

# Akdeniz Bölgesi (Antalya/ Türkiye) Makroalg Türlerinin Makro ve İz Element Seviyelerinin Belirlenmesi

Numan Emre GÜMÜŞ<sup>1</sup>  Hatice Banu KESKİNKAYA<sup>2</sup>   
Emine Şükran OKUDAN<sup>3</sup>  Cengiz AKKÖZ<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Kazım Karabekir Meslek Yüksekokulu, Çevre Koruma Teknolojileri Bölümü, Karaman, Türkiye

<sup>2</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoteknoloji Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>3</sup> Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Antalya, Türkiye

<sup>4</sup> Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Konya, Türkiye

## Makale Bilgisi

## ÖZET

### Makale Geçmişi

Geliş Tarihi: 03.10.2023

Kabul Tarihi: 10.12.2023

Yayın Tarihi: 30.04.2024

### Anahtar kelimeler:

Ağır metal,  
Antalya,  
Element kompozisyonu,  
Makroalg.

Algler denizel ortamdaki en büyük biyokütleyle sahip olan üreticilerden biri olarak ekosistemimizin önemli bir parçasıdır ve artan kirlilik sorununu izlemeye yardımcı olabilirler. Çalışmamızda, Antalya (Türkiye) kıyı alanlarından 2019 yılı yaz sezonunda toplanan *Jania rubens*, *Pterocladia capillacea*, *Ulva intestinalis*, *Halopteris scoparia*, *Ellisolandia elongata* ve *Halopithys incurva* makroalg örneklerinde makro (Ca, Mg, K, Na, P) ve iz element (Fe, Cd, Zn, Co, Mo, Ni, Cr) konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Element konsantrasyonları ICP-OES cihazıyla analiz edilmiştir. Elementler arasındaki pozitif ve negatif ilişkiler Pearson Korelasyon İndeksi ile analiz edilmiştir. Tüm örneklerde makro element düzeyleri iz element düzeylerinden daha yüksek bulunmuştur. Makroalg örneklerinde Ca, en yüksek konsantrasyonda bulunan makro element olarak belirlenirken, Fe ise iz element konsantrasyonu en yüksek olan metal olarak tespit edilmiştir. *U. intestinalis* türünde Mo, Cd ve Co, *H. scoparia* türünde Mo, *H. incurva* ve *P. capillacea* türünde Cd, *E. elongata* türünde Mo elementi tespit edilebilir limit değerlerinin altında kalmıştır. Çalışmamızda elde edilen veriler literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında sonuçların paralellik gösterdiği gözlenmiştir. Sucul ortamlara eksojen bileşiklerin girişi, ekosistemlerin sağlığı için gerçek bir risk oluşturmaktadır. Bu nedenle, geri dönüşü olmayan birtakım zararlara neden olmadan önce bu bileşiklerin doğal ortamdaki varlıklarını tespit etmek ve olumsuz çevresel etkilerini yenmek için etkin bir teknoloji geliştirmek son derece önem arz etmektedir.

## Determination of Macro and Trace Element Levels of Macroalgae Species the Mediterranean Region (Antalya/Türkiye)

## Article Info

## ABSTRACT

### Article History

Received: 03.10.2023

Accepted: 10.12.2023

Published: 30.04.2024

### Keywords:

Antalya,  
Elemental composition,  
Heavy metal,  
Macroalgae.

Algae is an important part of our ecosystem as one of the producers with the largest biomass in the marine environment and they can help monitoring the growing pollution problem. In our study, macro (Ca, Mg, K, Na, P) and trace elements (Fe, Cd, Zn, Co, Mo, Ni, Cr) concentrations were determined. In *Jania rubens*, *Pterocladia capillacea*, *Ulva intestinalis*, *Halopteris scoparia*, *Ellisolandia elongata* and *Halopithys incurva* macroalgae samples collected from Antalya (Türkiye) coastal areas in the summer season of 2019. Element concentrations were analyzed with the ICP-OES device. Positive and negative relationships between elements were analyzed with Pearson Correlation Index. Macro element levels were found to be higher than trace element levels in all samples. While Ca was determined as the macro element with the highest concentration in macroalgae samples, Fe was determined as the metal with the highest trace element concentration. Mo, Cd and Co elements in *U. intestinalis* species, Mo element in *H. scoparia*, Cd element in *H. incurva* and *P. capillacea*, Mo element in *E. elongata* remained below the detection limit values. When the data obtained was compared with other studies in the literature, it was observed that the results were parallel. The introduction of exogenous compounds into aquatic environments poses a real risk to the health of ecosystems. Therefore, it is extremely important to detect the presence of these compounds in the natural environment before they cause irreversible damage and to develop an effective technology to overcome their negative environmental effects.

### To cite this article:

Gümüş, N.E., Kesinkaya, H.B., Okudan, E.Ş. & Akköz, C. (2024). Akdeniz Bölgesi (Antalya/ Türkiye) Makroalg Türlerinin Makro ve İz Element Seviyelerinin Belirlenmesi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(1), 1-9. <https://doi.org/10.47112/neufmbd.2024.28>

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Numan Emre Gümüş, [numanemregumus@kmu.edu.tr](mailto:numanemregumus@kmu.edu.tr)



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ağır metaller çevreye; rafineri, madencilik, sanayi, doğal kaynaklar ve tarımsal kaynaklı yollarla yayılmaktadır[1]. Yerkabuğunda genelde eser miktarda bulunan ağır metaller, geniş bir çevresel matris aralığında eser konsantrasyonları nedeniyle iz elementler olarak sınıflandırılırlar. Kıyı ortamındaki ağır metal kirliliği, deniz sağlığına olumsuz etkileri nedeniyle büyük bir endişe kaynağıdır [2].

