck) ile kalibrasyon sağlanmıştır. Her bir örnek çözelti içindeki metal miktarı, absorbans değerlerine karşılık gelen konsantrasyon değerlerinin 3’er kez okutulması ile oluşturulan kalibrasyon grafiklerinden belirlenmiştir. Türler arasında metal konsantrasyon farklarının istatistiksel olarak değerlendirilebilmesi için IBM SPSS Versiyon 24.0 istatistik paket programı, tek yönlü varyans analizi kullanılarak ortalama ve standart sapma hesaplanmıştır (Tablo 1). Ortalama değerler arasındaki farklar  $P < 0,05$  ise istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Ayrıca farklı türlerde tespit edilen toplam metal içeriğini karşılaştırmak ve bölgelerin kirlilik durumlarının anlaşılabilmesi için metal kirlilik indeksi (MPI) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır (Shue vd., 2014). MPI değeri 1’den fazla ise kirlilik olduğuna, 1’den az ise herhangi bir kirliliğin olmadığına işaret etmektedir (Rakocevic vd., 2018).

$$MPI = (Cf1 \times Cf2 \times \dots \times Cfn)^{1/n}$$

Cfn: Metal konsantrasyonu

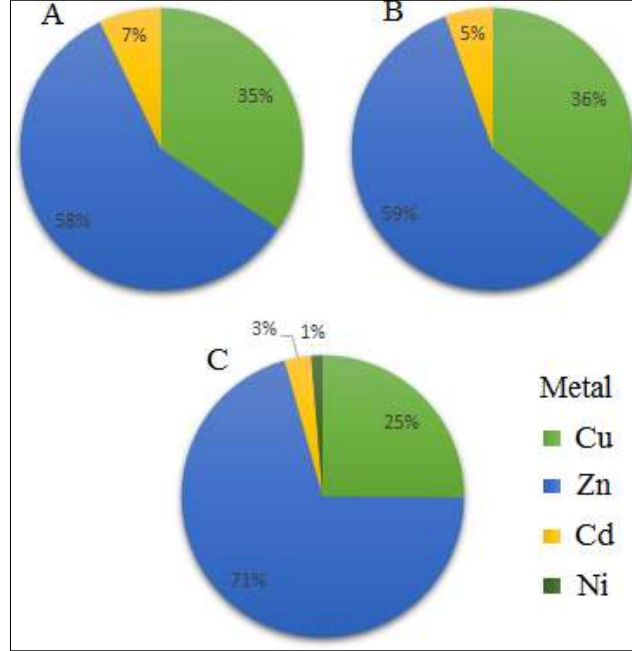
n: örnek sayısı

Araştırmada analizi yapılan türlerin balıkçılar tarafından satışa sunulan ve insanlar tarafından tüketilen türler olması nedeniyle insan sağlığı açısından öneminin anlaşılabilmesi için günlük ve haftalık tüketim değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar 70 kg ağırlığında olan bir kişinin günlük ortalama balık tüketiminin 15 gr olduğu varsayılarak yapılmıştır (Korkmaz ve Çolakfakıoğlu, 2016). Tespit edilen metal seviyeleri kilogram başına günlük tüketime izin verilen standart değerler ile karşılaştırılarak Tablo 2’de sunulmuştur.

## BULGULAR

Karideslere ait üç farklı türde toplam metal seviyelerinin ortalamasına göre en yüksek konsantrasyon sırasıyla *P. adspersus* (Karadeniz), *P. longirostris* (Marmara Denizi) ve *A. antennatus*’da (Akdeniz) tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Cu en yüksek konsantrasyonda *P. adspersus* > *P. longirostris* > *A. antennatus* olmak üzere 5,87 mg/kg, 4,49 mg/kg, 2,48 mg/kg olarak kaydedilmiştir. Zn’ nin ise en yüksek konsantrasyonu *P. adspersus* (9,58 mg/kg), en düşük konsantrasyonu *A. antennatus* (6,94 mg/kg) türünde bulunmuştur. Analizi yapılan metaller arasında en toksik olan Cd konsantrasyonları *P. adspersus* ve *P. longirostris*’de birbirine çok yakın ve sınır değerlerin üzerindedir

