



MAKÜ FEBED  
ISSN Online: 1309-2243  
<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/makufebed>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7(Ek Sayı 1): 268-280 (2016)  
*The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University 7(Supplementary Issue 1): 268-280 (2016)*

**Araştırma Makalesi / Research Paper**

## **Isparta Deresi'nin Su ve Sedimentlerindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi**

Hasan KALYONCU<sup>1</sup>, Celal ÖZAN<sup>1\*</sup>, Selda TEKİN-ÖZAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Isparta

*Geliş Tarihi (Received): 29.09.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 24.11.2016*

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author)\*: [celalozan@gmail.com](mailto:celalozan@gmail.com)

☎ +90 246 2114068 📠 +90 246 2114399

### **ÖZ**

Nisan 2014-Ocak 2015 tarihleri arasında yapılan bu çalışmada Isparta Deresi'nin suyunda ve sedimentlerindeki bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn) mevsimsel değişimlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma süresince dere suyunun bazı fizikokimyasal parametreleri ölçülmüştür. Dereye belirlenen 6 istasyondan 3'er adet su ve sediment numunesi alınarak ICP-AES Vista cihazında 3 tekrarlı olarak metal analizi yapılmıştır. Isparta Deresi'nin suyunda Cu'nun 2. istasyonda tespit edilmediği, diğer metallerin tüm istasyonlarda belirlendiği ve tüm metallerin her mevsimde saptandığı görülmüştür. Cd, Mo ve Se yaz mevsiminde, Cr, Cu ve Ni kış mevsiminde, Fe ve Mn sonbaharda ve Pb ve Zn ilkbaharda artış göstermiştir. Cd, Mo ve Se sonbaharda, Cr, Mn ve Mo ilkbaharda, Cu, Fe, Pb ve Zn ise yaz mevsiminde azalmıştır. Suda en fazla tespit edilen metal Fe, en az belirlenen ise Cd olmuştur. Sudaki metal seviyeleri ile suyun fizikokimyasal parametreleri arasında negatif ve pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Isparta Deresi'nin sedimentlerindeki tüm metaller her mevsimde ve istasyonda belirlenmiştir. Metal seviyelerinin 1., 5. ve 6. istasyonlarda arttığı, 3. istasyonda azaldığı tespit edilmiştir. Sediment örneklerindeki Cd, Cu, Mn ve Ni'nin sonbaharda, Cr, Fe, Pb ve Se'nin ilkbaharda, Mo'nun yaz mevsiminde ve Zn'nun kış mevsiminde arttığı, Cd, Mn, Mo, Pb ve Se'nin kış mevsiminde, Cr'nin sonbaharda, Cu, Fe, Ni ve Zn'nun yaz mevsiminde azaldığı belirlenmiştir. Sedimentte en fazla rastlanan metal Fe, en az rastlanan ise Cd olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Isparta Deresi, Su, Sediment, Ağır metal, Kirlilik

## **Investigation of Heavy Metal Accumulation in Water and Sediments from Isparta Stream**

### **ABSTRACT**

This study which was carried out between April 2014-January 2015 aimed to determine the seasonal variations of some heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se and Zn) in water and sediments of Isparta Stream. During the study period, some physico-chemical parameters had been measured in stream water. 3 pieces water and sediment samples were taken from the 6 stations determined in stream and metal analysis were done at ICP-AES Vista 3 repetitive. Cu was below detection limit in station 2, rest of the metals were detected in all stations and all of the metals were determined in all seasons in Isparta Stream water. It was found that Cd, Mo and Se levels increased in summer, Cr, Cu and Ni in winter, Fe and Mn in autumn and Pb and Zn in spring. Cd, Mo and Se was decreased in autumn, Cr, Mn and Mo in spring and Cu, Fe, Pb and Zn in summer. Fe was the highest in water, while Cd was the lowest. Positive and negative relationships between metal levels in water and physico-chemical parameters were determined. In Isparta Stream sediments, all of the metals were determined in all stations and seasons. Metal levels

were increased in 1st, 5th. and 6th stations, decreased in 3th station. Cd, Cu, Mn and Ni levels in Isparta Stream sediment's were increased in autumn, Cr, Fe, Pb and Se in spring, Mo in summer and Zn in winter, and Cd, Mn, Mo, Pb and Se decreased in winter, Cr in autumn, Cu, Fe, Ni and Zn in summer. Fe was the highest in sediment, while Cd was the lowest.

**Keywords:** Isparta Stream, Water, Sediment, Heavy Metal, Pollution

## GİRİŞ

Dünyamız pek çok tehditle karşı karşıyadır. Bu tehditlerden en tehlikeli olanı ise çevre kirliliğidir. Su kirliliği ise çevre kirliliğinin bir parçasıdır ve pek çok kaynaktan ileri gelmektedir. Sanayi ve endüstri atıkları, maden işletmeleri, doğal afetler gibi sebeplerle sularımız geri dönüşümü olmayacak şekilde hızla kirlenmektedir.

Ağır metaller yer kabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Bozulmaz ve yok edilemezler, çevrede özellikle biyosferde geniş bir yayılım gösterirler, bu sebeple zararlı formdaki konsantrasyonları önemli boyutlara ulaşır (Kamalı, 1999).

Ağır metaller su ortamına doğal kaynaklardan ve insan faaliyeti sonucu karışmaktadır (Göksu, 2003). Metaller erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarla taşınan tozla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla sulara karışır. Kimyasal kirleticiler atmosfer yoluyla da önemli ölçüde sucul ortama karışır. Çünkü atmosferde bulunan bu elementler zamanla rüzgar ve yağışlarla suya geçer (Egemen, 1999).

Ağır metaller sucul ortama taşınırken farklı kimyasal formlarda bulunurlar (Kennish, 1997; Engel ve ark., 1981).

- Solusyon içinde inorganik iyon olarak ya da hem inorganik hem de organik kompleksler olarak
- Yüzeyle tutunmuş olarak
- Katı organik partiküller olarak
- Yağışlardan sonra detritus partikülleri üzerine kaplanmış olarak veya özellikle demir ve manganez oksitlerin içinde tutunarak
- Detritustaki kristalimsi materyalin kafes yapılarında
- Detritus partikülleri üzerine saf halde çökeltmiş olarak

- Serbest iyonlar halinde

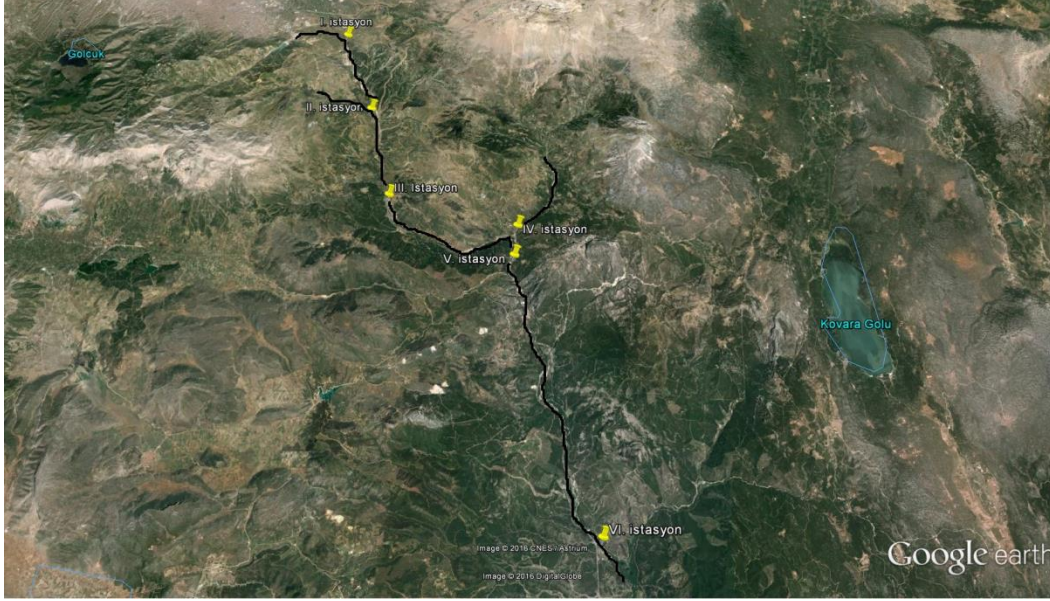
Sucul sistemlerin temel bir bileşeni olarak sediment, çoğu sucul organizma için yaşam alanı oluşturduğu gibi beslenme, yumurta bırakma, yetiştirme alanı olarak da rol oynamaktadır. Sucul sistemlerde insan kaynaklı kimyasallar, atık maddeler, organik ve inorganik bileşikler sedimentte birikme özelliğindedir ve sediment, kirleticiler için birikme yeri olarak görev yapar. Sulara karışan çözünür haldeki metaller çöker ve sediment parçalarıyla absorbe olurlar. Bu nedenle göl ve denizlerin sedimentlerinde ağır metallerin birikimi daha fazla olur (Goyer, 1986). Çünkü akarsular gibi durgun olmayan sularda suyun akış hızına bağlı olarak sedimentte ağır metal birikimi daha azdır.