Sucul alanlarda yaşayan birincil üreticiler olan deniz algleri, ilaç, kozmetik, gıda, yakıt ve tekstil endüstrilerinde önemli rol oynayan ökaryotik ve ötrofik organizmalar olmaları nedeniyle uzun yıllardır birçok araştırmaya konu olmaktadır [3,4]. Deniz algleri, deniz ortamında en büyük biyokütleyle sahip olan üreticilerden ve yaklaşık 2 milyon tonunun denizlerden ve okyanuslardan toplandığı ve yapay sistemde kültürlendiği tropikal ekosistemde en yüksek düzeyde bulunan doğal kaynaklardan biridir [5].

Dünya nüfusunun artışı, iklim değişikliği, insanların doğaya verdiği zararın artmasıyla birlikte günden güne su kaynaklarının üstündeki baskıda artmaktadır [3,4]. Sürdürülemez sanayi ve artan zenginlik talebi doğal ekosistemleri daha çok tahrip etmektedir [8–10]

Bu nedenle, kül ve istenmeyen kimyasal elementlerin konsantrasyonunu azaltmak için deniz yosununa belirli bir ön işlemin uygulanması gerekip gerekmediğinin belirlenmesine olanak tanıyan bu çeşitli kimyasal elementlerin (makro ve iz elementler) tanımlanması ve miktarının belirlenmesi son derece önemlidir [11,12].

Deniz ortamının izlenmesi, çevre koruma politikasının geliştirilmesinde ve devam eden eylemlerin etkinliğinin değerlendirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Deniz yosunlarının, iz elementlerin biyobirikimine yönelik yüksek potansiyelleri ve kimyasal bileşimlerinin şekillenmesinde stresörlerin gözle görülür etkisi nedeniyle oldukça iyi bir gösterge organizma olduğu düşünülmektedir. Alglerin kimyasal bileşiminin değerlendirilmesi de önemlidir çünkü çok sayıda deniz yosunu türü gıda olarak kullanılmaktadır [13].

Dünyada hem denizlerde hem de tatlı sularda ağır metal düzeylerini belirleyebilmek için indikatör organizmalar olarak genellikle makroalg türleri tercih edilmektedir. Makroalgler, morfolojik yüzeylerindeki yüksek negatiflik sebebiyle birçok ağır metal iyonunu çekebilir ve depolayabilirler. Bu da makroalglerdeki ağır metal kontaminasyon seviyelerinin biyo-izlenmesi, çevreyi değerlendirmek ve kontrol etmek için önemlidir [14,15]. Makroalglerdeki metal içerikleri, türler ve yerler arasında değişiklik gösterir. Makroalgler türleri, hareket kabiliyetine sahip olmadıkları ve kirlenici maddelerden kaçamadıkları için yararlı biyo-göstergeler olarak işlev görürler ve ayrıca bunların bolluğu ve dağılımı deniz kıyısı ortamının sağlığını yansıtabilir. Ayrıca, makroalglerin nispeten kolay elde edilişi, onları kirlilik çalışmalarında uygun türler haline getirmektedir [16].

Türkiye'nin Akdeniz kıyıları, özellikle tarım kaynaklı ötrofikasyon ve kirlilik sorunlarının etkisi altındadır [17,18]. Bu çalışmada amacımız Antalya sahilinden toplanan makroalg örnekleri olan *J. rubens* (Linnaeus) J.V.Lamouroux 1816, *P. capillacea* (S.G.Gmelin) Bornet 1876, *U. intestinalis* Linnaeus 1753, *H. scoparia* (Linnaeus) Sauvageau 1904, *E. elongata* (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders 2013 ve *H. incurva* (Hudson) Batters 1902 türlerinin makro element (Ca, Mg, K, Na, P) ve iz element (Fe, Cd, Zn, Co, Mo, Ni ve Cr ) konsantrasyonlarını ve birikim düzeylerini araştırmaktır. Tespit edilen makro ve iz element düzeyleri yapılan diğer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE METOD (MATERIALS AND METHODS)

### Çalışma Alanı (Study Area)

Çalışma alanımızı oluşturan Antalya ili Türkiye'nin güneybatısında yer almakta olup turizm faaliyetleri açısından gelişmiş bir ilimizdir. Örneklerin alındığı istasyonumuz Antalya il sınırları içerisinde olup İstasyonlara ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Örnekleme yapılan istasyonlar ve bölgenin uydu görüntüsü Şekil 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Türlerin Alındığı İstasyonlar ve Koordinatları

