

## Biyolojik – Ekolojik Risk İndeksleri Kullanılarak Seydisuyu Havzası Sediment Kalitesini Değerlendirilmesi

Cem TOKATLI<sup>1</sup>, Arzu ÇİÇEK<sup>2</sup>, Esengül KÖSE<sup>3</sup>

**ÖZET:** Sedimette birikim gösteren toksik metallerin çevresel risklerini değerlendirmek için birçok indeksler geliştirilmiştir. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi ve Biyolojik Risk İndeksi çevresel riskleri değerlendirmek için kullanılan en yaygın sediment indekslerinden ikisidir. Eskişehir’de yer alan ve Sakarya Nehri’nin en önemli kollarından olan Seydisuyu Çayı, yoğun bir tarımsal, evsel ve endüstriyel kirliliğe maruz kalmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi ve Biyolojik Risk İndeksi kullanılarak, Seydisuyu Çayı Havzası’nın sediment kalitesinin değerlendirilmesidir. Bu amaçla, 2012 yılının yaz mevsiminde, havza üzerinde belirlenen 15 istasyondan (2 istasyon Kunduzlar Baraj Gölü’nden ve 3 istasyon Çatören Baraj Gölü’nden) sediment örnekleri alınmış ve bazı toksik element içerikleri tespit edilmiştir (arsenik, krom, bakır, kurşun, çinko, kadmiyum ve nikel). Bölgede ağır metallerin çevresel riskleri değerlendirmek için elde edilen veriler kullanılarak, Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERİ) ve Biyolojik Risk İndeksi (BRİ) hesaplanmıştır. Elde edilen PERİ verilerine göre, krom ve kadmiyum, elde edilen BRİ verilerine göre ise, krom, nikel ve kurşun, Seydisuyu Çayı Havzası için en riskli ağır metaller olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Biyo – ekolojik risk indeksleri, Sediment kalitesi, Seydisuyu havzası

## Use of Bio – Ecological Risk Indices to Evaluate the Sediment Quality of Seydisuyu Stream Basin

**ABSTRACT:** Many indices have been developed to evaluate the environmental risks of toxic elements in sediments. Potential Ecological Risk Index and Biological Risk Index are two of the most widely used sediment indices used to evaluate the environmental risks. Seydisuyu Stream that is one of the most important branches of Sakarya River is located on the Eskişehir Province and exposed to an intensive agricultural, domestic and industrial pollution. The aim of the present study is to evaluate the sediment quality of Seydisuyu Stream Basin by using Potential Ecological Risk Index and Biological Risk Index. For this purpose, sediment samples were collected in summer season of 2012 from 15 stations selected on Seydisuyu Stream Basin (2 of them from the Kunduzlar Dam Lake and 3 of them from the Çatören Dam Lake) and some toxic element accumulations (arsenic, chromium, copper, lead, zinc, cadmium and nickel) in sediment samples were investigated. The Potential Ecological Risk Index (PERI) and Biological Risk Index (BRI) applied to the results to assess the environmental risks of heavy metals in the region. According to the results of PERI, chromium and cadmium, and according to the results of BRI, chromium, nickel and lead are the most risky elements for the Seydisuyu Stream Basin.

**Keywords:** Bio – ecological risk indices, Sediment quality, Seydisuyu stream basin

<sup>1</sup> Trakya Üniversitesi, İpsala MYO, Laboratuvar Teknolojisi, Edirne, Türkiye

<sup>2</sup> Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Eskişehir, Türkiye

<sup>3</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir MYO, Çevre Koruma ve Kontrol, Eskişehir, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Cem TOKATLI, tokatlicem@gmail.com

## GİRİŞ

Bazı pestisitlerin ve endüstriyel atıkların ihtiva ettiği en önemli inorganik kirleticiler ağır metallerdir.

Kontamine oldukları ortamda uzun süre kalabilen, sucul canlılarda toksik etkiler meydana getirebilen ve sucul ekosistemlerin yanı sıra besin zincirinde akümüle olarak insan sağlığını da tehdit eden ağır metaller, çoğu organik kirleticiler gibi biyolojik olarak indirgenememektedir (Tokatlı et al., 2014a; Köse et al., 2015). Ağır metaller organik ve inorganik maddelerle kimyasal bileşikler ve çeşitli kompleks yapılar şeklinde sedimentte akümüle olmakta ve çok uzun yıllar burada bağlı kalabilmektedir (Shrivasta et al., 2003).

Ağır metal içeriği bakımından doygun hale gelen sediment tabakası, bir süre sonra barındırdığı iyonları tekrar suya bırakma eğilimine geçer ve bu durumda sediment, sucul sistem için potansiyel kirletici kaynağı haline gelebilmektedir (Şener ve Şener, 2015).