Ülkemizde ağır metallerin su, sedimentte ve balıklardaki birikimini araştıran pek çok çalışma yapılmıştır (Akbulut ve Akbulut, 2010; Başyigit ve Tekin-Özan, 2013; Kükrer ve ark., 2015; Aydın-Önen ve ark., 2015; Erol ve ark., 2016; Ünlü ve Alpar, 2016).

Bu çalışmada Isparta ili sınırları içinde kalan Isparta Deresi'nin suyunda ve sedimentinde bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn) mevsimsel değişimlerinin belirlenmesi, suda ölçülen bazı fizikokimyasal parametrelerle sudaki ağır metal düzeyleri arasındaki ilişkinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Isparta Deresi (Şekil 1) Isparta ili sınırları içinde yer almakta olup takip ettiği yol boyunca başka derelerle birleşerek Karacaören Baraj Gölü'ne dökülür. Halı yıkama tesislerinin atık suları, kanalizasyon suyu, iplik boyama ve mermer fabrikalarının atık suları dereye karışmaktadır (Kalyoncu, 1996).



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnekleme bölgeleri (22.07.2016 tarihinde Googleeearth'den alınmıştır)

Bu çalışma Nisan 2014- Ocak 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışması esnasında YSI marka portatif multiparametre ölçüm cihazı kullanılarak dere suyunun sıcaklığı, pH'ı, elektriksel iletkenliği ve çözülmüş oksijen miktarı ölçülmüştür. Her istasyondan 3'er adet su ve sediment örneği alınmıştır. İstasyonlardan alınan su örnekleri 500 ml'lik polipropilen kaplara konarak üzerlerine pH'ı düşürmek amacıyla 5 ml nitrik asit ilave edilmiştir. Su örnekleri analiz yapıncaya kadar +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Dereden alınan sediment örnekleri de yine polipropilen kaplara konularak laboratuvara getirilmiştir.

Sediment örnekleri ısıya dayanıklı petrilere konularak etüvde kurumaya bırakılmıştır. Sediment örnekleri 70 °C'de 48 saat bekletilerek kurutulmuştur. Etüvde kurutulan sediment örneklerinin ağırlıkları belirlenmiş, uygun yöntemler kullanılarak ağır metal analizi için çözeltiler hazırlanmış (Canpolat ve Çalta, 2003) ve analiz işlemine kadar +4 °C 'de bekletilmiştir. Analiz işlemi yapılmadan önce sediment örneklerinin çözeltileri filtre kağıtlarından geçirilerek süzölmüştür. Su örnekleri analiz işleminden hemen önce, Whattman marka 47 mm GF/C cam filtre ile süzölmüş ve analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. su ve sediment örneklelerinden metal analizi ICP-AES Vista cihazında 3'er tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir (APHA, 2005).

Ayrıca cihazımızın ağır metal ölçümündeki doğruluğunu saptamak amacıyla HISS 1 (Marine Sediment Reference Material for Trace Elements and Other Constituents) sertifikalı referans materyallerden de metal analizi yapılmıştır.

ICP-AES'ten sonuçlar sediment örnekleri için mg/gr şeklinde alınırken, su örnekleri için mg/l olarak alınmıştır. Su örneklerinin analiz sonuçları ppb'ye çevrilmiştir. Suyun fizikokimyasal parametreleri ile ağır metal miktarları arasındaki ilişkiyi belirlemek, su ve sedimentteki metal seviyelerinin mevsimsel değişimini saptamak amacıyla One-Way Anova, Duncan Testi ve Pearson Testi yapılmıştır. Örnek sonuçlarının tüm istatistiksel hesaplaması IBM SPSS Statistics version 20 programı ile yapılmıştır.

## BULGULAR

### Standart Referans Materyaller

Bu çalışmada HISS-1 (Marine Sediment Reference Material for Trace Elements and Other Constituents) standart materyalinden de ağır metal analizi yapılarak, Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından verilen sertifika değerleri ile kıyaslanmıştır (Tablo 1). Buna göre hassasiyet derecesi %91 ile %106 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek hassasiyet derecesi Mn'da ve en düşük hassasiyet derecesi ise Cd'da tespit edilmiştir

Tablo 1. Referans materyal HISS 1'in sertifika değerleri, belirlenen değerleri ve hassasiyet dereceleri

Element	HISS 1 Sertifika Değerleri	HISS 1 Belirlenen Değerler	Hassasiyet Derecesi (%)
Cd	0.024±0.009	0.022±0.01	91
Cr	30.0±6.8	29.2±4.28	97
Cu	2.29±0.37	2.35±0.06	102
Mn	66.1±4.2	70.2±3.8	106
Ni	2.16±0.29	2.25±0.32	104
Pb	3.13±0.40	3.20±0.04	102

Se	0.050±0.007	0.046±0.002	92
Zn	4.94±0.79	4.87±0.62	98

### Isparta Deresi'nin Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Parametreleri

Çalışma süresince Isparta Deresi'nde belirlenen 6 farklı istasyonda, dere suyunun sıcaklığı, pH değeri, çözülmüş oksijen miktarı ve elektriksel iletkenlik değeri mevsimsel olarak ölçülerek sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Bazı fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimlere göre minimum değerleri, maksimum değerleri, ortalama değerleri ve standart sapmaları

	Sıcaklık (°C)	pH	Çözülmüş oksijen (mg/l)	Elektriksel iletkenlik (µS/cm)
Kış	4.56-7.44 6.17±1.01	7.32-7.87 7.75±0.21	2.64-7.31 5.93±1.76	233.60-952.02 457.97±262.82
İlkbahar	17.36- 21.28 19.84±1.45	7.71-8.45 8.21±0.27	4.80-8.10 7.16±	327.60- 1279.00 727.86±309.52
Yaz	25.55- 28.33 27.00±0.97	7.88-8.60 8.15±0.23	3.90-6.90 5.46±1.05	339.80-1100 814.88±298.09
Sonbahar	10.02- 13.01 11.56±1.26	7.49-7.59 7.53±0.04	6.20-7.90 7.08±0.72	256.20- 1342.00 758.63±454.60

Buna göre sıcaklık miktarı çalışma süresince 4.56 °C ile 28.33 °C arasında değişmiş, ortalama en yüksek sıcaklık yaz mevsiminde (27.00 °C) ölçülürken, en düşük sıcaklık kış mevsiminde (6.17 °C) ölçülmüştür. pH değeri 7.32-8.60 arasında değişim göstermiştir ve en yüksek ortalama değere yaz mevsiminde (8.21) rastlanırken, en düşük ortalama değere ise sonbahar mevsiminde (7.53) rastlanmıştır. Göl suyunun çözülmüş oksijen değeri çalışma süresince 2.64-8.10 mg/l arasında değişiklik göstermiştir ve en yüksek ortalama oksijen miktarı ilkbahar mevsiminde (7.16 mg/l) ve en düşük ortalama oksijen miktarı ise yaz (5.46 mg/l) mevsiminde tespit edilmiştir. Elektriksel iletkenlik değerlerine bakıldığında ise 233.60-1342.00 µS/cm arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek ortalama değer yaz mevsiminde (814.88 µS/cm) ve en düşük ortalama değer ise kış mevsiminde (457.97 µS/cm) tespit edilmiştir.

### Isparta Deresi'nin Suyunda Belirlenen Ağır Metal Konsantrasyonları

Isparta Deresi'nin suyunda yapılan metal analizlerinin sonuçları istasyon bazında Tablo 3'de görülmektedir. Tabloya göre Isparta Deresi'nin suyunda Cu ve Zn 2. istasyonda analiz limitinin altında kalırken, diğer tüm metaller her istasyonda tespit edilmiştir. Suda en fazla biriken metal Fe, en az biriken metal ise Cd olmuştur.