Tür	İstasyon	Koordinat
<i>J. rubens</i>	Antalya/ Alacasu	36°32'7.28"K 30°33'28.94"D
<i>P. capillacea</i>	Antalya/ Gök Liman	36°16'41.17"K 30° 8'28.51"D
<i>U. intestinalis</i>	Antalya/ Demre Çay Ağzı	36°13'42.30"K 29°56'23.31"D
<i>H. scoparia</i>	Antalya/ Phaselis	36°31'33.93"K 30°33'8.64"D
<i>E. elongata</i>	Antalya/ Yat Limanı	36°53'3.95"K 30°42'5.25"D
<i>H. incurva</i>	Antalya/ Boğazak- Serik	36°49'59.84"K 31° 7'28.67"D



**Şekil 1.** Örnekleme istasyonunun ve bölgenin uydu görüntüsü.

### Makroalglerin Toplanması ve Tanımlanması (Sampling and Identification of Macroalgae)

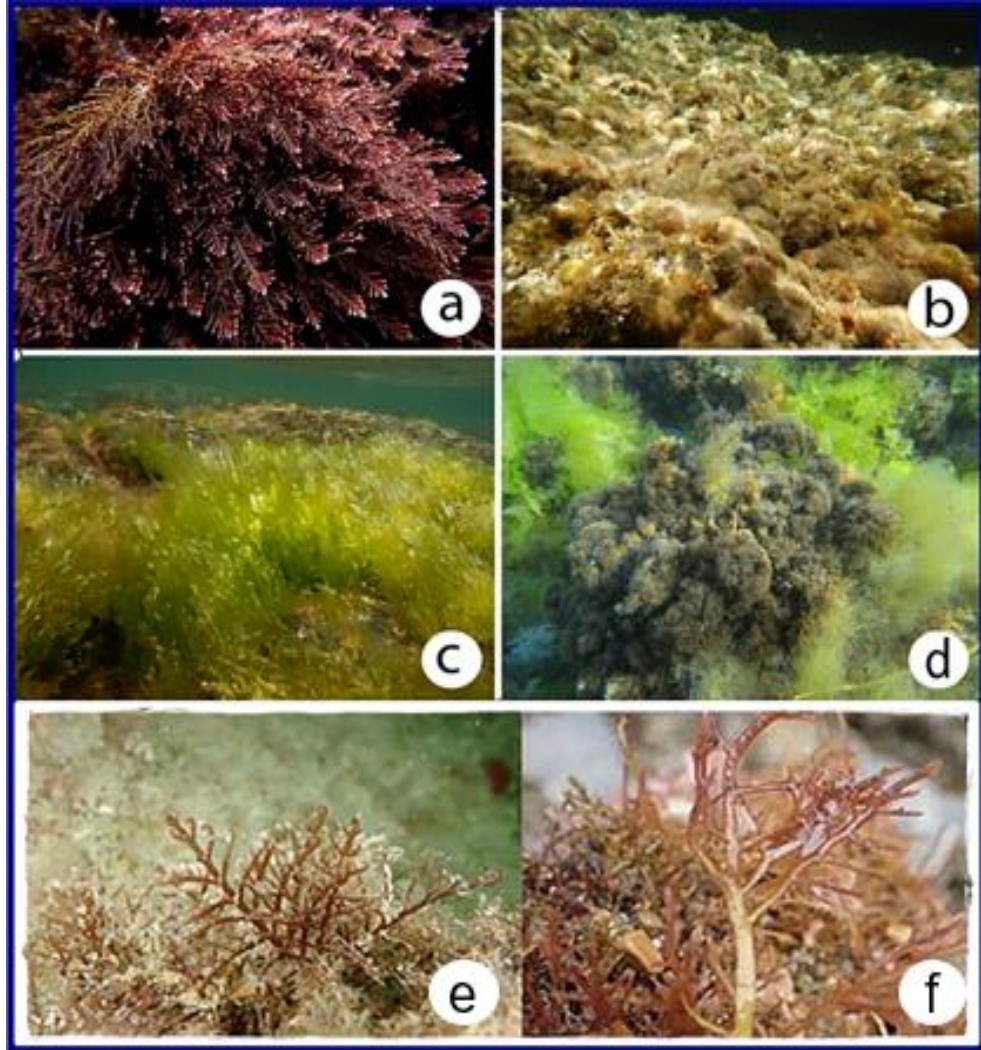
Çalışmamızdaki 6 makroalg türü 2019 yılında Antalya kıyı bölgesinde alglerin yoğun olduğu dönemlerde, daha önce belirlenen istasyonlardan toplanmıştır. Toplanan örnekler steril cam şişelere konularak soğuk zincirde laboratuvara getirilmiştir. Alglerin morfolojik tanımlaması ışık mikroskobu ile yapılmıştır. *J. rubens* (Linnaeus) J.V.Lamouroux 1816, *P. capillacea* (S.G.Gmelin) Bornet 1876, *U. intestinalis* Linnaeus 1753, *H. scoparia* (Linnaeus) Sauvageau 1904, *E. elongata* (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders 2013 ve *H. incurva* (Hudson) Batters 1902 türlerinin tanımlanmasında Algbase sitesinden yararlanılmıştır [19]. Distile su kullanılarak nekrotik materyalleri uzaklaştırılmıştır. Temizlenen örnekler gölgede kurutulmaya bırakılmıştır. Kurutulan algler toz haline getirilmiş ve analizlere kadar +4 °C de muhafaza edilmiştir.