Özellikle yüksek toksisiteye sahip ağır metallerce kirlenmiş sucul sistemler, sedimentin içinde ve üzerinde yaşayan sucul canlılar için büyük risk oluşturmakta ve ekosistem sağlığını tehdit eden en büyük stres kaynaklarından birini teşkil etmektedir (Del Valls et al., 1998).

Türkiye'nin en önemli borat yataklarının yer aldığı Seydisuyu Havzası, İç Anadolu Bölgesi'nde, Eskişehir İl sınırları içerisinde yer alır ve Türkiye'nin üçüncü en uzun akarsuyu olan Sakarya Nehri'nin en önemli kollarındandır.

Havzanın, zengin bor ve arsenik içerdiği bilinen jeolojik yapısına ek olarak, bölgede yürütülen yoğun madencilik faaliyetleri, tarımsal uygulamalar ve evsel deşarjlar, sistem üzerindeki en önemli kirlilik kaynaklarını teşkil eder (Çiçek et al., 2013a; Tokatlı et al., 2013; Tokatlı et al., 2014b; Köse et al., 2014).

Ağır metallerin sucul sistemler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde, Potansiyel

Ekolojik Risk İndeksi ve Biyolojik Risk İndeksi gibi, genellikle metallerin toksisitesine dayanan çeşitli sediment indeksleri geliştirilmiştir.

Birçok ülkede sucul ekosistemlerin kalitesini belirlemede yaygın olarak kullanılan bu indeksler, son yıllarda ülkemizde de kullanılmaya başlanmıştır (Caeiro et al., 2005; Bakan et al., 2010; Yi et al., 2011; Çiçek et al., 2013b; Maanan et al., 2015).

Bu çalışmada, Seydisuyu Havzası'ndan toplanan sediment örneklerinde bazı ağır metal içerikleri tespit edilmiş ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi ve Biyolojik Risk İndeksi kullanılarak, havzanın sediment kalitesi değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE METOD

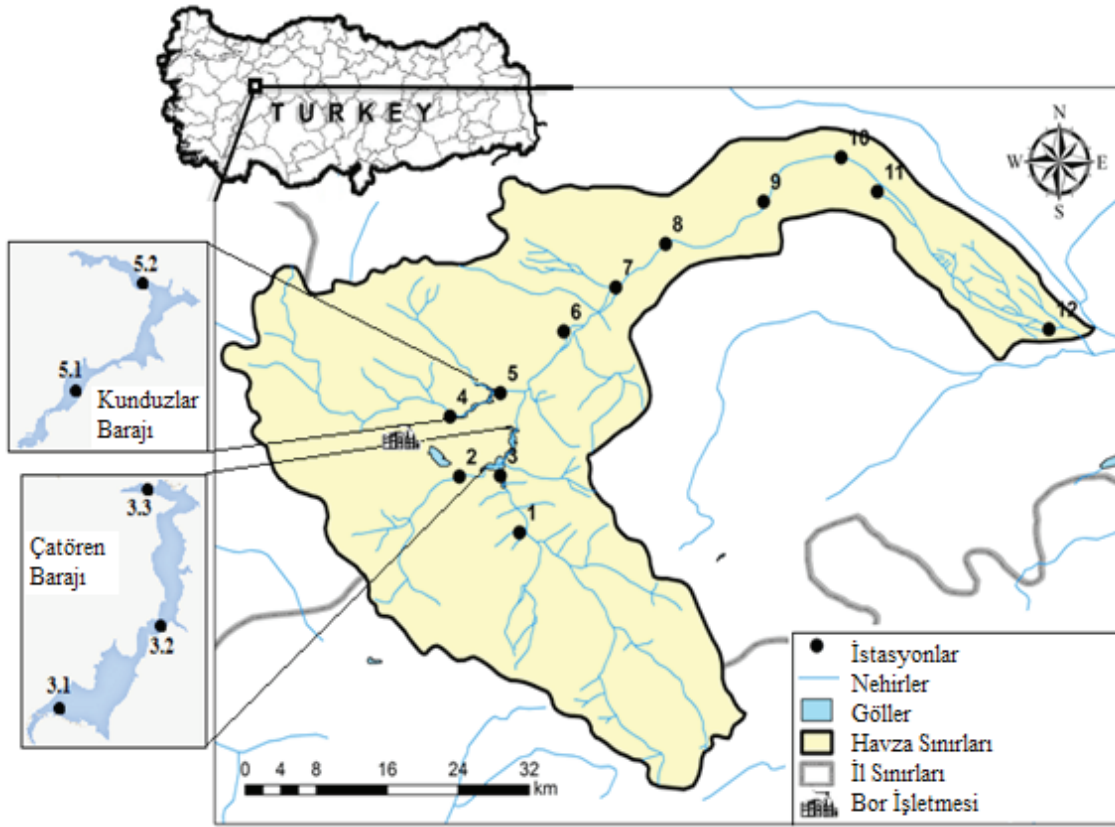
### Çalışma Alanı ve Örneklerin Toplanması

Seydisuyu Havzası, İç Anadolu Bölgesinde yer alır ve sularını Seydisuyu tarafından Sakarya Nehrine boşaltan alanı kapsar. Seydisuyu Havzası; kuzeyde Sakarya – Sarısu, Porsuk – Sarısu, Porsuk – Kalabak, güneybatıda Büyük Menderes, Gediz, Porsuk – Sarısu, güneydoğuda ise Sakarya – Bardakçı ve Akarçay Havzaları ile sınırlanmaktadır.