(0,93-0,90 mg/kg). *A. antennatus*'da ise Cd ve Ni içeriği en düşük seviyededir (0,30, 0,13). *P. adspersus* ve *P. longirostris* türlerinde ise Ni konsantrasyonu yoktur (Şekil 2). Türk Gıda Kodeksi ve Gıda ve Tarım Örgütü'nün deniz canlılarındaki kabul edilebilir ağır metal konsantrasyon verileri bu araştırmadaki değerler ile karşılaştırıldığında, Cd dışında araştırılan diğer metaller kabul edilebilir standart değerlerin altındadır (Tablo 1).



Şekil 2. Toplam metal konsantrasyonlarının türlere göre dağılımı (A: *P. longirostris*, B: *P. adspersus*, C: *A. antennatus*)

Tablo 1. Karides türlerinin kas dokusunda tespit edilen metal konsantrasyonlarının karşılaştırılması (ortalama konsantrasyon ± standart sapma, nd: tespit edilemeyen değer (null)).

Tür	Metal	Yıl	Bölge	Metal düzeyi	Referans	FAO mg/kg	TGK mg/kg
<i>Parapenaeus longirostris</i>	Cu	2007	Marmara Denizi	24,50±3,850 mg/kg	Kurun vd., 2007	30	20
		2008	Antalya/Akdeniz	1,33 ± 0,007 mg/kg	Gökoğlu vd., 2008		
		2009	Kuzey Doğu Akdeniz	2,2±0,672 mg/kg	Öksüz vd., 2009		
		2009	Marmara Denizi	5,19-7,60 mg/kg	Özden, 2010		
		2014	Tekirdağ/Marmara	25,48±0,3 mg/kg	Dökmeci vd., 2014		
		2017	Yalova /Marmara	4,49 ± 0,55 mg/kg	<b>Araştırma sonucu</b>		
	Zn	2007	Marmara Denizi	40,42±11,24 mg/kg	Kurun vd., 2007	30	50
		2008	Antalya/Akdeniz	14,57 ± 3,57 mg/kg	Gökoğlu vd., 2008		
		2009	Kuzey Doğu Akdeniz	6,1± 0,472 mg/kg	Öksüz vd., 2009		
		2009	Marmara Denizi	11,090-17,707 mg/kg	Özden, 2010		
		2014	Tekirdağ/Marmara	22,4±24,4 mg/kg	Dökmeci vd., 2014		
		2017	Yalova /Marmara	7.58 ± 1.66 mg/kg	<b>Araştırma sonucu</b>		
	Cd	2007	Marmara Denizi	0,77±0,31 mg/kg	Kurun vd., 2007	0,05	0,05
		2008	Antalya/Akdeniz	0.23 ± 0,03 mg/kg	Gökoğlu vd., 2008		
		2009	Kuzey Doğu Akdeniz	0,784±0,081 mg/kg	Öksüz vd., 2009		
		2009	Marmara Denizi	0,007-0,098 mg/kg	Özden, 2010		
		2014	Tekirdağ/Marmara	0,106±0,01 mg/kg	Dökmeci vd., 2014		
		2017	Yalova /Marmara	0,93 ± 0,32 mg/kg	<b>Araştırma sonucu</b>		
	Ni	2007	Marmara Denizi	4,27±2,78 mg/kg	Kurun vd., 2007	-	-
		2009	Marmara Denizi	0,316-0,507 mg/kg	Özden, 2010		
2014		Tekirdağ/Marmara	19,25±7,1 mg/kg	Dökmeci vd., 2014			
2017		Yalova /Marmara	nd	<b>Araştırma sonucu</b>			