Analizi yapılan türlerden 1'i Chlorophyta üyesi (yeşil alg) (*U. intestinalis*), 4'ü Rhodophyta üyesi (kırmızı alg) (*J. rubens*, *P. capillacea*, *E. elongata*, *H. incurva*) ve 1'i Ocrophyta (kahverengi

alg) (*H. scoparia*) üyesidir (Şekil 2).

### **Makro ve İz Element Analizi (Macro and Trace Element Analysis)**

Alg örnekleri öncelikle etüvde 105°C de 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan örneklerden 0.2 g alınmış ve 6 mL nitrik asit (%65 HNO<sub>3</sub> mL<sup>-1</sup>) ve 2 mL saf su ilave edildikten sonra bir müddet asidin çıkması beklendikten sonra örnekler mikrodalgaya (Cem Mars 6) koyularak çözündürme işlemi yapılmıştır. Mikrodalgadan çıkartılan örnekler soğutulularak 100 mm mavi band filtre kağıdından süzülmüş, daha sonra falcon tüplerine aktarılarak deiyonize su ile hacmi 20 mL'ye tamamlanmıştır. Analize hazır hale gelen örnekler İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optic Absorbsiyon Spektrofotometresinde (ICP-OES) (Varian Vasta) ölçülmüştür. Cihazda ölçülen elementlerin dalga boyları sırasıyla Ca 317,933 nm, K 766,491 nm, Mg 279,553 nm, Na 589,592 nm, P 213,618 nm, Co 238,892, Mo 202,032 nm, Cd 214,439 nm, Cr 267,716 nm, Fe 238,204 nm, Ni 231,604 nm ve Zn 213,857' dir.



**Şekil 2.** Makroalglerin su altı görüntüsü

(a) *E. elongata*, (b) *J. rubens*, (c) *U. intestinalis*, (d) *H. scoparia*, (e) *H. incurva* (f) *P. capillacea*.

### **İstatiksel Analiz (Statistical Analysis)**

Alg örnekleri içerisindeki her bir metal parametresi arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Pearson Korelasyon İndeks SPSS 22 paket programı kullanılarak uygulanmıştır.

**BULGULAR (RESULTS)**

Antalya kıyılarından toplanan makroalglerin makro ve iz element konsantrasyonlarına ait ortalama değerleri Tablo 2’de verilmiştir. ICP-OES analizi sonucunda makroalg örneklerinde belirlenen parametrelerin ilişkilerini ve korelasyonlarını göstermek için uygulanan Pearson Korelasyon İndeksi analizi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Makroalg Türlerinden Elde Edilen Makro ve İz Element Konsantrasyonları (mg/kg, Kuru Ağırlık)

		<b>J.</b> <i>rubens</i>	<b>P.</b> <i>capillacea</i>	<b>U.</b> <i>intestinalis</i>	<b>H.</b> <i>scoparia</i>	<b>E.</b> <i>elongata</i>	<b>H.</b> <i>incurva</i>
<b>MAKRO ELEMENT</b>	Ca	258805	263705	45558	113399	113147	176864
	K	3988	4866	2001	18944	37218	11339
	Mg	25202	21225	13512	17902	2513	15286
	Na	5855	3309	1408	37083	3615	3573
	P	229.7	387.38	436.523	386.035	1440.8	338.056
<b>İZ ELEMENT</b>	Cd	<0.01	<0.01	0.8009	0.8025	<0.01	0.6747
	Co	0.9225	<0.01	<0.01	0.804	1.3554	1.3495
	Cr	5.5350	1.386	1.6019	6.8539	2.71094	5.8448
	Fe	794.28	223.839	342.811	5101.9	770.5862	6256.4
	Mo	0.9225	<0.01	<0.01	<0.01	0.6777	0.6747
	Ni	13.837	1.386	2.4028	19.19261	13.554	18.8933
	Zn	83.025	31.878	97.71726	17.6565	48.797	37.7867

*U. intestinalis*, *H. scoparia* ve *E. elongata* alg türlerinde Mo ölçülebilir limit değerlerinin altında kalmıştır. *U. intestinalis*, *P. capillacea* ve *H. incurva*, *E. elongata* alg türlerinde Cd ölçülebilir limit değerlerinin altında kalmıştır. *U. intestinalis* ve *H. scoparia* alg türlerinde Co ölçülebilir limit değerlerinin altında kalmıştır.

**Tablo 3.** Makroalg Türlerinin Parametreler Arasındaki İlişkileri Gösteren Pearson Corelasyon Index Tablosu

	Ca	Cd	Co	Cr	Fe	K	Mg	Mo	Na	Ni	P	Zn
<b>Ca</b>	1											
<b>Cd</b>	-.328	1										
<b>Co</b>	.665	-.791	1									
<b>Cr</b>	-.196	.221	.168	1								
<b>Fe</b>	-.372	<b>.881*</b>	<b>-.897*</b>	-.176	1							
<b>K</b>	-.667	-.189	-.050	.434	-.356	1						
<b>Mg</b>	.016	.654	-.376	.103	.404	-.100	1					
<b>Mo</b>	.110	.104	.302	.645	-.339	.330	.616	1				
<b>Na</b>	-.112	.139	.031	.523	-.269	.615	.527	.785	1			
<b>Ni</b>	.359	.239	-.058	-.360	.204	-.461	.766	.360	.062	1		
<b>P</b>	-.031	.466	-.088	.526	.053	.229	<b>.866*</b>	<b>.910*</b>	.785	.505	1	
<b>Zn</b>	-.202	-.422	.045	-.561	-.086	-.036	-.273	-.351	-.577	.228	-.422	1

\* korelasyon 0,05 seviyesinde önemli ( $p < 0,05$ )

Alg örneklerinin elementlerinin birikim sıralarına bakıldığında ilk sıraları makro elementleri aldığı tespit edilmiştir. Her alg örneğinde en fazla bulunan element Ca olmuştur. Fe elementi bütün alg türlerinde makro elementlerden sonra en fazla bulunan iz element olmuştur.