Büyük bölümü Eskişehir İlinde, bir kısmı da Afyon ve Kütahya İlleri sınırları içerisinde yer alan havzada, Eskişehir İline bağlı Seyitgazi ve Mahmudiye ilçeleri ile Kırka Bucağı yer alır. Seydisuyu Havzasının alanı 180.571 hektar olup, Eskişehir İli yüzölçümünün yaklaşık %13'ünü kaplamaktadır.

Seydisuyu Çayı'ndan 10, havza üzerinde yer alan Çatören Baraj Gölü'nden 3, Kunduzlar Baraj Gölü'nden 2 olmak üzere toplam 15 istasyondan, 2012 yılı yaz mevsiminde, sediment örnekleri toplanmıştır.

Havza üzerinde örnekleme yapılan istasyonlar Şekil 1'de ve tespit edilen istasyonların koordinatları Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Seydisuyu Çayı Havzası ve seçilen istasyonlar

Çizelge 1. İstasyonların coğrafi konumları

İstasyonlar	Lokaliteler	Koordinatlar	
		x	y
S1	Karaören	291678	4344723
S2	Kırka	286648	4350639
S3.1	Çatören Barajı	289800	4351019
S3.2	Çatören Barajı	288880	4351531
S3.3	Çatören Barajı	290654	4355433
S4	Akin	285940	4356774
S5.1	Kunduzlar Barajı	287229	4357142
S5.2	Kunduzlar Barajı	288269	4358041
S6	Kesenler	296117	4365244
S7	Seyitgazi	300751	4369651
S8	Yazıdere	320690	4382501
S9	Doğançayır	320686	4382502
S10	Hamidiye	324123	4378834
S11	Mesudiye	329283	4369106
S12	Saithalimpaşa	338431	4364451

Sediment örnekleri, arazi çalışmaları sırasında uygun şekilde toplanıp etiketlenerek, arsenik, krom, bakır, kurşun, çinko, kadmiyum ve nikel konsantrasyonlarının tespit edilmesi için Anadolu Üniversitesi, Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarına götürülmüştür. Sediment örneklerinin alınmasında ekman kepçesi kullanılmış ve alınan sediment örnekleri etiketli cam kaplarla araç tipi buzdolabına yerleştirilerek laboratuvara getirilmiştir.

### Sedimentte Element Analizleri

İstasyonlara ait sediment numuneleri cam kaplara alınmıştır. Numunelerden homojen bir karışım şeklinde saat camına alınarak, tamamen kuruyana kadar  $105 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ 'de etüvde tutulmuştur. Nemi giderilen numuneler karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Daha sonra analitik terazi ile tartım yapılarak her sediment numunesinden 0.5'er gram alınmıştır. Numunelere 10 ( $\pm 0.1$ ) mililitre konsantr nitrik asit ilave edilerek karıştırılmıştır. Daha sonra sediment numuneleri CEM

Mars Xpress markalı mikrodalga yakma ünitesinde sindirme (digestion) işlemine tabi tutulmuştur. Organik yıkımları biten örnekler soğutulup, santrifüjlendikten sonra filtre kağıdından süzülerek, hacimleri ultra saf su ile 100 mililitreye tamamlanmıştır. Daha sonra ICP-OES cihazı kullanılarak, sediment numunelerinde gerekli element konsantrasyonları belirlenmiştir. Tüm işlemler hesaplamalarda kullanılan kör numuneler için de aynı şekilde uygulanmıştır (EPA 3051, 1998).

### Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERİ)

Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi, sucul sistemlerin kontrolünde ekolojik değerlendirmeler yapabilmek için geliştirilmiştir.