Sudaki Cd miktarı 0.06 ppb-1.37 ppb arasında değişirken ortalama en düşük değer 5. istasyonda (0.62 ppb) ve en yüksek değer 2. istasyonda (1.01 ppb) bulunmuştur. Cr miktarı 0.09 ppb ile 9.89 ppb arasında değişirken, ortalama Cr düzeyi en düşük 2. istasyonda 0.10 ppb, en yüksek 1. istasyonda 4.50 ppb olarak belirlenmiştir. Cu'nun sudaki seviyesi 0.77 ppb-35.44 ppb arasında değişmiş ve en düşük değer 3. istasyonda 13.15 ppb olarak, en yüksek değer ise 1. istasyonda (23.03 ppb) olarak belirlenmiştir. Fe'in Isparta Deresi'nin suyundaki miktarı 291.85 ppb ile 3082.41 ppb arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Fe miktarının 3. istasyonda en düşük (550.61 ppb), 6. istasyonda en yüksek seviyede (1835.25 ppb) olduğu saptanmıştır. Mn miktarı 3.38 ppb ile 303.75 ppb arasında değişirken, ortalama Mn düzeyi en düşük 2. istasyonda 33.18 ppb olarak, en yüksek 5. istasyonda 150.04 ppb olarak belirlenmiştir. Mo miktarı 3.43 ppb ile 16.72 ppb arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Mo miktarı en düşük 7.75 ppb ile 2. istasyonda, en yüksek ise 11.53 ppb 1. istasyonda belirlenmiştir. Ni düzeyi 10.41 ppb ile 55.50 ppb arasında değişim göstermiştir. En düşük düzeye 4. istasyonda (13.10 ppb) ve en yüksek düzeye (29.41 ppb) ise 5. istasyonda ulaşmıştır. Pb miktarı ise 9.88 ppb ile 26.43 ppb arasında değişmiş, en düşük değeri (14.16 ppb) 4. istasyonda, en yüksek değeri ise (20.90 ppb) 1. istasyonda belirlenmiştir. Se seviyesi 10.66 ppb ile 83.41 ppb arasında değişmiş, en düşük değeri (19.45 ppb) 4. istasyonda, en yüksek değeri ise (64.87 ppb) 2. istasyonda belirlenmiştir. Zn düzeyi 1.09 ppb ile 57.90 ppb arasında değişmiş, en düşük değeri (9.15 ppb) 6. istasyonda, en yüksek değeri ise (25.49 ppb) 3. istasyonda saptanmıştır.

Metal miktarlarının istasyonlar arasındaki değişimini saptamak için One-Way Anova testi yapılmıştır. Buna göre Cr'un 2. istasyondaki seviyesinin diğer istasyonlara göre ( $p<0.05$ ) ve Se'un tüm istasyonlardaki seviyelerinin birbirinden farklı ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir. Diğer metallerin konsantrasyonları istasyonlar arasında önemli farklılıklar göstermemiştir.

**Tablo 3.** İstasyon bazında Isparta Deresi'nin suyunda belirlenen ağır metal miktarları (ppb)

	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon	6. İstasyon
<b>Cd</b>	0.66-1.07 0.89±0.21 <sup>a</sup>	0.72-1.32 1.01±0.24 <sup>a</sup>	0.06-1.37 0.73±0.54 <sup>a</sup>	0.12-1.37 0.81±0.56 <sup>a</sup>	0.10-1.26 0.62±0.47 <sup>a</sup>	0.59-1.27 0.94±0.29 <sup>a</sup>
<b>Cr</b>	1.17-9.00 4.50±4.04 <sup>a</sup>	0.09-0.11 0.10±0.05 <sup>b</sup>	0.47-7.24 3.20±3.56 <sup>a</sup>	1.12-9.89 4.46±4.73 <sup>a</sup>	0.52-4.91 2.42±1.86 <sup>a</sup>	0.72-9.42 3.94±4.76 <sup>a</sup>
<b>Cu</b>	12.46-35.44 23.03±11.59 <sup>a</sup>	ALA <sup>*</sup>	12.31-14.01 13.15±1.19 <sup>a</sup>	0.79-33.09 21.34±17.85 <sup>a</sup>	0.78-33.25 17.01±22.95 <sup>a</sup>	0.77-24.08 13.58±11.82 <sup>a</sup>
<b>Fe</b>	484.18-1411.67 778.86±438.03 <sup>a</sup>	365.92-1117.85 728.43±413.83 <sup>a</sup>	373.66-819.41 550.61±190.18 <sup>a</sup>	490.64-1001.99 712.34±245.46 <sup>a</sup>	429.08-3082.41 1283.25±1214.62 <sup>a</sup>	291.85-3340.36 1835.25±1545.04 <sup>a</sup>
<b>Mn</b>	79.28-120.82 92.59±19.06 <sup>a</sup>	3.38-86.16 33.18±36.34 <sup>a</sup>	59.68-117.10 77.24±26.82 <sup>a</sup>	62.26-194.12 132.46±54.05 <sup>a</sup>	72.22-303.38 150.04±106.45 <sup>a</sup>	45.27-303.75 140.69±118.25 <sup>a</sup>
<b>Mo</b>	9.28-14.53 11.53±2.18 <sup>a</sup>	3.43-16.04 7.75±5.77 <sup>a</sup>	7.65-12.01 9.42±1.90 <sup>a</sup>	7.75-16.72 10.54±4.15 <sup>a</sup>	7.43-12.81 9.49±2.31 <sup>a</sup>	7.02-10.74 8.31±1.66 <sup>a</sup>
<b>Ni</b>	13.91-55.50 27.21±19.14 <sup>a</sup>	10.41-17.12 13.10±3.14 <sup>a</sup>	12.08-33.72 19.22±9.99 <sup>a</sup>	13.42-49.08 23.48±17.15 <sup>a</sup>	19.97-46.30 29.41±11.81 <sup>a</sup>	13.06-47.12 28.63±17.66 <sup>a</sup>
<b>Pb</b>	14.79-26.43 20.90±5.21 <sup>a</sup>	10.33-22.23 16.06±4.98 <sup>a</sup>	15.19-19.70 17.99±2.06 <sup>a</sup>	14.64-19.90 14.16±2.57 <sup>a</sup>	17.12-26.39 20.02±4.27 <sup>a</sup>	9.88-22.64 16.37±6.64 <sup>a</sup>
<b>Se</b>	26.68-80.66 60.64±23.93 <sup>b</sup>	56.01-79.47 64.87±10.23 <sup>b</sup>	36.46-73.28 50.95±15.81 <sup>ab</sup>	10.66-23.85 19.45±6.06 <sup>a</sup>	32.71-81.62 50.33±21.95 <sup>ab</sup>	24.51-83.41 59.69±31.07 <sup>ab</sup>
<b>Zn</b>	3.95-40.50 21.63±15.16 <sup>b</sup>	ALA	3.59-57.90 25.49±22.98 <sup>b</sup>	3.05-33.61 22.60±13.56 <sup>b</sup>	1.09-19.75 10.41±13.19 <sup>b</sup>	6.10-11.28 9.15±1.07 <sup>b</sup>

\*ALA: Analiz limitinin altında.

\*\* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir

### Mevsimplere göre ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Isparta Deresi'nin suyunda yapılan metal analizlerinin sonuçları mevsim bazında Tablo 4'de görülmektedir. Çizelgeye göre Isparta Deresi'nin suyunda her metal her mevsimde tespit edilmiştir. Sudaki Cd miktarı 0.06 ppb ile 1.37 ppb arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Cd miktarı en yüksek 0.88 ppb ile yaz mevsiminde, en düşük ise 0.76 ppb ile sonbahar mevsiminde belirlenmiştir. Cr miktarı 0.11 ppb ile 9.89 ppb arasında değişirken, ortalama Cr düzeyi en yüksek kış mevsiminde 8.09 ppb olarak, en düşük ise ilkbahar mevsiminde 1.13 ppb olarak belirlenmiştir. Cu miktarı 0.77 ppb ile 33.09 ppb arasında değişirken, ortalama Cu düzeyi en yüksek kış mevsiminde 27.38 ppb olarak, en düşük ise yaz mevsiminde 0.78 ppb olarak belirlenmiştir. Fe'in Isparta Deresi'nin suyundaki miktarı 537.51 ppb ile 1381.22 ppb arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Fe miktarının sonbahar mevsiminde en yüksek (1381.22 ppb), yaz mevsiminde ise en düşük seviyede (537.51 ppb) olduğu saptanmıştır. Mn miktarı 3.38 ppb ile 303.75 ppb arasında değişirken, ortalama Mn düzeyi en yüksek sonbahar mevsiminde 166.83 ppb olarak, en düşük ise ilkbahar mevsiminde 61.49 ppb olarak belirlenmiştir. Mo miktarı 3.43 ppb ile 16.72 ppb arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Mo miktarı en yüksek 13.26 ppb ile yaz mevsiminde, en düşük ise 8.08 ppb sonbahar mevsiminde belirlenmiştir. Ni düzeyi 10.41 ppb ile 55.50 ppb arasında değişim göstermiştir. En yüksek düzeye kış mevsiminde (35.93 ppb) ve en düşük düzeye (16.65 ppb) ise ilkbahar mevsiminde ulaşmıştır. Pb miktarı ise 9.88 ppb ile 26.43