ICP-OES analizi sonucunda alg türlerinde belirlenen parametrelerin ilişkilerini ve korelasyonlarını göstermek için uygulanan Pearson Korelasyon İndeksi analizi sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Makro ve iz elementler arasında uygulanan PCA analizine göre birbirleriyle olan ilişkileri

belirlenmiştir. Bu ilişkiler Tablo 3'te Pearson Corelasyon Index analizine göre  $p < 0.05$  ve  $p < 0.01$  önem düzeylerine göre makro ile iz elementlerin birbirleriyle pozitif veya negatif ilişkileri ve bu ilişkilerin önem düzeyleri görülmektedir. Veriler arası ilişkilerin daha güvenilir bir biçimde ortaya konulabilmesi amacıyla tespit edilen sonuçların hepsi kullanılmıştır. İstatistikî olarak 0.70 üzerinde olan ilişkiler güçlü olarak değerlendirilir [20].

### TARTIŞMA VE SONUÇLAR (DISCUSSION AND CONCLUSIONS)

Çalışmamızda en yüksek K seviyesi *E. elongata* türünde (1440 mg/kg; Tablo 2), en düşük K seviyesi ise *J. rubens* türünde (3988 mg/kg; Tablo 2) tespit edilmiştir. Hadjkacem ve ark. [12] yaptıkları çalışmada *H. scoparia* türünde 15689 mg/kg Farzanah ve ark. [21] çalışmasında *U. intestinalis* türünde 7947 mg/kg bulmuşlardır. Çalışmamızda elde edilen verilerin bu çalışmalar ile benzer olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda en yüksek P seviyesi *E. elongata* türünde (1440 mg/kg; Tablo 2), en düşük P seviyesi *J. rubens* türünde (229,7 mg/kg; Tablo 2) tespit edilmiştir. Aşıkutlu ve Okudan, [18] çalışmasında *C. foeniculacea* ve *G. montagnei* türlerinde sırasıyla 316,8 mg/kg, 370,3 mg/kg bulmuşlardır.

Bütün alg türlerinde en fazla bulunan makro element Ca olmuştur. Çalışmamızda en yüksek Ca seviyesi *P. capillacea* türünde (263705 mg/kg; Tablo 2), en düşük Ca seviyesi *U. intestinalis* türünde (45558 mg/kg; Tablo 2) belirlenmiştir. Kisten ve ark. [22] en yüksek Ca seviyesinin *J. rubens* türünde 70238 mg/kg, çalışmamızda elde edilen verilerin bu çalışma ile benzer olduğu görülmüştür. Hadjkacem ve ark. yaptıkları çalışmada *H. scoparia* türünde 19919 mg/kg bulmuşlardır. Çalışmamızda elde edilen veriler bu çalışmada elden edilen verilerden daha yüksek bulunmuştur.

Çalışmamızda en yüksek Na seviyesi *H. scoparia* türünde (37083 mg/kg; Tablo 2), en düşük Na seviyesi *U. intestinalis* türünde (1408 mg/kg; Tablo 2) bulunmuştur. Hadjkacem ve ark. [12] yaptıkları çalışmada *H. scoparia* türünde 10350 mg/kg, Farzanah ve ark. [21] çalışmasında *U. intestinalis* türünde 756 mg/kg bulmuşlardır. Elde edilen veriler, bu çalışmalardan elde edilen verilere göre daha yüksek bulunmuştur.

Çalışmamızda en yüksek Mg seviyesi *J. rubens* türünde (25202 mg/kg; Tablo 2), en düşük Mg seviyesi *E. elongata* türünde (2513 mg/kg; Tablo 2) bulunmuştur. Kisten ve ark. [22] çalışmalarında Mg seviyesinin *J. rubens* türünde 35024 mg/kg ve *E. elongata* türünde 18195 mg/kg bulmuştur. Hadjkacem ve ark. [12] (2022) yaptıkları çalışmada *H. scoparia* türünde 8137 mg/kg, Farzanah ve ark. [21] çalışmasında *U. intestinalis* türünde 3076 mg/kg bulmuşlardır. Çalışmamızda elde edilen veriler bu çalışmalardan elden edilen verilerden düşük bulunmuştur.