İndekste kullanılan yöntem, sucul sistemin duyarlılığına ve verimliliğine bağlı varsayımlara dayanır. Sedimentlerdeki ağır metal akümülyasyonlarına ve metallerin toksisitesine göre aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmaktadır (Hakanson, 1980);

$$R_i = \sum E_r^i$$

$$E_r^i = T_r^i C_f^i$$

$$C_f^i = C_0^i / C_n^i$$

Bu eşitlikteki " $R_i$ ", sedimentlerdeki ağır metaller için tek tek hesaplanan tüm risk faktörlerinin toplamını ifade eder. " $E_r^i$ ", her bir metal için hesaplanan potansiyel ekolojik risk faktörünü ifade eder. " $T_r^i$ ", Çizelge 2'de verilen toksik tepki faktörünü ifade eder. " $C_f^i$ ", kirlenme faktörünü ifade eder. " $C_0^i$ ", sedimentte tespit edilen metallerin konsantrasyonunu ifade eder. " $C_n^i$ " ise Çizelge 2'de verilen referans değerdir. " $R_i$ " değerinin kirlilik skalası Çizelge 3'de verilmiştir.

### Biyolojik Risk İndeksi (BRİ)

Sediment kalite yönergeleri (SQGs), sucul bentik organizmaların toksisite testlerine dayanılarak

geliştirilmiştir ve sistemleri sediment ağır metal içeriklerine göre "Etki Aralığı Düşük (ERL)" ve "Etki Aralığı Orta (ERM)" sınır değerlerini kullanarak üç sınıfa ayırmaktadır; seyrek (<ERL), orta sıklıkta (ERL - ERM) ve (>ERM) sık olumsuz biyolojik etkiler (EPA, 2005).

Ortalama ERM katsayısı (mERM-Q), toksik metallerin muhtemel çoklu etkilerini değerlendirmek için ve birden fazla ağır metal kirliliğinin muhtemel etkilerini ortaya koyabilmek için hesaplanmaktadır. mERM-Q değeri hesaplama eşitliği aşağıda verilmiştir (Long et al., 2005);

$$mERM - Q = \left( \sum_{i=1}^n ERM - Q_i \right) / n$$

$$ERM - Q_i = C_i / ERM_i$$

Yukarıdaki eşitlikte verilen “mERM-Q”, çoklu metal kirliliği muhtemel etki katsayısını ifade eder. “C<sub>i</sub>”, sedimentte tespit edilen element konsantrasyonunu ifade eder. “ERM<sub>i</sub>”, Çizelge 2’de

verilen seçilen metale ait ERM değerini ifade eder. ‘n’ ise çalışmada araştırılan tüm metallerin sayısını ifade eder. “mERM-Q” değerinin kirlilik skalası Çizelge 3’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** İncelenen metallerin referans değer (C<sub>n</sub><sup>i</sup>), toksisite katsayısı (T<sub>r</sub><sup>i</sup>), düşük etki aralığı (ERL) ve orta etki aralığı (ERM) değerleri (Hilton et al., 1985; EPA, 2005)

Elementler	R <sub>i</sub>		mERM-Q	
	C <sub>n</sub> <sup>i</sup>	T <sub>r</sub> <sup>i</sup>	ERL	ERM
As	15.00	10.00	33.00	85.00
Cr	60.00	2.00	80.00	145.00
Cu	30.00	5.00	70.00	390.00
Pb	25.00	5.00	35.00	110.00
Zn	80.00	1.00	120.00	270.00

**Çizelge 3.** Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi ve Biyolojik Risk İndeksi skalası (Hakanson, 1980; Long et al., 2005)

Ekolojik Risk Değerlendirmesi				Biyolojik Risk Değerlendirmesi	
E <sub>r</sub> <sup>i</sup>	Tekli faktörler için PERI	R <sub>i</sub>	Çoklu faktörler için PERI	ERM-Q <sub>i</sub> ve mERM-Q	Tekli ve çoklu faktörler için BRI
<40	Düşük ekolojik risk	<95	Düşük ekolojik risk	<0.1	Düşük öncelik sahası
40-80	Orta ekolojik risk	95- 190	Orta ekolojik risk	0.1- 0.5	Orta-düşük öncelik sahası
80-160	Önemli ekolojik risk	190- 380	Önemli ekolojik risk	0.5-1.5	Yüksek-orta öncelik sahası
160-320	Yüksek ekolojik risk	>380	Çok yüksek ekolojik risk	>1.5	Yüksek öncelik sahası
>320	Çok yüksek ekolojik risk				

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, tespit edilen tüm istasyonların monomial ve multinomial Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERİ) değerleri hesaplanmış ve elde edilen verilerin tümü Çizelge 4 ve Şekil 2’de verilmiştir.