ppb arasında değişmiş, en yüksek değeri (20.36 ppb) ilkbahar mevsiminde, en düşük değeri ise (16.38 ppb) yaz mevsiminde belirlenmiştir. Se seviyesi 10.66 ppb ile 83.41 ppb arasında değişmiş, en yüksek değeri (58.24 ppb) yaz mevsiminde, en düşük değeri ise (43.15 ppb) sonbahar mevsiminde belirlenmiştir. Zn düzeyi 1.09 ppb ile 57.90 ppb arasında değişmiş, en yüksek değeri (44.00 ppb) ilkbahar mevsiminde, en düşük değeri ise (2.91 ppb) yaz mevsiminde saptanmıştır. Cu, Mn, Mo, Ni ve Zn'un mevsimler arasındaki değişiminin istatistiksel olarak birbirinden farklı ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 4.** Mevsimsel olarak Isparta Deresi'nin suyunda belirlenen ağır metal miktarları (ppb)

	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
<b>Cd</b>	0,10-1,32 0,84±0,43 <sup>a</sup>	0,06-1,37 0,85±0,5 <sup>a</sup>	0,12-1,37 0,88±0,47 <sup>a</sup>	0,59-1,18 0,76±0,24 <sup>a</sup>
<b>Cr</b>	4,91-9,89 8,09±2,04 <sup>b</sup>	0,11-2,38 1,13±0,86 <sup>a</sup>	2,62-3,36 2,98±0,52 <sup>a</sup>	0,47-1,69 1,22±0,56 <sup>a</sup>
<b>Cu</b>	14,01- 35,44 27,38±8,6 1 <sup>c</sup>	21,21- 33,09 27,14±8,3 9 <sup>c</sup>	0,77-0,79 0,78±0,01 <sup>a</sup>	12,31-15,90 13,55±2,02 <sup>b</sup>
<b>Fe</b>	375,61- 2975,41 1134,65±9 71,51 <sup>a</sup>	733,42- 1054,37 873,45±13 5,15 <sup>a</sup>	291,85- 1117,85 537,51±296, 17 <sup>a</sup>	365,92- 3340,36 1381,22±14 20,98 <sup>a</sup>
<b>Mn</b>	68,60- 151,45 107,90±32 ,98 <sup>ab</sup>	21,91- 1054,37 86,68 61,49±21, 54 <sup>a</sup>	21,30- 140,36 81,25±48,98 ab	3,38-303,75 166,83±122, 98 <sup>b</sup>
<b>Mo</b>	3,43-14,53 8,19±3,60 <sup>a</sup>	7,30-9,28 8,49±0,75 <sup>a</sup>	10,74-16,72 13,26±2,51 <sup>b</sup>	4,24-11,06 8,08±2,32 <sup>a</sup>
<b>Ni</b>	14,11- 55,50 35,93±15, 67 <sup>b</sup>	10,79- 28,58 16,65±7,0 6 <sup>a</sup>	13,98-19,97 17,31±1,93 <sup>a</sup>	10,41-47,12 24,14±17,5 <sup>ab</sup>
<b>Pb</b>	10,33- 22,64 17,39±4,3 1 <sup>a</sup>	17,73- 23,80 20,36±2,4 9 <sup>a</sup>	9,88-19,90 16,38±3,67 <sup>a</sup>	11,45-26,43 18,21±6,50 <sup>a</sup>
<b>Se</b>	10,66- 83,41 48,21±25, 09 <sup>a</sup>	20,23- 80,66 49,69±22, 79 <sup>a</sup>	23,09-81,62 58,24±23,16 a	23,85-79,47 46,15±25,29 a
<b>Zn</b>	6,10-29,33 19,87±9,9 7 <sup>ab</sup>	33,61- 57,90 44±12,51 <sup>b</sup>	1,09-3,95 2,91±1,27 <sup>a</sup>	11,28-24,43 18,79±4,83 <sup>ab</sup>

\* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.

#### Isparta Deresi'nin Suyunda Ölçülen Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerle Dere Suyunda Tespit Edilen Metallerin İstatistiki Olarak Kıyaslanması

Çalışma süresince suda ölçülen sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen değeri ve elektriksel iletkenlik miktarı ile dere suyunda analizi yapılan ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn) miktarları arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla Pearson Testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir. Buna göre, sıcaklık ile pH miktarı ve elektriksel iletkenlik arasında pozitif, çözülmüş oksijen miktarı arasında negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklığın artması ile pH ve elektriksel iletkenlik değerlerinin arttığı, buna karşın çözülmüş oksijen miktarının azaldığı belirlenmiştir. Sıcaklık ile sudaki Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn miktarı arasındaki ilişkinin negatif, Cd, Mo, Pb ve Se miktarı ile sıcaklık arasındaki ilişkinin pozitif yönde olduğu tespit edilmiştir. Sudaki pH değeri ile çözülmüş oksijen arasında pozitif, elektriksel iletkenlik arasında negatif bir ilişki vardır. pH seviyesi ile Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Se miktarları arasındaki ilişkinin negatif, Cd ve Mo miktarları arasındaki

ilişkinin ise pozitif olduğu saptanmıştır. Suda artan çözülmüş oksijen değerine karşılık elektriksel iletkenlik değerinin azaldığı saptanmıştır. Cd, Cr, Mn, Mo, Ni ve Se düzeylerinin arttığı, diğer metallerin ise azaldığı belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik ile Cd, Cr, Cu, Ni ve Se seviyeleri arasında ilişkinin negatif yönde olduğu tespit edilmiştir. Cd ile Fe, Mn, Mo, Ni, Pb ve Se arasında, Cr ile Pb, Se ve Zn arasında, Cu ile Mn, Mo ve Se arasında, Fe ile Mo, Se ve Zn arasında, Mn ile Mo ve Se arasında, Mo ile Se ve Zn arasında, Ni ile Se arasında, Pb ile Se arasında ve Se ile Zn arasındaki negatif ilişkiler olduğu saptanmıştır.

Sudaki sıcaklık ile pH ( $p<0.01$ ), Cr ( $p<0.01$ ), Cu ( $p<0.01$ ), Mo ( $p<0.01$ ), Ni ( $p<0.05$ ) arasında, pH ile Mn ( $p<0.05$ ), Ni ( $p<0.05$ ) arasında, çözülmüş oksijen ile Mo ( $p<0.05$ ) arasında, elektriksel iletkenlik ile Mn ( $p<0.05$ ) arasında, Cr ile Ni ( $p<0.01$ ) arasında, Cu ile Zn ( $p<0.05$ ) arasında, Fe ile Mn ( $p<0.01$ ) ve Ni ( $p<0.01$ ) arasında, Mn ile Ni ( $p<0.01$ ) arasında istatistiki açıdan önemli farklılıklar belirlenmiştir.