<i>Palaemon adspersus</i>	Cu	2007	Marmara Denizi/Kuzey	38,65±6,56 mg/kg	Kurun vd., 2007	30	20
		2017	Rize/Karadeniz	5,87 ± 0,53 mg/kg	<b>Araştırma sonucu</b>		
	Zn	2007	Marmara Denizi/Kuzey	44±18,86 mg/kg	Kurun vd., 2007	30	50
		2017	Rize/Karadeniz	9,58 ± 0,77 mg/kg	<b>Araştırma sonucu</b>		
	Cd	2007	Marmara Denizi/Kuzey	0,66±0,39 mg/kg	Kurun vd., 2007	0,05	0,05
		2017	Rize/Karadeniz	0,9 ± 0,31 mg/kg	<b>Araştırma sonucu</b>		
	Ni	2007	Marmara Denizi/Kuzey	4,70±1,64 mg/kg	Kurun vd., 2007	-	-
		2017	Rize/Karadeniz	nd	<b>Araştırma sonucu</b>		
<i>Aristeus antennatus</i>	Cu	2015	Akdeniz	2,099±0,01mg/kg	Olgunoğlu, 2015	30	20
		2017	Akdeniz/Antalya	2,48±0,27 mg/kg	<b>Araştırma sonucu</b>		
	Zn	2015	Akdeniz	9,953±0,10 mg/kg	Olgunoğlu, 2015	30	50
		2017	Akdeniz/Antalya	6,94 ± 0,76 mg/kg	<b>Araştırma sonucu</b>		
	Cd	2015	Akdeniz	nd	Olgunoğlu, 2015	0,05	0,05
		2017	Akdeniz/Antalya	0,3 ± 0,25 mg/kg	<b>Araştırma sonucu</b>		
	Ni	2015	Akdeniz	nd	Olgunoğlu, 2015	-	-
		2017	Akdeniz/Antalya	0,13 ± 0,10 mg/kg	<b>Araştırma sonucu</b>		

Ayrıca farklı karides türleri arasındaki metal kirliliğinin önem derecesi metal kirlilik indekslerine göre *P. adspersus* ve *P. longirostris*'de sırasıyla; 3,1, 3,6 ( $1 < \text{MPI}$ ) olarak, *A. antennatus*'da ise 0,9 ( $1 > \text{MPI}$ ) olarak hesaplanmıştır. Karadeniz ve Marmara Denizi kıyılarından örneklendirilen türlerin metal kirlilik indeks değerlerinin 1 kritik değerinin üzerinde olması bu bölgelerde kirliliğin varlığına işaret etmektedir. Akdeniz bölgesinden örneklenen tür için hesaplanan MPI değerine göre bölgede endişe verici bir kirliliğin olmadığı kanısına varılmıştır. Metal konsantrasyonları belirlenen karides türlerinin Antalya, Rize ve Yalova'da insanlar tarafından tüketilmesi nedeniyle içerdikleri metal konsantrasyonlarına bağlı olarak, günlük ve haftalık alım değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Cu, Zn, Cd ve Ni içeriklerinin tolere edilebilir günlük ve haftalık limitlerin oldukça altında olduğunu ve tüketiciler açısından sorun teşkil etmediğini göstermiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Karides türlerinde hesaplanan haftalık alım değerleri (HHA) ve günlük alım değerleri (HGA) ile tolere edilebilir standart haftalık (THA) ve günlük (TGA) alım değerlerinin karşılaştırılması

Metal	THA <sup>1</sup>	THA <sup>2</sup>	TGA <sup>3</sup>	HHA – HGA ( <i>P.longirostris</i> )	HHA - HGA ( <i>P.adspersus</i> )	HHA - HGA ( <i>A. antennatus</i> )
Cu	3500 <sup>a</sup>	245000	35000	471,4-67,3	616,3-88	260,4-37,2
Zn	7000 <sup>a</sup>	490000	70000	795,9-113,7	1005,9-143,7	728,7- 104,1
Cd	7 <sup>a</sup>	490	70	97,6-13,9	94,5-13,5	31,5-4,5
Ni	35 <sup>b</sup>	2450	350 <sup>c</sup>	-	-	13,6-1,9

<sup>1</sup> THA, Tolere edilebilir haftalık alım ( $\mu\text{g}/\text{hafta}/\text{kg}$  vücut ağırlığı),

<sup>2</sup> THA, 70 kg ağırlığında yetişkin bir kişi için ( $\mu\text{g}/\text{hafta}/70$  kg vücut ağırlığı),

<sup>3</sup> TGA, tolere edilebilir günlük alım ( $\mu\text{g}/\text{gün}/70$  kg vücut ağırlığı),