Çalışmamızda en yüksek Ni seviyesi *H. scoparia* türünde (19,192 mg/kg; Tablo 2), en düşük Ni seviyesi *P. capillacea* türünde (1,386 mg/kg; Tablo 2) bulunmuştur. Koçbaş ve ark. [23] çalışmasında *U. intestinalis* türünde Ni değerini 8,19 mg/kg, El-Mahrouk ve ark. [24] çalışmasında *U. sp.* türlerinde Ni değerlerini 24,6-33,8 mg/kg bulmuştur. Ali ve ark. [25] yaptıkları çalışmasında *J. rubens* türünde Ni değerini 4,05-7,43 mg/kg arasında bulunmuşlardır. Elde ettiğimiz verilerin, bu çalışmalarla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışmamızda en yüksek Zn seviyesi *U. intestinalis* türünde (97,717 mg/kg; Tablo 2), en düşük Zn seviyesi *H. scoparia* türünde (17,656 mg/kg; Tablo 2) bulunmuştur. Koçbaş ve ark. [23] çalışmasında *U. intestinalis* türünde Zn değerini 72,04 mg/kg, Khaled ve ark. [26] çalışmasında *J. rubens türünde* 54,4 mg/kg, Squadrone ve ark. [27] çalışmasında *H. scoparia* türünde 25,6 mg/kg, Shams El-Din ve ark. [28] çalışmasında *P. capillacea* türünde 102,4 mg/kg bulmuşlardır. Çalışmamızda elde edilen verilerin bu çalışmalar ile benzer olduğu görülmüştür. Farzanah ve ark. [21] çalışmasında *U. intestinalis* türünde 5,01 mg/kg, Ali ve ark. [25] yaptıkları çalışmasında *J. rubens* türünde 5,8 mg/kg bulmuşlardır.

Çalışmamızda elde edilen veriler bu çalışmalardan elden edilen verilerden yüksek bulunmuştur.

Çalışmamızda en yüksek Cr seviyesi *H. scoparia* türünde (6,8539 mg/kg; Tablo 2), en düşük Cr seviyesi *P. capillacea* türünde (1,386 mg/kg; Tablo 2) bulunmuştur. Ali ve ark. [25] yaptıkları çalışmada *J. rubens* türünde Cr değeri 11,71 mg/kg, Farzanah ve ark. [21] çalışmasında *U. intestinalis* türünde 2,26 mg/kg, Squadrone ve ark. [27] çalışmasında *H. scoparia* türünde 7,4 mg/kg bulmuşlardır. Çalışmamızda elde edilen verilerin bu çalışmalar ile benzer olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda en yüksek Fe seviyesi *H. incurva* türünde (6256,4 mg/kg; Tablo 2), en düşük Fe seviyesi *P. capillacea* (223,839 mg/kg; Tablo 2) türünde tespit edilmiştir. Koçbaş ve ark. [23] çalışmasında *E. elongata* Fe değerini 2297 mg/kg, Shams El-Din ve ark. [28] çalışmasında *P. capillacea* türünde 234 mg/kg, Squadrone ve ark. [27] çalışmasında *H. incurva* türünde 1863 mg/kg ve Hadjkacem ve ark. [12] yaptıkları çalışmada *H. scoparia* türünde 3946 mg/kg bulmuşlardır. Elde ettiğimiz verilerin, bu çalışmalarla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Çalışmamızda en yüksek Cd seviyesi *H. scoparia* türünde (0,8025 mg/kg; Tablo 2), bulunmuştur. *J. rubens*, *P. capillacea* ve *E. elongata* türlerinde Cd ölçülebilir limit değerlerinin altında kalmıştır. *E. elongata* türünde kadmiyum değeri Koçbaş ve ark. [23] çalışmasında <0,01 mg/kg, Dionisio ve ark. [29] çalışmasında 0,34 mg kg olarak bulunmuştur. Elde ettiğimiz verilerin, bu çalışmalarla paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

Çalışmamızda en yüksek Co seviyesi *E. elongata* türünde (1,3554 mg/kg; Tablo 2), bulunmuştur. *P. capillacea* ve *U. intestinalis* türlerinde Co ölçülebilir limit değerlerinin altında kalmıştır. *U. intestinalis* türünde kadmiyum değeri Koçbaş ve ark. [23] çalışmasında <0,01 mg kg, Shams El-Din ve ark. [28] çalışmasında 1,45 mg/kg olarak bulunmuştur. Çalışmamızda elde edilen verilerin bu çalışmalar ile benzer olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda en yüksek Mo seviyesi *E. elongata* türünde (0,6777 mg/kg; Tablo 2.), bulunmuştur. *P. capillacea*, *H. scoparia* ve *U. intestinalis* türlerinde Mo ölçülebilir limit değerlerinin altında kalmıştır. Ak ve ark. [30] yaptıkları çalışmada Mo değerini 0,18 mg/kg bulunmuştur. Elde ettiğimiz verilerin, bu çalışmalarla paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

Elde ettiğimiz bu sonuçlara göre, alglerin yüksek absorban yeteneğine sahip olduğu söylenebilir ve ağır metal giderimi çalışmalarında kullanılabilecekleri öngörülebilir. Yapılan çalışmaların diğer yıllarda devam ettirilmesi, Akdeniz sahil bölgesinin ağır metal kirliliği hakkında daha detaylı bilgilerin oluşmasında katkı sağlayacağını düşünmekteyiz. Bu bağlamda, insan sağlığını negatif yönde etkileyen ağır metal kirliliğinin turizm potansiyeli yüksek olan Akdeniz sahil şeridinde sürekli olarak izlenmesi ve gerekli tedbirlerin bir an önce alınarak uygulamaya konulması kaçınılmaz bir sonuçtur.