Isparta Deresi'nin Su ve Sedimentlerindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi

**Tablo 5.** Isparta Deresi suyunda ölçülen bazı fizikokimyasal parametreler ve metallerin pearson testine göre belirlenen değerleri

	Sıcaklık	pH	Çözünmüş oksijen (mg/l)	Elektriksel iletkenlik (µS/cm)	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Sıcaklık	1	0,637**	-0,77	0,228	0,009	-0,648**	-0,692**	-0,281	-0,272	0,616**	-0,485*	0,025	0,140	-0,303
pH		1	0,306	-0,344	0,142	-0,302	-0,288	-0,279	-0,457*	0,145	-0,431*	-0,135	-0,023	0,035
Çözünmüş oksijen (mg/l)			1	-0,378	-0,066	-0,351	0,137	0,143	-0,069	-0,483*	-0,217	0,065	-0,166	0,080
Elektriksel iletkenlik (µS/cm)				1	-0,270	-0,481	-0,474	0,040	0,423*	0,226	-0,16	0,253	-0,170	0,100
Cd					1	0,131	0,135	-0,061	-0,197	-0,111	-0,038	-0,312	0,029	-0,350
Cr						1	0,459	0,148	0,015	0,139	0,662**	-0,044	-0,050	-0,047
Cu							1	0,302	-0,042	-0,374	0,494	0,189	-0,256	0,678*
Fe								1	0,714**	-0,168	0,676**	0,227	-0,029	-0,087
Mn									1	-0,066	0,623**	0,048	-0,270	-0,014
Mo										1	0,003	0,142	-0,035	-0,373
Ni											1	0,097	-0,166	0,031
Pb												1	-0,028	0,031
Se													1	-0,186
Zn														1

\* 0.05 düzeyinde önemli

\*\* 0.01 düzeyinde önemli

## Isparta Deresi'nin Sedimentinde Belirlenen Ağır Metal Konsantrasyonları

Isparta Deresi'nin sedimentinde yapılan metal analizlerinin sonuçları istasyon bazında Tablo 6'da görülmektedir. Tabloya göre Isparta Deresi'nin sedimentlerinde tüm metaller her istasyonda tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en fazla biriken metal Fe, en az biriken metal ise Cd olmuştur. Sudaki Cd miktarı 0.23 mg/kg-1.00 mg/kg arasında değişirken ortalama en düşük değer 3. istasyonda (0.44 mg/kg) ve en yüksek değer 5. istasyonda (0.71 mg/kg) bulunmuştur. Cr miktarı 30.27 mg/kg ile 226.34 mg/kg arasında değişirken, ortalama Cr düzeyi en düşük 3. istasyonda 55.67 mg/kg, en yüksek 5. istasyonda 120.98 mg/kg olarak belirlenmiştir. Cu'nun sudaki seviyesi 7.27 mg/kg-22.91 mg/kg arasında değişmiş ve en düşük değer 3. istasyonda 10.52 mg/kg olarak, en yüksek değer ise 5. istasyonda (17.22 mg/kg) olarak belirlenmiştir. Fe'in Isparta Deresi'nin sedimentindeki miktarı 8774.40 mg/kg ile 19606.81 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Fe miktarının 1. istasyonda en düşük (11380.19 mg/kg), 2. istasyonda en yüksek seviyede (19606.81 mg/kg) olduğu saptanmıştır. Mn miktarı 313.50 mg/kg ile 897.39 mg/kg arasında değişirken, ortalama Mn düzeyi en düşük 1. istasyonda 226.95 mg/kg olarak, en yüksek 6. istasyonda 671.24 mg/kg olarak belirlenmiştir. Mo miktarı 0.36 mg/kg ile 2.02 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Mo miktarı en düşük 0.70 mg/kg ile 3. istasyonda, en yüksek ise 1.30 mg/kg 1. istasyonda belirlenmiştir. Ni düzeyi 51.38 mg/kg ile 216.89 mg/kg arasında değişim göstermiştir. En düşük düzeye 1. istasyonda (51.38 mg/kg) ve en yüksek düzeye (216.89 mg/kg) ise 6. istasyonda ulaşmıştır. Pb miktarı ise 6.57 mg/kg ile 55.25 mg/kg arasında değişmiş, en düşük değeri (12.20 mg/kg) 4. istasyonda, en yüksek değeri ise (17.19 mg/kg) 1. istasyonda belirlenmiştir. Se seviyesi 3.50 mg/kg ile 12.83 mg/kg arasında değişmiş, en düşük değeri (6.90 mg/kg) 3. istasyonda, en yüksek değeri ise (9.70 mg/kg) 6. istasyonda belirlenmiştir. Zn düzeyi 25.31 mg/kg ile 156.16 mg/kg arasında değişmiş, en düşük değeri (57.94 mg/kg) 4. istasyonda, en yüksek değeri ise (98.30 mg/kg) 1. istasyonda saptanmıştır.



Isparta Deresi'nin Su ve Sedimentlerindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi

**Tablo 6.** İstasyon bazında Isparta Deresi'nin sedimentinde belirlenen ağır metal miktarları (mg/kg)

Sediment	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon	6. İstasyon
<b>Cd</b>	0,27-1,00 0,63±0,37 <sup>a*</sup>	0,23-0,85 0,60±0,26 <sup>a</sup>	0,32-0,68 0,44±0,16 <sup>a</sup>	0,30-0,63 0,52±0,15 <sup>a</sup>	0,43-0,95 0,71±0,21 <sup>a</sup>	0,28-0,63 0,49±0,15 <sup>a</sup>
<b>Cr</b>	55,17-226,34 120,80±76,52 <sup>a</sup>	30,27-142,34 78,84±48,61 <sup>a</sup>	39,65-73,87 55,67±14,69 <sup>a</sup>	33,42-80,90 56,48±21,61 <sup>a</sup>	45,54-192,05 120,98±77,15 <sup>a</sup>	44,02-95,32 69,64±21,33 <sup>a</sup>
<b>Cu</b>	10,86-22,91 14,33±5,73 <sup>a</sup>	7,27-19,01 13,44±5,00 <sup>a</sup>	8,77-12,95 10,52±1,79 <sup>a</sup>	8,48-19,04 13,50±4,60 <sup>a</sup>	12,66-22,05 17,22±5,03 <sup>a</sup>	9,73-16,40 12,57±2,97 <sup>a</sup>
<b>Fe</b>	8771,40-16763,30 11380,19±3644,55 <sup>a</sup>	9818,42-28804,12 19606,81±7904,77 <sup>b</sup>	13991,52-16840,22 14910,13±1316,24 <sup>ab</sup>	12683,75-19452,26 16044,69±2765,56 <sup>ab</sup>	15834,29-23464,20 19317,82±3499,18 <sup>b</sup>	13674,04-21612,99 17139,77±3867,97 <sup>ab</sup>
<b>Mn</b>	226,95-447,3 313,50±101,15 <sup>a</sup>	450,94-1205,65 897,39±319,19 <sup>b</sup>	570,35-815,11 697,49±110,10 <sup>b</sup>	546,49-850,24 772,20±150,52 <sup>b</sup>	581,83-862,01 688,85±132,24 <sup>b</sup>	671,24-881,71 746,00±93,46 <sup>b</sup>
<b>Mo</b>	0,65-1,66 1,30±0,45 <sup>a</sup>	0,36-1,64 1,02±0,54 <sup>a</sup>	0,54-0,92 0,70±0,17 <sup>a</sup>	0,43-1,04 0,77±0,26 <sup>a</sup>	0,59-2,02 1,10±0,64 <sup>a</sup>	0,70-1,19 0,96±0,24 <sup>a</sup>
<b>Ni</b>	51,38-149,40 86,25±43,23 <sup>a</sup>	82,28-213,73 139,27±55,75 <sup>ab</sup>	101,20-171,14 136,76±33,50 <sup>ab</sup>	96,26-177,74 129,00±35,94 <sup>ab</sup>	125,39-195,53 165,31±29,68 <sup>b</sup>	75,16-216,89 145,71±63,18 <sup>ab</sup>
<b>Pb</b>	12,42-55,25 17,19±4,99 <sup>a</sup>	6,57-21,26 15,13±6,22 <sup>a</sup>	10,93-23,14 14,76±5,67 <sup>a</sup>	7,33-16,89 12,20±4,31 <sup>a</sup>	9,90-20,33 15,01±4,60 <sup>a</sup>	11,65-15,05 13,41±1,46 <sup>a</sup>
<b>Se</b>	3,50-12,37 7,92±3,63 <sup>a</sup>	5,32-9,02 7,31±1,78 <sup>a</sup>	5,62-8,36 6,90±1,40 <sup>a</sup>	4,56-9,94 7,08±2,58 <sup>a</sup>	6,91-10,15 8,20±1,45 <sup>a</sup>	7,22-12,83 9,70±2,64 <sup>a</sup>
<b>Zn</b>	48,94-150,11 98,30±41,88 <sup>a</sup>	44,95-94,88 69±20,54 <sup>a</sup>	36,41-156,16 69,07±58,14 <sup>a</sup>	25,31-132,05 57,94±49,72 <sup>a</sup>	37,36-117,45 87,13±34,60 <sup>a</sup>	36,86-130,52 62,70±45,42 <sup>a</sup>

\* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir

Metal miktarlarının istasyonlar arasındaki değişimini saptamak için One-Way Anova testi yapılmıştır. Buna göre Mn'in 1. istasyondaki seviyesinin diğer istasyonlara göre ( $p<0.05$ ), Fe ve Ni'in tüm istasyonlardaki seviyelerinin birbirinden farklı ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir. Diğer metallerin konsantrasyonları istasyonlar arasında önemli farklılıklar göstermemiştir.