<sup>a</sup> (FAO/WHO, 2004),

<sup>b</sup> Bir hafta için hesaplanan değer ( $\mu\text{g}/\text{hafta}/\text{kg}$  vücut ağırlığı),

<sup>c</sup> WHO, (2014) 1 kg vücut ağırlığı için günlük 5  $\mu\text{g}$ 'lık bir TGA önermektedir. (70 kg ağırlığındaki bir kişi için 350  $\mu\text{g}$ ),

HHA, Bu araştırmada hesaplanan haftalık alım değeri ( $\mu\text{g}/\text{hafta}/70$  kg vücut ağırlığı),

HGA, Bu araştırmada hesaplanan günlük alım değeri ( $\mu\text{g}/\text{hafta}/70$  kg vücut ağırlığı).

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Ekosistemlerde geniş ölçüde dağılım gösteren kurşun (Pb), civa (Hg) ve kadmiyum (Cd) gibi esansiyel olmayan ağır metaller ile çinko (Zn) ve bakır (Cu) gibi esansiyel elementlere belirli konsantrasyonlarda maruziyet tüm canlılarda toksik etkiler oluşturabilmektedir (Benavides vd., 2005). Ağır metallerin hayvanlar ve insanlar üzerindeki en önemli zararlı etkisi reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumuna neden olmaktır. Süperoksit ( $\text{O}_2^-$ ), hidroksil ( $\text{OH}^\cdot$ ) hidrojen peroksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) gibi reaktif türler sürekli olarak biyolojik sistemlerde, normal oksidatif metabolizma sırasında düşük seviyelerde üretilmektedir (Sanchez-Chardi vd., 2007). Fakat ağır metaller gibi kimyasal maddelere maruz kalma nedeniyle artan serbest radikal oluşumu oksidatif strese neden olarak hücrelerde DNA, lipid ve proteinlerde zararlı etkiler oluşturmakta ve bunun sonucu olarak, enzimler ve diğer önemli

makromoleküllerin fonksiyonları değişmektedir (Viegas-Crespo vd., 2003). İnsan ve çevre sağlığını olumsuz etkileyen kıyı sularının kirlilik durumunun belirlenmesi için farklı bölgelerden çeşitli karides türlerinin biyomonitör özelliklerini inceleyen, organizmaların metal içeriklerini konu alan birçok araştırma mevcuttur. Tür, eşey ve dokulara göre karideslerde metal içeriklerinin değişkenlik göstermesi nedeniyle bu çalışmada aynı tür ve kas dokusunda tespit edilen metal konsantrasyonları üzerinde durulmuştur.

Sucul ekosistemlerle ilgili olan araştırmaların çoğu, dar bir boğazla birbirine bağlı Marmara Denizi ve Karadeniz’de kirliliğin önemli derecede arttığını belirtmektedir. İç denizlerin doğal süreçlerle kendi kendini temizleme potansiyeli olmasına karşın antropojenik aktivite nedeniyle bu süreç zorlaşmaktadır (Taşdemir, 2002; Ökmen, 2011). Marmara Denizi’nde biyomonitör olarak kullanılan üç türün (*P. adpersus*, *P. serratus*, *P.s longirostris*) ağır metal birikimi incelenmiştir. Araştırmacılar, Cu içeriğini *P. longirostris* dışındaki tüm örneklerde, Cd içeriğini *P. adpersus* dışındaki tüm örneklerde, Zn içeriğinin ise sadece bir lokalitede eşik değerlerin oldukça üstünde olduğunu tespit etmişlerdir (Kurun vd., 2007). Marmara Denizi’nde yapılan başka bir çalışmada ise *P. longirostris* örneklerinde makromineral ve mikromineral konsantrasyonları araştırılmıştır. Bu minerallerden Cd için ortalama olarak 0,007–0,098 mg/kg, Cu için 5,194–7,600 mg/kg, Zn için 11,090–17,707 mg/kg, Ni için 0,316–0,507 mg/kg değerleri kaydedilmiştir (Özden, 2010). Marmara Denizi’nin kıyısında yer alan Tekirdağ kıyısındaki *P. longirostris* türüne ait örneklerde, Cu seviyesinin (25,48±0,3 mg/kg) maksimum limitlerin üstünde bulunduğu belirtilmiştir (Dökmeci vd., 2014). Ayrıca Marmara Denizi’nde *P. longirostris* örneklerindeki Cu, Zn, Cd ve Ni konsantrasyonları, Akdeniz Antalya Körfezi’nden alınan örnekler göre daha yüksektir (Gökoğlu vd., 2008; Öksüz vd., 2009). Bu çalışmada da Marmara Denizi kıyısından alınan (Yalova) *P. longirostris* örneklerinde tespit edilen metal seviyeleri Akdeniz’den alınan *P. longirostris*’e göre daha yüksek değerlerdedir.