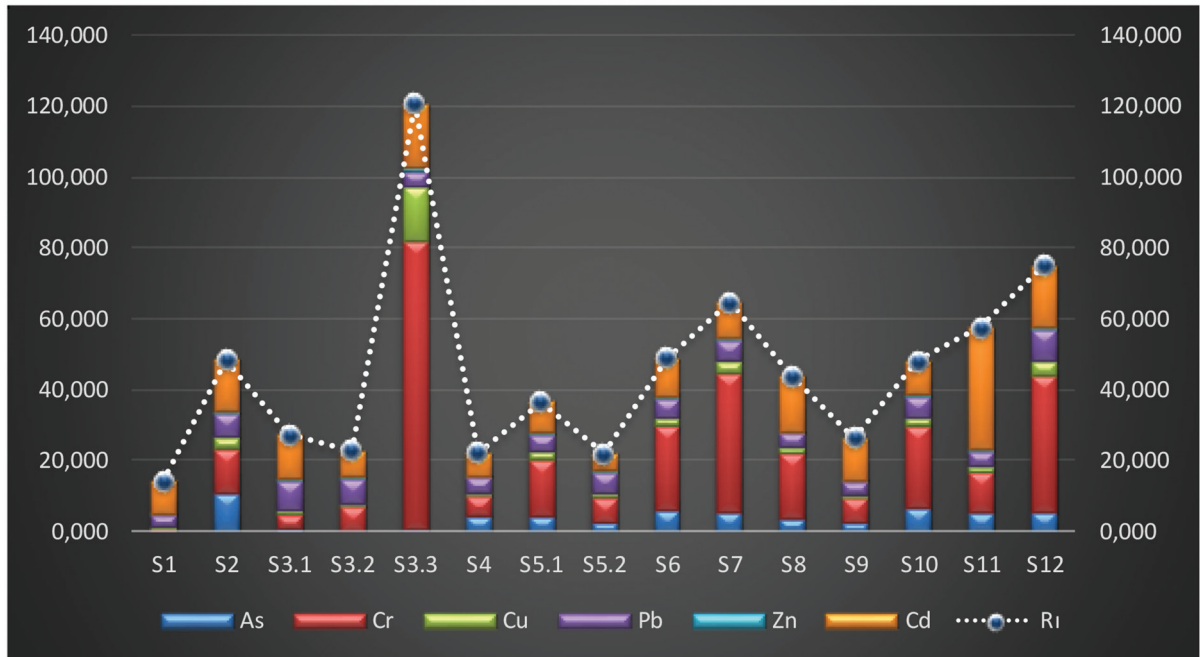
Elde edilen PERİ verilerine göre, monomial değerlendirme sonucunda, Seydisuyu Havzası’nın, S3.3, S7 ve S12 istasyonlarında tespit edilen krom değerleri (S3.3: 81,4; S7: 39,1; S12: 38,1) ve S11 istasyonunda tespit edilen kadmiyum değeri (34.3) hariç

tamamının, tüm toksik elementler açısından “düşük ekolojik risk” alanı olduğu tespit edilmiştir. Multiomial değerlendirme sonucunda ise, S3.3 istasyonu hariç

havzanın tamamının, toksik elementlerin çoklu etkileri açısından “düşük ekolojik risk” alanı olduğu tespit edilmiştir (S3.3 istasyonu, “orta ekolojik risk” alanı).

Çizelge 4. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi verileri

İstasyonlar	$E_r^i$						$R_i$
	As	Cr	Cu	Pb	Zn	Cd	
S1	0.267	0.627	0.661	3.325	0.215	9.180	14.276
S2	11.115	12.524	3.072	6.848	0.691	14.400	48.651
S3.1	1.105	4.023	0.941	8.519	0.401	12.420	27.409
S3.2	0.414	6.861	0.900	7.161	0.395	7.200	22.932
S3.3	0.633	81.400	15.489	4.503	0.895	18.000	120.919
S4	4.503	5.591	0.926	4.467	0.243	6.780	22.510
S5.1	4.675	15.542	2.479	4.808	0.454	8.820	36.778
S5.2	2.901	6.952	1.008	6.041	0.345	4.800	22.046
S6	6.194	23.876	2.041	5.700	0.482	10.800	49.092
S7	5.847	39.140	3.345	5.676	0.593	10.380	64.981
S8	3.689	18.740	1.527	4.099	0.379	15.600	44.033
S9	2.681	6.942	1.000	3.645	0.204	12.000	26.472
S10	6.949	22.711	2.455	6.319	0.524	9.180	48.138
S11	5.355	11.800	1.679	4.245	0.385	34.380	57.844
S12	5.778	38.140	4.275	9.024	0.893	17.220	75.329



Şekil 2. Multinomial Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi grafiği

Bu çalışmada, tespit edilen tüm istasyonların monomial ve multinomial Biyolojik Risk İndeksi değerleri hesaplanmış ve elde edilen verilerin tümü Çizelge 5 ve Şekil 3’de verilmiştir.