### Mevsimlere göre ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Isparta Deresi'nin sedimentinde yapılan metal analizlerinin sonuçları mevsim bazında Tablo 7'de görülmektedir. Şekle göre Isparta Deresi'nin sedimentinde her metal her mevsimde tespit edilmiştir.

**Tablo 7.** Mevsimsel olarak Isparta Deresi'nin sedimentinde belirlenen ağır metal miktarları (mg/kg)

	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
<b>Cd</b>	0,23-0,63 0,40±0,15 <sup>a</sup>	0,36-0,78 0,56±0,17 <sup>ab</sup>	0,28-0,95 0,62±0,28 <sup>a</sup>	0,42-1,00 0,68±0,21 <sup>b</sup>
<b>Cr</b>	30,27-95,32 66,15±22,54 <sup>a</sup>	44,02-226,34 120,48±74,67 <sup>a</sup>	33,42-192,05 85,10±62,08 <sup>a</sup>	44,13-88,54 62,85±18,89 <sup>a</sup>
<b>Cu</b>	7,27-16,40 12,55±3,24 <sup>a</sup>	9,73-21,09 13,37±4,25 <sup>a</sup>	8,48-22,05 12,43±4,88 <sup>a</sup>	8,77-22,91 16,03±5,16 <sup>a</sup>
<b>Fe</b>	8771,40±21612,99 15597,70±5192,55 <sup>a</sup>	9664,34-21756,91 16084,94±4567,89 <sup>a</sup>	10321,72-23464,20 15471,77±4653,39 <sup>a</sup>	13991,52-28804,12 18445,20±5338,23 <sup>a</sup>
<b>Mn</b>	341,10-881,71 636,10±218,74 <sup>a</sup>	241,24-936,82 682,65±249,51 <sup>a</sup>	226,95-996,17 639,76±257,48 <sup>a</sup>	44,73-1205,65 785,12±256,51 <sup>a</sup>
<b>Mo</b>	0,36-0,70 0,55±0,13 <sup>a</sup>	0,54-1,64 1,11±0,37 <sup>b</sup>	0,72-2,02 1,22±0,52 <sup>b</sup>	0,76-1,58 1,02±0,31 <sup>b</sup>
<b>Ni</b>	70,76-216,89 144,99±56,95 <sup>a</sup>	73,48-176,85 124,94±46,03 <sup>a</sup>	51,38-195,53 112,57±46,99 <sup>a</sup>	115,89-213,73 152,36±36,82 <sup>a</sup>
<b>Pb</b>	6,57-16,89 12,08±3,67 <sup>a</sup>	10,05-23,14 17,85±5,53 <sup>b</sup>	7,33-22,25 14,88±4,88 <sup>ab</sup>	10,93-17,45 13,66±2,19 <sup>ab</sup>
<b>Se</b>	3,50-10,95 6,68±2,63 <sup>a</sup>	6,91-12,37 8,66±1,98 <sup>a</sup>	5,32-10,15 8,32±1,74 <sup>a</sup>	4,56-12,83 7,76±2,86 <sup>a</sup>
<b>Zn</b>	88,72-156,16 119,96±25,21 <sup>b</sup>	36,86-150,11 72,76±44,16 <sup>a</sup>	25,31-98,80 49,09±25,65 <sup>a</sup>	36,04-105,43 54,57±27,39 <sup>a</sup>

Sedimentteki Cd miktarı 0.23 mg/kg ile 1.00 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Cd miktarı en yüksek 0.68 mg/kg ile sonbahar mevsiminde, en düşük ise 0.40 mg/kg ile kış mevsiminde belirlenmiştir. Cr miktarı 30.27 mg/kg ile 226.34 mg/kg arasında değişirken, ortalama Cr düzeyi en yüksek ilkbahar mevsiminde 120.48 mg/kg olarak, en düşük ise sonbahar mevsiminde 62.85 mg/kg olarak belirlenmiştir. Cu miktarı 7.27 mg/kg ile 22.91 mg/kg arasında değişirken, orta-

lama Cu düzeyi en yüksek sonbahar mevsiminde 16.03 mg/kg olarak, en düşük ise yaz mevsiminde 12.43 mg/kg olarak belirlenmiştir. Fe'in Isparta Deresi'nin sedimentindeki miktarı 8771.40 mg/kg ile 28804.12 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Fe miktarının ilkbahar mevsiminde en yüksek (16084.94 mg/kg), yaz mevsiminde ise en düşük seviyede (15471.77 mg/kg) olduğu saptanmıştır. Mn miktarı 44.73 mg/kg ile 1205.65 mg/kg arasında değişirken, ortalama Mn düzeyi en yüksek sonbahar mevsiminde 785.12 mg/kg olarak, en düşük ise kış mevsiminde 636.10 mg/kg olarak belirlenmiştir. Mo miktarı 0.36 mg/kg ile 2.02 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Mo miktarı en yüksek 1.22 mg/kg ile yaz mevsiminde, en düşük ise 0.55 mg/kg kış mevsiminde belirlenmiştir. Ni düzeyi 51.38 mg/kg ile 216.89 mg/kg arasında değişim göstermiştir. En yüksek düzeye sonbahar mevsiminde (152.36 mg/kg) ve en düşük düzeye (112.57 mg/kg) ise yaz mevsiminde ulaşmıştır. Pb miktarı ise 6.57 mg/kg ile 23.14 mg/kg arasında değişmiş, en yüksek değeri (17.85 mg/kg) ilkbahar mevsiminde, en düşük değeri ise (12.08 mg/kg) kış mevsiminde belirlenmiştir. Se seviyesi 3.50 mg/kg ile 12.83 mg/kg arasında değişmiş, en yüksek değeri (8.66 mg/kg) ilkbahar mevsiminde, en düşük değeri ise (6.68 mg/kg) kış mevsiminde belirlenmiştir. Zn düzeyi 25.31 mg/kg ile 156.16 mg/kg arasında değişmiş, en yüksek değeri (119.96 mg/kg) kış mevsiminde, en düşük değeri ise (49.09 mg/kg) yaz mevsiminde saptanmıştır.

Cd, Mo, Pb ve Zn'un mevsimler arasındaki değişiminin istatistiksel olarak birbirinden farklı ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir.

### TARTIŞMA

Nisan 2014 ile Ocak 2015 tarihleri arasında yürütülen bu çalışmada dere suyunda ölçülen ortalama sıcaklık miktarı 27.00 °C ile yaz mevsiminde en yüksek, 6.17 °C ile ise kış mevsiminde en düşük değere ulaşmıştır. Tepe (2009) Reyhanlı Yenişehir Gölü'nde, Tepe ve Mutlu (2004), Harbiye kaynak suyunda, Başyigit ve Tekin-Özan (2013) Karataş Gölü'nde, Sancer (2015) Kovada Gölü'nde, Mert ve ark. (2008) Apa Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmalarda su sıcaklığının yaz mevsiminde maksimum, kış mevsiminde minimum seviyede olduğu belirlemişlerdir. Isparta Deresi'nin suyunda ölçtüğümüz sıcaklık değerleri mevsim sıcaklıklarına ve diğer çalışmaların sonuçlarına paralellik göstermektedir.

Yapılan bu çalışmada ortalama pH değeri en yüksek 9.57 ile yaz mevsiminde, en düşük ise 6.57 ile kış mevsiminde ölçülmüştür. Taş (2006), Derbent Baraj Gölü'nde yaptığı bir çalışmada en yüksek pH değerini (8.60) ilkbahar ve yaz mevsiminde ve en düşük pH

değerini ise (7.1) kış mevsiminde ölçmüştür. Mert ve ark. (2010), Damsa Baraj Gölü'nde yapmış oldukları çalışmada pH değerinin yaz mevsiminde arttığını (8.46), kış mevsiminde ise düştüğünü (7.77) saptamışlardır. Alp ve Sen (2010), Cip Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada en yüksek pH değerini (8.8) ilkbahar mevsiminde ve en düşük pH değerini ise (7.7) kış mevsiminde ölçmüşlerdir. Başyigit ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü suyunda en yüksek pH değerini (9.70) yaz mevsiminde ve en düşük pH değerini ise (8.16) kış mevsiminde ölçmüşlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmamızın sonuçları ile farklı göllerde yapılan çalışmaların sonuçlarının benzer olduğu görülmektedir.

Genellikle metaller yumuşak ve asidik sularda fazla toksik, sert ve bazik sularda daha az toksik etki göstermektedir (Uruç ve ark., 2008). Yapılan çeşitli çalışmalarda pH değerleri genellikle yaz ve ilkbahar mevsimlerinde yüksek oranda çıkmaktadır. Bunun nedeni ise artan sıcaklıkla birlikte suda çözünen karbonat, bikarbonat ve serbest karbondioksit miktarındaki artışa bağlı olabilir.