Karadeniz bölgesinden alınan *Palaemon* cinsine ait *P. serratus* örneklerinin kas dokusunda Cu konsantrasyonu TGK, (2002) tarafından belirlenen sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir (Ergül ve Aksan, 2013). Bu çalışmada *P. adpersus* örneklerinde Cu değerleri sınır değerlerin altındadır. Kurun vd., (2007)’nin Marmara Denizi’nde *P. adpersus*’da belirledikleri Cu, Zn ve Ni değerleri, bu çalışmada Karadeniz’den alınan aynı tür örneklerin metal içeriklerine göre oldukça yüksek değerdedir. Ayrıca Karadeniz’e ait *P. adpersus* örneklerinin Cd değeri sınır değerlerin üzerinde tespit edilmiştir.

Akdeniz’den Aristeidae familyasına ait *A. antennatus* türü ile ilgili olarak ortalama Zn (9,953 ± 0,10 mg/kg) değerinin Cu (2,099 ± 0,01 mg/kg) değerinden fazla bulunduğu kaydedilmiştir. Cd ve Ni konsantrasyonlarının ise tespit edilmediği belirtilmiştir (Olgunoğlu, 2015). Bu çalışmada benzer olarak Akdeniz’e ait *A. antennatus* örneklerinin Zn değeri (6,94 ± 0,76 mg/kg) Cu değerinden (2,48 ± 0,27 mg/kg) fazladır. Ayrıca bu tür için Cd (0,3 ± 0,25 mg/kg) ve Ni (0,13 ± 0,10 mg/kg) konsantrasyonları kaydedilmiştir.

Elde edilen veriler dünyadaki diğer araştırmalarla kıyaslandığında ise Zn içeriklerinin Cu içeriklerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Kuzeydoğu Cezayir’de *A. antennatus* için Cu içeriği 139 mg/kg, Zn içeriği 105 mg/kg, Cd içeriğinin ise 0,83 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. *P. longirostris* türünde ise Cu değeri 134, Zn değeri 118, Cd değeri ise 0,89 mg/kg’ dır (Abdennour vd., 2000). Akdeniz’in güneydoğusunda İsrail kıyılarında yapılan bir başka çalışmada bu tür için verilen metal oranları Cu (21,8 mg/kg) > Zn (13,6 mg/kg) > Cd (0,06 mg/kg) olarak kaydedilmiştir (Kress vd., 1998). İspanya’nın Kanarya adalarında *P. adpersus*’ta Cu, Zn ve Ni’nin en yüksek ortalama değerleri *P. elegans* ve *P. serratus* türlerine göre daha yüksektir. Ortalama olarak Cu; 186,4 mg/kg, Zn; 124,7 mg/kg, Ni; 11,7 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Lozano vd., 2010). Araştırmacıların verdiği metal seviyeleri bu çalışmada *P. adpersus* türü için tespit edilen ortalama değerlerden oldukça yüksektir. Araştırmalar deniz yaşam alanlarının antropojenik metal kirlenmesinden etkilendiğini ve karides türlerinin çevre kirliliğinin belirlenmesinde dikkate alınabilecek biyomonitörler olduğu kanaatinde (Lorenzon vd., 2001).