Elde edilen BRİ verilerine göre, monomial değerlendirme sonucunda, Seydisuyu Havzası’nın, kadmiyum ve bakır değerleri açısından S3.3 istasyonunda tespit edilen bakır değeri hariç (0.23), tamamının “düşük öncelik sahası” olduğu; arsenik açısından S1, S3.1, S3.2, S3.3, S4, S5.1, S5.2, S8, S9 ve S11 istasyonlarının “düşük öncelik sahası” olduğu, diğer istasyonların ise “orta – düşük öncelik sahası” olduğu; kurşun ve çinko değerleri açısından S1, S4

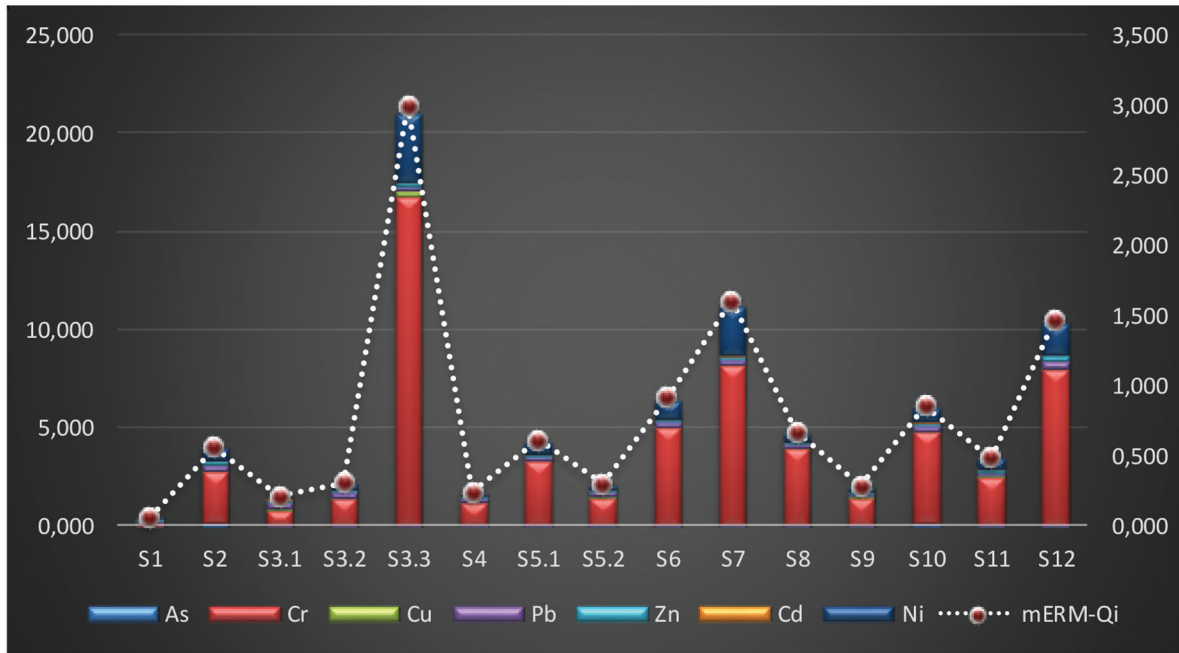
ve S9 istasyonunda tespit edilen çinko değerleri hariç (S1: 0.06; S4: 0.07; S9: 0.06), tamamının “orta – düşük öncelik sahası” olduğu; nikel ve krom değerleri açısından ise genel olarak “yüksek – orta öncelik sahası” ve “yüksek öncelik sahası” olduğu tespit edilmiştir. Multiomial değerlendirme sonucunda ise, toksik elementlerin çoklu etkileri açısından S1 istasyonunun “düşük öncelik sahası” olduğu; S3.1, S3.2, S4, S5.2, S9 ve S11 istasyonlarının “orta – düşük öncelik sahası” olduğu; S2, S5.1, S6, S8, S10 ve S12 istasyonlarının “yüksek – orta öncelik sahası” olduğu; S3.3 ve S7 istasyonlarının ise “yüksek öncelik sahası” olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Biyolojik Risk İndeksi verileri

İstasyonlar	ERM-Qi							mERM-Qi
	As	Cr	Cu	Pb	Zn	Cd	Ni	
S1	0.005	0.130	0.010	0.151	0.064	0.017	0.056	0.062
S2	0.196	2.591	0.047	0.311	0.205	0.027	0.573	0.564
S3.1	0.019	0.832	0.014	0.387	0.119	0.023	0.105	0.214
S3.2	0.007	1.420	0.014	0.326	0.117	0.013	0.272	0.310
S3.3	0.011	16.841	0.238	0.205	0.265	0.033	3.421	3.002
S4	0.079	1.157	0.014	0.203	0.072	0.013	0.145	0.240
S5.1	0.082	3.216	0.038	0.219	0.135	0.016	0.564	0.610
S5.2	0.051	1.438	0.016	0.275	0.102	0.009	0.212	0.300
S6	0.109	4.940	0.031	0.259	0.143	0.020	0.906	0.916
S7	0.103	8.098	0.051	0.258	0.176	0.019	2.532	1.605
S8	0.065	3.877	0.023	0.186	0.112	0.029	0.408	0.672
S9	0.047	1.436	0.015	0.166	0.060	0.022	0.251	0.285
S10	0.123	4.699	0.038	0.287	0.155	0.017	0.698	0.860
S11	0.095	2.441	0.026	0.193	0.114	0.064	0.500	0.490
S12	0.102	7.891	0.066	0.410	0.265	0.032	1.550	1.474