Çalışmamızda tespit edilen ortalama çözünmüş oksijen miktarı kış mevsiminde en yüksek değere (5.24) ulaşırken, yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre en düşük seviyede (1.91) tespit edilmiştir. İleri ve ark. (2014), Uluabat Gölü'nün suyundaki çözünmüş oksijen seviyesinin kış mevsiminde yüksek (10.316 mg/l), yaz mevsiminde oldukça düşük (5.082mg/l) olduğunu tespit etmişlerdir. Isparta Deresi'nde belirlediğimiz çözünmüş oksijen seviyesi en düşük yaz mevsiminde, en yüksek seviyesi ise kış mevsiminde tespit edilmiştir. Kışın soğuyan suyun oksijen tutma kapasitesinin artmasından dolayı, bu mevsimde çözünmüş oksijen değerinin yüksek olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamız süresince ortalama elektriksel iletkenlik değeri en yüksek yaz mevsiminde 499.90  $\mu$ S/cm olarak bulunurken, en düşük sonbahar mevsiminde 238.23  $\mu$ S/cm olarak ölçülmüştür. Mert ve ark. (2008), Apa Gölü'nde yapmış oldukları çalışmada elektriksel iletkenlik değerini en yüksek yaz mevsiminde 396  $\mu$ S/cm olarak, en düşük sonbahar mevsiminde 273  $\mu$ S/cm olarak ölçmüşlerdir. Yaz mevsiminde, havaların ısınması ile birlikte su içerisindeki maddelerin çözünmesinde artış gözlenir. Çözünen maddelerin ise, suyun elektriksel iletkenliğini artırabileceği düşünülmektedir.

Isparta Deresi'nin suyunda yapılan metal analizlerine göre Cu ve Zn 2. istasyonda analiz limitinin altında kalırken, diğer tüm metaller her istasyonda tespit edilmiştir. Suda en fazla biriken metal Fe, en az biriken metal ise Cd olmuştur.

Öztürk ve ark. (2008), Demirköprü Baraj Gölü'nün suyunda en fazla biriken metalin Fe olduğunu, en az biriken metalin ise Cd olduğunu, Karadede-Akın (2009) Hazar Gölü'nün suyunda en fazla biriken metalin Fe olduğunu, Öztürk ve ark. (2009), Avşar Baraj Gölü'nün suyundaki Fe miktarının referans değerleri aştığını, Başyigit ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü'nde en fazla biriken metalin Fe olduğunu, Tekin-Özan ve Aktan (2012) Işıklı gölünün suyunda en fazla biriken metalin Fe olduğunu bildirmişlerdir.

Metal miktarının 1.istasyonda daha fazla olduğu, 2 ve 4. istasyonlarda ise konsantrasyonlarının azaldığı belirlenmiştir. Ağır metal seviyeleri 1. istasyonda oldukça fazla miktardadır. Bu bölümde dereye Isparta ili atık su arıtım tesisleri atıkları ve deri sanayi atıkları karışmaktadır. Metallerin konsantrasyonlarının artması bu duruma bağlı olabilir. 2. ve 4. istasyonlarda metal seviyesinin azalması bu istasyonlara yan kaynakların katılmasına bağlı olarak su seviyesinde ki artıştan kaynaklanmış olabilir.

Isparta Deresi'nin suyunda yapılan metal analizlerinin sonucuna göre her metal her mevsimde tespit edilmiştir.

Odokuma ve Ijeomah (2003), New Calabar Nehri (Nijerya)'nin suyundaki ağır metal düzeylerinin yaz ve kış mevsimlerinde, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerine göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Mevsimsel olarak yaptıkları değerlendirmede en yüksek metal birikiminin ilkbahar mevsiminde olduğunu tespit etmişlerdir. Tekin-Özan ve ark. (2004), Kovada Gölü'nün suyunda Fe, Zn ve Mn'ı belirlemişler. Başyigit ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü'nün suyundaki metal seviyelerinin bahar aylarında artış gösterdiğini, kış mevsiminde azaldığını belirlemiştir. Akbulut ve Akbulut (2010), Kızılırmak Nehri'nin suyundaki metal düzeyinin kış aylarında arttığını saptamışlardır. Yiğit (2014), Kargı Çayı'nın suyundaki metal seviyesinin ilkbahar ve kış mevsimlerinde arttığını saptamıştır.

Bu çalışmada Isparta Deresi'nin suyunda analizi yapılan metallerden Cd, Mo ve Se'un yaz mevsiminde, Cr, Cu ve Ni'in kış mevsiminde, Fe ve Mn'ın sonbahar mevsiminde ve Pb ve Zn'un ilkbahar mevsiminde artış gösterdiği belirlenmiştir. Cd, Mo ve Se'un sonbahar mevsiminde, Cr, Mn ve Mo'in ilkbahar mevsiminde, Cu, Fe, Pb ve Zn 'un yaz mevsiminde azaldığı saptanmıştır. Metal seviyesinin yaz aylarında artışı, kaynakların su seviyesinin azalması, meyve-sebze bahçelerinin sulanması ve suyun bir kısmının toprak tarafından emilmesi nedeniyle azalan su miktarına bağlı olarak metal konsantrasyonunun artmasından kaynaklanmış olabilir. Bazı metallerin seviyesinin yaz aylarında düşüş göstermesi ise metalin kimyasal yapısına bağlı olarak sı-

çaklığın etkisine bağlı olarak başka kimyasallarla oluştuğuları bileşiklerdir.

Isparta Deresi'nin sedimentinde analizi yapılan tüm metaller tüm istasyonlarda tespit edilmiştir. Bazı istasyonlarda suda belirlenemeyen metallerin de sedimentte tespit edildiği görülmüştür. Bu durum metalin kimyasal yapısına bağlı olarak sediment partiküllerinin metalleri bünyesine çekmesinden ve zaman geçtikçe metallerin sedimentte birikmelerinden kaynaklanmış olabilir.

Metal seviyelerinin 1., 5. ve 6. istasyonlarda arttığı, 3. istasyonda azaldığı tespit edilmiştir. Akış hızının yavaşladığı istasyonlarda sedimentleşme artış göstermiş ve suda bulunan metaller dibe çöktüğü için bu istasyonlarda metal seviyesinde artış olduğu saptanmıştır.

Sedimentte en fazla biriken metalin Fe, en az biriken metalin ise Cd olduğu belirlenmiştir. Bu durum sudaki metal birikimi ile uyumluluk göstermektedir. Beyşehir ve Habbaniya Göllerinde yapılan çalışmalarda da sedimentte en fazla biriken metallerin Fe ve Mn olduğu belirlenmiştir (Tekin-Özan, 2008; Al-Saadi ve ark., 2002). Öztürk ve ark. (2008), Demirköprü Baraj Gölü'nün sedimentinde en fazla biriken metalin Fe olduğunu, en biriken metalin ise Cd olduğunu belirlemiştir. Keskin (2010), Akkaya Barajı'nda yaptığı çalışmada sedimentte en fazla birikim gösteren metalin As olduğunu ve bu durumun antropojenik etkilerden kaynaklandığını saptamıştır. Usero ve ark. (2003), Fe'in göl, nehir ve denizlerin sedimentinde bol miktarda bulunmasının sebebinin yerküre kabuğunda en fazla bulunan metalin Fe olmasıyla açıklamışlardır. Çalışmamızda sedimentte en az biriken metal ise Cd olmuştur. Baron ve ark. (1990), sedimentte bulunan organik maddelerin bileşiminde Cd'un düşük oranda bulunduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada Isparta Deresi'nin sedimentindeki Cd, Cu, Mn ve Ni'in sonbahar mevsiminde, Cr, Fe, Pb ve Se'un ilkbahar mevsiminde, Mo'in yaz mevsiminde ve Zn'un kış mevsiminde arttığı, Cd, Mn, Mo, Pb ve Se'un kış mevsiminde, Cr'un sonbahar mevsiminde, Cu, Fe, Ni ve Zn'un yaz mevsiminde azaldığı belirlenmiştir. Al-Saadi ve ark. (2002), Habbaniya Gölü (Irak)'nün sedimentinde Cu ve Cd'u en yüksek ilkbahar mevsiminde tespit etmişlerdir. Yiğit (2014), Kargı çayının sedimentindeki metal konsantrasyonlarının ilkbahar ve kış mevsiminde azaldığını tespit etmiştir. Tekin-Özan (2008), Beyşehir Gölü'nde yaptığı çalışmada sedimentteki metal miktarının yaz aylarında azaldığını, sonbahar ve ilkbahar aylarında arttığını belirlemiştir. Başyigit ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü'nün sedimentindeki metal seviyesinin genel olarak sonbaharda arttığını, ilkbahar da azaldığını belirlemiştir. Isparta Deresi'nin sedimentindeki metal seviyesinin bahar aylarında artma-

sı artan yağışlara bağlı olarak çevredeki pestisit, tarımsal gübreler gibi kimyasalların göle karışarak bünyesindeki metallerin dibe çökmesinden kaynaklanabilir.