#### **Çıkar çatışması (Conflict of interest)**

Yazarların bu çalışma için beyan ettikleri herhangi bir çıkar çatışması yoktur. (The authors have no conflicts of interest to disclose for this study.)

#### **Yazar katkı oranı (Authorship contribution statement)**

**N.E.G.:** Fikir/Kavram (Conceptualization), Veri Toplama Ve/Veya İşleme (Data Curation), Analiz Ve/Veya Yorum (Formal Analysis), Literatür Taraması (Investigation) Yazı Yazan (Writing - Original Draft), **H.B.K.:** Fikir/Kavram (Conceptualization), Tasarım Ve Dizayn (Methodology), Analiz Ve/Veya Yorum (Formal Analysis) Literatür Taraması (Investigation) Yazı Yazan (Writing - Original Draft), **E.Ş. O.:** Denetleme/Danışmanlık (Supervision) Malzemeler (Resources) Veri Toplama Ve/Veya İşleme (Data Curation), Yazı Yazan (Writing - Original Draft) Eleştirel İnceleme (Writing - Review & Editing), **C.A.:** Denetleme/Danışmanlık (Supervision), Analiz Ve/Veya Yorum (Formal Analysis) Yazı Yazan (Writing - Original Draft) Eleştirel İnceleme (Writing - Review & Editing)

**KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- [1] C. Özay, R. Mammadov, Ağır metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 15 (2013), 68-77.
- [2] K.R. V Bandara, P.M. Manage, Heavy Metal Contamination in the Coastal Environment and Trace Level Identification, içinde: M. Mancuso, M.H.H. Abbas, T. Bottari, A.A. Abdelhafez (Ed.), *Marine Pollution Recent Developments*, IntechOpen, (2022), ss. 1-15. doi:10.5772/intechopen.106653
- [3] G.M. Cragg, D.J. Newman, Natural products: A continuing source of novel drug leads, *Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects*. 1830 (2013), 3670-3695. doi:10.1016/j.bbagen.2013.02.008
- [4] H.B. Keskinaya, E. Deveci, E. Güneş, E.Ş. Okudan, C. Akköz, N.E. Gümüş, S. Karakurt, Chemical Composition, In Vitro Antimicrobial and Antioxidant Activities of Marine Macroalgae *Codium fragile* (Suringar) Hariot, *Commagene Journal of Biology*. 6 (2022), 94-104. doi:10.31594/commagene.1084336
- [5] A. Özer, G. Akkaya, M. Turabik, Biosorption of Acid Red 274 (AR 274) on *Enteromorpha prolifera* in a batch system, *Journal of Hazardous Materials*. 126 (2005), 119-127. doi:10.1016/j.jhazmat.2005.06.018
- [6] S.S. Yamaç, Ereğli/Konya Bölgesindeki Evapotranspirasyon Verilerinin İncelenmesi Tarım Uydu Arazilerinin Görüntüleriyle, *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*. 3 (2023), 8-15
- [7] Y. Doğan, F.; Keleş, Ortaokul ve Lise Öğrencilerinde Çevre Farkındalığı ve Çevre Davranışı, Necmettin Erbakan Üniversitesi Ereğli Eğitim Fakültesi Dergisi, 2 (2020), 80-90.
- [8] P. Fettahlıoğlu, Algılanan Çevresel Sorunların Çevre Okuryazarlık Düzeyine Göre Analizi, *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 14 (2018), 404-425. doi:10.17860/mersinefd.400607
- [9] S. Akçay, H. Şengül, A Study on Environmental Literacy of Middle School Students, *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*. 5 (2023), 139-169. doi:10.38151/akef.2023.48
- [10] B. Gümüş, A. Buluş, Uluslararası çevre sorunlar ve William Nordhaus' un çevre ekonomisine katkıları, *Alanya Akademik Bakış*. 4 (2020), 1015-1031. doi:10.29023/alanyaakademik.686110
- [11] M. Suutari, E. Leskinen, K. Fagerstedt, J. Kuparinen, P. Kuuppo, J. Blomster, Macroalgae in biofuel production, *Phycological Research*. 63 (2015), 1-18. doi:10.1111/pre.12078
- [12] F. Hadjkacem, G. Pierre, G. Christophe, J. Elleuch, I. Fendri, Z. Boual, M.D.O. El Hadj, Z. El Alaoui-Talibi, C. El Modafar, P. Dubessay, C. Delattre, P. Michaud, S. Abdelkafi, Bioconversion of the Brown Tunisian Seaweed *Halopteris scoparia*: Application to Energy, *Energies*. 15 (2022), 1-16. doi:10.3390/en15124342
- [13] A. Szeląg-Sikora, M. Niemiec, J. Sikora, Assessment of the content of magnesium, potassium, phosphorus and calcium in water and algae from the black sea in selected bays near Sevastopol, *Journal of Elementology*. 21 (2016), 915-926. doi:10.5601/jelem.2015.20.4.969
- [14] M.T. Alp, O. Ozbay, M.A. Sungur, Determination of heavy metal levels in sediment and macroalgae (*Ulva* Sp. and *Enteromorpha* Sp.) on the Mersin coast, *Ekoloji*. (2012), 47-55. doi:10.5053/ekoloji.2011.827
- [15] H. B. Keskinaya, N. E. Gümüş, B. Aşikkutlu, C. Akköz, E. Ş. Okudan, S. Karakurt, Macro and Trace Element Levels of Green Algae *Codium fragile* ( ( Suringar Suringar ) Hariot 1889 From Dardanelles ( Çanakkale / Turkey ), *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*. 6 (2020), 55-61.
- [16] A. Bat, L., Arici, E., Öztekin, Threats to quality in the coasts of the Black Sea: heavy metal pollution of seawater, sediment, macro-algae and seagrass, *Spatial Modeling and Assessment of Environmental Contaminants: Risk Assessment and Remediation*, (2021), 289-325. doi:10.1007/978-3-030-63422-3\_4