Seydisuyu Havzası’nda gerçekleştirilen yoğun tarımsal uygulamalar, toprağı bazı mineraller açısından fakirleştirmektedir. Mineral açığını gidermek için ise, neredeyse tüm tarımsal üretim yapılan sahalarda inorganik ve fosfatlı gübreler yoğun şekilde

kullanılmaktadır. Havzada PERİ açısından riskli olduğu tespit edilen kadmiyum ve BRİ açısından riskli olduğu tespit edilen kurşun değerlerinin en önemli kaynaklarının tarımsal faaliyetlerde kullanılan fosforlu gübreler ve pestisitler olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3. Multinomial Biyolojik Risk İndeks grafiği

Tarımsal uygulamalarda kullanılan pestisitler önemli miktarda kurşun içerir ve kullanılan fosfat gübrelere oldukça yüksek miktarlarda kadmiyum içerdiği bilinmektedir (ATSDR, 2007a, 2007b; Çiçek et al., 2013b). Türkiye'nin farklı gübre fabrikalarından alınan, farklı gübre numunelerinin kadmiyum içeriklerinin araştırıldığı bir çalışmada, kullanılan birçok gübrenin kadmiyum içeriklerinin gübreler için onaylanmış sınır değerlerinin oldukça üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Köleli ve Kantar, 2005). Fosfat gübrelere ana hammadde olan fosfat kayalarının çoğu ülkemize ithal edilir ve bu hammaddenin hem ithal, hem yerli olanların kadmiyum içerikleri olması gerekenden oldukça yüksektir (Emiroğlu ve ark. 2013). Tarımsal uygulamalarda bu fosfatlı gübrelere kullanımı sonucunda, oldukça önemli miktarlarda kadmiyum, sulama faaliyetleri ve yağışlarla birlikte nehirlere, göllere ve yeraltı sularına taşınmaktadır.

Nikel ve krom yer kabuğunda doğal olarak bulunmaktadır ve bunlar çevreye ve doğal kaynaklara, bazı doğal süreçler ve çoğunlukla da insan faaliyetleri sonucunda girmektedir. Bilindiği gibi yüzey suları ve sedimentlerinde krom ve nikelin en önemli antropojenik kaynakları ise, endüstriyel faaliyetler sonucu ortama bırakılan atık sulardır (ATSDR, 2005; ATSDR, 2008). Bu çalışmada uygulanan her iki indeks açısından da riskli olduğu tespit edilen nikel ve krom

değerlerinin en önemli kaynağının, havzada faaliyet gösteren endüstriyel kuruluşlardan kaynaklanan inorganik atıklar olduğu düşünülmektedir.

## SONUÇ

Bu çalışma sonucunda, sedimentte tespit edilen toksik element akümülyasyon verileri kullanılarak hesaplanan Potansiyel Ekolojik Risk İndeksine (PERİ) göre, en yüksek risk teşkil eden toksik metallerin kadmiyum ve krom olduğu, Biyolojik Risk İndeksine (BRİ) göre ise, en yüksek risk teşkil eden toksik metallerin kurşun, nikel ve krom olduğu ortaya konulmuştur.

Hem karasal hem sucul ekosistemler dinamik yapılarıdır. İster organik olsun ister inorganik olsun yapılacak herhangi bir antropojenik baskı, bizler fark edemesek de ekosistemde olumsuz etkiler meydana getirebilir ve baskıyı mümkün olduğunca en aza indirmenin, çok önemli uzun vadeli getiriler sağlayacağı unutulmamalıdır.

Çevremizin ve su kaynaklarımızın korunmasında hepimize çeşitli sorumluluklar düşer. Suları israf etmek sadece musluklarımızdan boşa akıtmak değildir, kullanılabilir su kaynaklarımızı kirleterek ve bu kirlenmeye göz yumarak ta sular israf edilmiş olur.



İlgili resmi kurum ve kuruluşlar, su kaynaklarının ve çevrenin korunması için gereken tedbirleri zaten almakta ve çeşitli yaptırımlar ile çevre duyarlılığını, özellikle sanayi ve tarım alanında artırmaktadır. Ancak bu konuda hepimize görev düşer. Kuzey Kenya'daki

kadınların birçoğunun, günlerinin yaklaşık beş saatlerini evlerine bir bidon bulanık su getirebilmek için yürümekle geçirdiğini düşünerek elimizdeki kıymetini bilmeli ve kaybetmemek için elimizden gelen gayreti ve özveriye göstermeliyiz.