## SONUÇLAR

Dünya Sağlık Örgütü ve Tarım ve Köyişleri Bakanlığının belirlediği suda kabul edilebilir ağır metal miktarları ile Isparta Deresi'nin suyunda biriken metal miktarları kıyaslanmıştır. Çalışma süresince elde edilen tüm değerlerin kabul edilebilir sınırların altında olduğu belirlenmiştir (WHO, 1993; 1998; Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, 2002).

Isparta Deresi sedimentinde biriken metal miktarları EPA (Environmental Protection Agency) ve PEC (probable effect concentration) miktarları ile kıyaslandığında sedimentte biriken metal miktarlarının kabul edilebilir değerlerin altında olduğu görülmüştür (Macdonald ve ark., 2000).

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (Proje no: 4000-YL1-14) tarafından desteklenmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Akbulut, A., Akbulut, N.E. (2010). The study of heavy metal pollution and accumulation in water, sediment and fish tissue in Kızılırmak River Basin in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 167: 521-526.
- Alp, M.T., Sen, B. (2010). A study on the seasonal periodicity of diatoms with relation to silica in the phytoplankton of a Dam Lake in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9 (14): 1983-1989.
- Al-Saadi, H.A., Al-Lami, A. A., Hassan, F. A., Al-Dulymi, A. A. (2002). Heavy metals in water, suspended particles, sediments and aquatic plants of Habbaniya Lake, Iraq. *International Journal of Environmental Studies* 59 (5): 589-598.
- APHA. (2005). *Standart methods for the examination of water and wastewater*. 21st edn. American Public Health Association, Washington.
- Aydın-Önen, S., Küçüksezgin, F., Kocak, F., Açıık, S. (2015). Assessment of heavy metal contamination in *hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776), *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), and surface sediments of Bafa Lake (Eastern Aegean). *Environ Sci Pollut Res* 22: 8702-8718.
- Baron, J., Legret, M., Astruc, M. (1990). Study of interactions between heavy metals and sewage sludge: determination of stability constants and complexes formed with Cu and Cd. *Environmental Technology* 11: 151-162.
- Başyigit, B., Tekin-Özan S. (2013). Concentration of some heavy metals in water, sediment, and tissues of pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake related to physico-

- chemical parameters, fish size, and seasons. *Polish Journal of Environmental Studies* 22 (3): 633-644.
- Egemen, Ö. (1999). Çevre ve su kirliliği. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Engel, D.W., Sunda, W.G., Fowler, B.A. (1981). Factors affecting trace metal uptake and toxicity to estuarine organisms, environmental parameters in biological monitoring of marine pollutants. Academic Press, London.
- Erol, S., Cukrov, N., Franc'is'kovic'-Bilinski, S., Kurt, M.A., Mihri, H. (2016). Contamination assessment of ecotoxic metals in recent sediments from the Ergene River, Turkey. *Environmental Earth Science* 75: 1051-1062.
- Goyer, R.A. (1986). Toxic Effects of Metals. In: The Basic Science of Poisons. Amdur, M.O., Doull, J., Klaassen, C.D. (eds.), Pergamon Press, London, UK, 623-680.
- Göksu, M.Z.L. (2003). Su Kirliliği. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Adana.
- İleri, S., Karaer, F., Katip, A., Onur, S. (2014). Sığ göllerde su kalitesi değerlendirmesi, Ulubat Gölü Örneği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 19 (1): 47-58.
- Kalyoncu, H. (1996). Isparta Çayı algleri üzerine bir araştırma. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93s, Isparta.
- Kamalı, U.A. (1999). Samsun-Ordu Kıyı Şeridinde Deniz Kirliliğinin İncelenmesi ve Kirlilik Birikiminin Midye Örneğinde Araştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 64 s, Samsun.
- Karadede-Akın, H. (2009). Seasonal variations of heavy metals in water, sediments, pondweed (*P. pectinatus* L.) and freshwater fish (*C.c. umbla*) of Lake Hazar (Elazığ-Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin* 18 (84): 511-518.
- Kennish, M.J. (1997). Practical handbook of estuarine and marine pollution, heavy metals. CRC press, Florida.
- Keskin, Ş. (2010). Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Akkaya Dam, Niğde, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 184(1): 449-60.
- Kükrer, S., Erginal, A. E., Şeker, S., Karabıyıkçoğlu, M. (2015). Distribution and environmental risk evaluation of heavy metal in core sediments from Lake Çıldır (NE Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment* 187: 453-467
- Macdonald, D.D., Ingersoll C. G., Berger T.A. (2000). Development and evolution of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39: 20-31.
- Mert, R., Bulut, S., Solak, K. (2008). Apa Baraj Gölü'nün (Konya) bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*: 8 (2), 1-10.
- Mert, R., Bulut, S., Yıldırım, G., Yılmaz, G., Gül, A. (2010). Damsa Baraj Gölü (Ürgüp) suyunun bazı fiziko-kimyasal parametrelerinin araştırılması. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi* 30 (2): 285-302.
- Odokuma, L.O., Ijeomah, S.O. (2003). Seasonal changes in the heavy metal resistant bacterial population of the New Calabar River, Nigeria. *Global Journal of Pure and Applied Sciences* 9: 425-434.
- Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E. (2008). Determination of heavy metals in of fishes, water and sediment from the Demirköprü Dam Lake (Turkey). *Journal of Applied Biological Sciences* 2 (3): 99-104.
- Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E. (2009). Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avşar Dam Lake. Iran. *J. Environ. Health. Sci. Eng.* 6 (2): 73-80.
- Sancer, O. (2015). Kovada Gölü'nün suyunda, sedimentinde ve Gölde Yetişen Kamış (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel, 1841) Bitkisinde Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 91 s, Isparta.
- Tarım ve Köyişleri Bakanlığı (2002). Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği, 63-78. Ankara.
- Taş, B (2006). Derbent Baraj Gölü (Samsun) su kalitesinin incelenmesi. *Ekoloji* 15(61): 6-15.
- Tekin-Özan, S. (2008). Determination of heavy metals in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment* 145: 295-302.
- Tekin-Özan, S., Aktan, N. (2012). Relationship of heavy metals in water, sediment and tissues with total length, weight and seasons of *Cyprinus carpio* L., 1758 from Işikli Lake (Turkey). *Pakistan Journal of Zoology* 44(5): 1405-1416.
- Tekin-Özan, S., Kır, İ., Barlas, M. (2004). Kovada Gölü (Isparta) suyunda ve sudak balığı (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)'nda bazı ağır metal birikiminin araştırılması. I. Ulusal Limnoloji Çalıştayı, İstanbul Üniversitesi, 16-19 Mayıs, Sapanca.
- Tepe, Y. (2009). Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji* 18 (70): 38-46.
- Tepe, Y., Mutlu, E. (2004). Hatay Harbiye Kaynak Suyu'nun fizikokimyasal özellikleri. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 6: 77-88.
- Uruç, K., Demirezen-Yılmaz, D., Akbulut, H. (2008). Farklı pH Değerlerinin *Lemna gibba* L. ve *Lemna minor* L.'de nikel alınımı ve klorofil miktarına etkisi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 1 (2): 13-15.
- Usero, J., Izquierdo, C., Morillo, J., Gracia, I. (2003). Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the Southern Atlantic Coast of Spain. *Environmental International*, 1069, 1-8.
- Ünlü, S., Alpar, B. (2016). An assessment of trace element contamination in the freshwater sediments of Lake İznik (NW Turkey). *Environ Earth Sci* 75: 140-154.
- WHO, 1993. Guidelines for drinking water quality, vol 1, 2nd edn. Recommendations, Geneva.
- WHO, 1998. Guidelines for drinking-water quality. Second edition, volume 1 Geneva.
- Yiğit, B.Y., 2014. Kargı Çayı (Fethiye-Muğla) su ve sedimentinde ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72 s, Muğla.