Sonuç olarak, Zn, Cu, Ni ve Cd metallerinin ortalamasına göre en yüksek konsantrasyonları Karadeniz ve Marmara Denizi’ne ait örneklerde (*P. adpersus*, *P. longirostris*) tespit edilmiştir. Akdeniz’den alınan *A. antennatus* örneklerinin metal içerikleri analizi yapılan diğer türlere göre daha düşük seviyededir. Önceki çalışmalarda da Karadeniz ve Marmara Denizi’nin kirlilik durumu bildirilmiştir. Karides türlerinin metal içerikleri değerlendirildiğinde alındıkları bölgelerin kirlilik durumunu yansıtabilmesi, metal kirliliği için uygun biyomonitör olduklarını göstermektedir. Araştırma

sonuçlarına göre, metal analizi yapılan türlerle ilgili olarak şimdilik insan sağlığı açısından bir tehlike bulunmadığı söylenebilir. Ancak Rize ve Yalova kıyılarında Cd değerinin ulusal ve uluslararası sınır değerlerin üzerinde bulunması, ileriki zamanlarda insan sağlığı ve çevre kirliliği açısından tehlike oluşturabilir. Bu nedenle Karadeniz ve Marmara Denizi'nin izlenmesi, toksisiteyi meydana getiren unsurların belirlenmesi ve önüne geçilmesi için farklı alanları ve diğer sucül türleri içeren çalışmaların artırılması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdenmour, C., Smith, B.D., Boulakoud, M.S., Samraoui, B., & Rainbow, P.S. (2000). Trace metals in marine, brackish and freshwater prawns (Crustacea, Decapoda) from northeast Algeria. *Hydrobiologia*, 432, 217–227.
- Altas, L., & Büyükgüngör, H. (2007). Heavy metal pollution in the Black Sea shore and offshore of Turkey. *Environmental Geology*, 52 (3), 469-476.
- Ateş, A.S., Kocataş, A., Katağan, T., & Özcan, T. (2010). An updated list of decapods crustaceans on the Turkish coast with a new record of the Mediterranean shrimp, *Processa acutirostris* Nouvel and Holthuis 1957 (Caridea Processidae). *North-Western Journal of Zoology*, 6, (2), 209-217.
- Baboli, M.J., & Velayatzadeh, M. (2013). Determination of heavy metals and trace elements in the muscles of marine shrimp, *Fenneropenaeus merguensis* from persian gulf. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23 (3), 786.
- Balkıs, N., & Çağatay, M.N. (2001). Factors controlling metal distributions in the surface sediments of the Erdek Bay, Sea of Marmara, Turkey. *Environment International*, 27, 1–13.
- Bat, L., Şahin, F., Sezgin, M., Üstün, F., Baki, O.G., & Öztekin, H.C. (2013). Heavy metals in edible tissues of the brown shrimp *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758) from the Southern Black Sea (Turkey). *Journal Black Sea/Mediterranean Environment*, 19 (1), 70-81.
- Benavides, M.P., Gallego, S.M., & Tomaro, L.M. (2005). Cadmium toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17, 21–34.
- Burridge, L.E., Doe, K., Haya, K., Jackman, P.M., Lindsoy, G., & Zitko, V. (1999). Chemical analyses and toxicity tests on sediments under salmon net pens in the Bay of Fundy. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2291, 39.
- Çağlak, E., & Karlı, B. (2014). Beyşehir Gölü'ndeki Sudak (*Stizostedion lucioperca*, Linnaeus 1758) Balığı Kasında Bazı Ağır Metallerin Birikiminin Araştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20, 203-214.
- Çelik, U., & Oehlenschläger, J. (2007). High contents of cadmium, lead, zinc and copper in popular fishery products sold in Turkish supermarkets. *Food Control*, 18, 258-26.
- Dökmeçi, A.H., Yıldız, T., Ongen, A., & Sivri, N. (2014). Heavy metal concentration in deepwater rose shrimp species (*Parapenaeus longirostris*, Lucas, 1846) collected from the Marmara Sea Coast in Tekirdağ. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 2449–2454.
- Ergül, H.A., & Aksan, S. (2013). Evaluation of non-essential element and micronutrient concentrations in seafood from the Marmara and Black Seas. *Journal Black Sea/Mediterranean Environment*, 19 (3), 312-331.
- FAO, (1983). Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products pp. 5–100, *FAO fishery circular*, p. 464.
- FAO, (2014). Fisheries and Aquaculture, Turkey. FAO of the United Nations. [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_turkey](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_turkey). (Accessed on 21.11. 2014).
- FAO/WHO, (2004). Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956–2003), (First through sixtyfirst meetings). ILSI Press International Life Sciences Institute.
- Gökoğlu, N., Yerlikaya, P., & Gökoğlu, M. (2008). Trace elements in edible tissues of three shrimp species (*Penaeus semisulcatus*, *Parapenaeus longirostris* and *Paleomon serratus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 175–178.
- Heath, A.G. (1987). Water Pollution and Fish Physiology, CRC press, p. 245, Florida, USA.
- Kalay, M., & Canlı, M. (2000). Elimination of Essential (Cu, Zn) and Non-Essential (Cd, Pb) Metals from Tissues of a Freshwater Fish *Tilapia zilli*. *Turkish Journal of Zoology*, 24, 429-436.
- Kayhan, F.E., Muşlu, M.N., Çolak, S., Koç, N.D., & Çolak, A. (2010). Antalya Körfezi'nde Yetiştiriciliği Yapılan Mavi Yüzgeçli Orkinosların (*Thunnus thynnus*) Karaciğer ve Kas Dokularında Kurşun (Pb) Düzeyleri. *Ekoloji*, 19 (76), 65-70.
- Kimbrough, K.L., Johnson, W.E., Lauenstein, G.G., Christensen, J.D., & Apeti, D.A. (2008). An assessment of two decades of contaminant monitoring in the nation's coastal zone. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 74. Silver Spring, MD: NOAA.