## KAYNAKLAR

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2005. Toxicological Profile for Nickel. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2007a. Toxicological Profile for Cadmium. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2007b. Toxicological Profile for Lead. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2008. Toxicological Profile for Chromium. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- Bakan G, Özkoç HB, Tülek S, Cüce H, 2015. Integrated Environmental Quality Assessment of Kızılırmak River and its Coastal Environment. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10: 453-462.
- Caeiro S, Costa MH, Ramos TB, Fernandes F, Silveira N, Coimbra A, Medeiros G, Painho M, 2005. Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: An index analysis approach. Ecological Indicators, 5: 151-169.
- Çiçek A, Bakış R, Uğurluoğlu A, Köse E, Tokatlı C, 2013a. The Effects Of Large Borate Deposits On Groundwater Quality Of Seydisuyu Basin (Turkey). Polish Journal of Environmental Studies, 22 (4): 1031-1037.
- Çiçek A, Tokatlı C, Köse E, 2013b. Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment of Felent Stream (Sakarya River Basin, Turkey). Pakisan Journal of Zoology, 45 (5): 1335-1341.
- Del Valls TA, Blasco J, Sarasquete MC, Forja JM, Gomez-Parra A, 1998. Evaluation of heavy metal sediment toxicity in littoral ecosystems using juveniles of the fish Sparus aurata. Ecotoxicology and Environmental Safety, 41: 157-167.
- Emiroğlu Ö, Uyanoğlu M, Başkurt S, Sülün Ş, Köse E, Tokatlı C, Uysal K, Arslan N, Çiçek A, 2013. Erythrocyte Deformations in *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) Provided From Porsuk Dam (Turkey). Biological Diversity and Conservation, 6 (1): 13-17.
- EPA 3051, 1998. Environmental Protection Agency, Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils.
- EPA, 2005. Environmental Protection Agency, Predicting Toxicity to Amphipods from Sediment Chemistry. EPA/600/R-04/030, Washington, DC.
- Håkanson L, 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control of sediment ecological approach. Water Research 14, 975e1000.
- Hilton J, Davison W, Ochsenein U, 1985. A mathematical model for analysis of sediment coke data. Chemical Geology 48, 281-291.
- Köleli N, Kantar Ç, 2005. Fosfat Kayası, Fosforik Asit ve Fosforlu Gübrelerdeki Toksik Ağır Metal (Cd, Pb, Ni, As) Konsantrasyonu, Ekoloji 14, 55, 1-5.
- Köse E, Tokatlı C, Çiçek A, 2014. Monitoring Stream Water Quality: A Statistical Evaluation. Polish Journal of Environmental Studies, 23 (5): 1637-1647.
- Köse E, Çiçek A, Uysal K, Tokatlı C, Emiroğlu, Ö., Arslan, N., 2015. Heavy Metal Accumulations In Water, Sediment And Some Cyprinidae Fish Species From Porsuk Stream (Turkey). Water Environment Research, 87 (3): 195-204.
- Long ER, Ingersoll CG, MacDonald DD, 2005. Calculation and uses of mean sediment quality guideline quotients: a critical review. Environ. Sci. Technol. 40, 1726-1736.
- Maanan M, Saddik M, Maanan M, Chaibi M, Assobhei O, Zourarah B, 2015. Environmental and ecological risk assessment of heavy metals in sediments of Nador lagoon, Morocco. Ecological Indicators, 48: 616-626.
- Shrivastava P, Saxena A, Swarup A, 2003. Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal. Lakes & Reservoirs: Research and Management, 8:1-4.
- Şener Ş, Şener E, 2015. Kovada Gölü (Isparta) Dip Sedimanlarında Ağır Metal Dağılımı ve Kirliliğinin Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19 (2): 86-96.
- Tokatlı C, Çiçek A, Köse E, 2013. Groundwater Quality Of Türkmen Mountain (Turkey). Polish Journal of Environmental Studies, 22 (4): 1197-1208.
- Tokatlı C, Çiçek A, Emiroğlu Ö, Arslan N, Köse E, Dayıoğlu H, 2014a. Statistical Approaches To Evaluate The Aquatic Ecosystem Qualities of a Significant Mining Area: Emet Stream Basin (Turkey). Environmental Earth Sciences, 71 (5): 2185-2197.
- Tokatlı C, Köse E, Çiçek A, 2014b. Assessment Of The Effects Of Large Borate DEPOSITS On Surface Water Quality By Multi Statistical Approaches: A Case Study Of The Seydisuyu Stream (Turkey). Polish Journal of Environmental Studies, 23 (5): 1741-1751.
- Yi Y, Yang Z, Zhang S, 2015. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. Environmental Pollution, 159: 2575-2585.