- [17] M.E. Akiner, The Problem of Environmental Pollution in the Mediterranean Sea Along the Coast of Turkey, *Journal of Engineering Studies and Research*. 26 (2020), 7-14.
- [18] B. Aşıkkutlu, E.Ş. Okudan, Macro and Trace Element Levels of Macroalgae *Cystoseira foeniculacea* ve *Gongolaria montagnei* Species from Mediterranean Region (Antalya/ Turkey), *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*. 6 (2021), 757-764. doi:10.35229/jaes.950591
- [19] G.G. MD Guiry, AlgaeBase, *World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway*. (2023) <http://www.algaebase.org> (09.08.2024)
- [20] B. Yılmaz Öztürk, C. Akköz, Investigation of water quality of Apa dam lake (Çumra -Konya) and according to the evaluation of PCA Selçuk University, Science Faculty, Department of Biology, Konya, Turkey, 2 (2014), 136-147.
- [21] R. Farzanah, M. Clausen, E. Arnspang, J. Schmidt, J.-R. Bastidas-Oyanedel, Feasibility of United Arab Emirates Native Seaweed *Ulva intestinalis* as a Food Source: Study of Nutritional and Mineral Compositions, *Phycology*. 2 (2022), 120-131. doi:10.3390/phycolgy2010008
- [22] K. Kisten, R. Moodley, S.B. Jonnalagadda, Elemental Analysis and Nutritional Value of Seaweed from the East Coast of KwaZulu-Natal, South Africa, *Analytical Letters*. 50 (2017), 580-590. doi:10.1080/00032719.2016.1182545
- [23] F. Koçbaş, S. Türk Çulha, A. Gündoğdu, N. Türkçü, Comparison of heavy metal concentrations in marine macroalgae of the Northern Aegean Sea, Türkiye, *Eurasian Journal of Medical and Biological Sciences*. 3 (2023), 23-33.
- [24] M.E. El-Mahrouk, Y.H. Dewir, Y.M. Hafez, A. El-Banna, F.S. Moghanm, H. El-Ramady, Q. Mahmood, F. Elbehiry, E.C. Brevik, Assessment of Bioaccumulation of Heavy Metals and Their Ecological Risk in Sea Lettuce (*Ulva* spp.) along the Coast Alexandria, Egypt: Implications for Sustainable Management, *Sustainability (Switzerland)*. 15 (2023), 1-22. doi:10.3390/su15054404
- [25] A.Y.A. Ali, A.M. Idris, M.A.H. Eltayeb, A.A. El-Zahhar, I.M. Ashraf, Bioaccumulation and health risk assessment of toxic metals in red algae in Sudanese Red Sea coast, *Toxin Reviews*. 40 (2021), 1327-1337. doi:10.1080/15569543.2019.1697886
- [26] A. Khaled, A. Hessein, A.M. Abdel-Halim, F.M. Morsy, Distribution of heavy metals in seaweeds collected along marsa-matrouh beaches, Egyptian mediterranean sea, *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 40 (2014), 363-371. doi:10.1016/j.ejar.2014.11.007
- [27] S. Squadrone, P. Brizio, M. Battuello, N. Nurra, R.M. Sartor, A. Riva, M. Staiti, A. Benedetto, D. Pessani, M.C. Abete, Trace metal occurrence in Mediterranean seaweeds, *Environmental Science and Pollution Research*. 25 (2018), 9708-9721. doi:10.1007/s11356-018-1280-3
- [28] N.G. Shams El-Din, L.I. Mohamedein, K.M. El-Moselhy, Seaweeds as bioindicators of heavy metals off a hot spot area on the Egyptian Mediterranean Coast during 2008-2010, *Environmental Monitoring and Assessment*. 186 (2014), 5865-5881. doi:10.1007/s10661-014-3825-3
- [29] M. Dionísio, A. Costa, A. Rodrigues, Heavy metal concentrations in edible barnacles exposed to natural contamination, *Chemosphere*. 91 (2013), 563-570. doi:10.1016/j.chemosphere.2013.01.006
- [30] İ. Ak, E.C. Çankirilgil, G. Türker, O. Sever, Assessment of light intensity and salinity regimes on the element levels of brown macroalgae, *Treptacantha barbata*: Application of response surface methodology (RSM), *Food Science and Technology (Brazil)*. 41 (2021), 944-952. doi:10.1590/fst.25220