- Kocataş, A., & Katağan, T. (2003). The Decapod Crustacean fauna of the Turkish Seas. *Zoology in the Middle East*, 29, 63-74.
- Kocataş, A., Katağan, T., & Üçal, O. (1991). Türkiye Karidesleri ve Karides Yetiştiriciliği. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, p.155, Bodrum, İzmir.
- Korkmaz, C., Ay, Ö., & Çolakfakıoğlu, Ç. (2016). Mersin İlinde Tüketime Sunulan Kabuklu ve Yumuşakça Türlerinin Kas Dokularında Ağır Metal Düzeyleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 12 (2),101-109.
- Kress, N., Hornung, H., & Herut, B. (1998). Concentrations of Hg, Cd, Cu, Zn, Fe and Mn in Deep Sea Benthic Fauna from the Southeastern Mediterranean Sea: A Comparison Study Between Fauna Collected at a Pristine Area and at Two Waste Disposal Sites. *Marine Pollution Bulletin*, 36 (2), 911-921.
- Kurun, A., Balkıs, H., & Balkıs, N. (2007). Accumulations of total metal in dominant shrimp species (*Palaemon adspersus*, *Palaemon serratus*, *Parapenaeus longirostris*) and bottom surface sediments obtained from the Northern Inner Shelf of the Sea of Marmara. *Environmental Monit Assess*, 135(1-3), 353-67.
- Lorenzon, S., Francese, M., Smith, V.J., & Ferrero, E.A. (2001). Heavy metals affect the circulating haemocyte number in the shrimp *Palaemon elegans*. *Fish & shellfish immunology*, 11, 459-472.
- Lozano, G., Herraiz, E., Hardisson, A., Gutiérrez, A.J., González-Weller, D., & Rubio, C. (2010). Heavy and trace metal concentrations in three rockpool shrimp species (*Palaemon elegans*, *Palaemon adspersus* and *Palaemon serratus*) from Tenerife (Canary Islands). *Environmental Monit Assess*, 168, 451-460.
- Marra, A., Mona, S., Sà, R. M., D'Onghia, G., & Maiorano, P. (2015). Population genetic history of *Aristeus antennatus* (Crustacea: Decapoda) in the western and central Mediterranean Sea. *PLoS one*, 10(3), e0117272..
- Olgunoğlu, M.P. (2015). Heavy Metal Contents in Muscle Tissues of Three Deep-Seawater Mediterranean Shrimp Species (*Plesionika martia*, *Plesionika edwardsii*, *Aristeus antennatus*). *Polish Journal of Environmental Studies*, 24 (6), 2553-2557.
- Ökmen, M. (2011). Karadeniz'de Çevre Sorunları ve İşbirliğine Yönelik Yerel, Bölgesel Perspektifler. *Bilgi, Türk Dünyası Sosyal Bilimler Dergisi*, 53, 165-194.
- Öksüz, A., Özyılmaz, A., Aktaş, M., Gerçek, G., & Motte, J. (2009). A comparative study on proximate mineral and fatty acid compositions of deep seawater rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas 1846) and red shrimp (*Plesionika martia*, A. Milne Edwards, 1883). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8 (1), 183-189.
- Özden, Ö. (2010). Seasonal differences in the trace metal and macrominerals in shrimp (*Parapenaeus longirostris*) from Marmara Sea. *Environmental Monit Assess*, 162,191-199.
- Pourang, N.J., Dennis, H., & Ghourchian, H. (2005). Distribution of heavy metals in *Penaeus semisulcatus* from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage. *Environmental Monit Assess*, 100, 71.
- Rainbow, P.S., & White, S.L. (1989). Comparative strategies of heavy metal accumulation by crustaceans: Zinc, copper and cadmium in a decapod, an amphipod and a barnacle. *Hydrobiologia*, 174, 245-262.
- Rainbow, P.S., & Phillips, D.J.H. (1993). Cosmopolitan biomonitors of trace metals. *Marine Pollution Bulletin*, 26 (11), 593-601.
- Rakocevic, J., Sukovic, D., & Maric, D. (2018). Distribution and relationships of eleven trace elements in muscle of six fish species from Skadar Lake (Montenegro). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18, 647-657.
- Sanchez-Chardi, A., Marques, C.C., Nadal, J., & Mathias, M.L. (2007b). Metal bioaccumulation in the greater white-toothed shrew, *Crocidura russula*, inhabiting an abandoned pyrite mine site. *Chemosphere*, 67,121-130.
- Schüürman, G., & Markert, B. (1998). Ecotoxicology, ecological fundamentals, chemical exposure, and biological effects, John Wiley & Sons, Inc. and Spektrum Akademischer Verlag, pp. 900.
- Sezgin, M., Aydemir, E., Ateş, A.S., Katağan, T., & Özcan, T. (2007). On the presence of the non-native estuarine shrimp, *Palaemon longirostris* H. Milne-Edwards, 1837 (Decapoda, Caridea), in the Black Sea. *Aquatic Invasions*, 2 (4), 464-465.
- Shue, M.F., Chen, W.D., Bellotindos, L.M., & Lu, M.C. (2014). Seasonal variations of heavy metals content in muscle and viscera of green-lipped mussel *Perna viridis* from Da-Peng Bay Lagoon in Taiwan. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences, Part A*, 77(20), 1222-1228.
- Taşdemir, Y. (2002). Marmara Denizi: Kirleticiler ve çevre açısından alınabilecek tedbirler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 7, 39-45.
- Türk Gıda Kodeksi, (2002). Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ 23.09.2002-24885 Sayılı Resmi Gazete.
- Türk Gıda Kodeksi, (2011). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, 29 Aralık 2011-28157 Sayılı Resmi Gazete.



- Velayatzadeh, M., Sary, A.A., & Sahafi, H.H. (2014). Determination of mercury, cadmium, arsenic and lead in muscle and liver of *Liza dussumieri* from the Persian Gulf. *Iran Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5 (3), 227.
- Viegas-Crespo, A.M., Lopes, P.A., Pinheiro, M.T., Santos, M.C., Rodrigues, P.D., Nunes, A.C., & Mathias, M.L. (2003). Hepatic elemental contents and antioxidant enzyme activities in Algerian mice (*Mus spretus*) inhabiting a mine area in central Portugal. *The Science of the Total Environment*, 311, 101–109.
- Yazkan, M., Özdemir, F., & Gölükçü, M. (2002). Antalya Körfezinde avlanan bazı balık türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği, *Turkish Journal Of Veterinary And Animal Sciences*, 26, 1309-1313.