



Pazarsuyu Deresi (Giresun, Türkiye) Sediment Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistik Yöntemlerle Belirlenmesi

Fikret Ustaoglu*, Yalçın Tepe

Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 28200 Giresun, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş 15 Kasım 2017
Kabul 12 Aralık 2017

Anahtar Kelimeler:

Ağır metal
Sediment kalitesi
Giresun
Pazarsuyu deresi
Faktör analizi

*Sorumlu Yazar:

E-mail: fikretustaoglu@hotmail.com

ÖZET

Doğu Karadeniz Bölgesi, Giresun il sınırları içerisinde bulunan Pazarsuyu Deresi sediment kalitesinin tespitini amaçlayan bu çalışma Haziran 2014 ile Mayıs 2015 tarihleri arasında yürütülmüştür. Belirlenen dört istasyondan mevsimsel olarak alınan sediment örneklerindeki ortalama ağır metal miktarları; Cr; 10,64 ppm, Mn; 155,83 ppm, Fe; 8312 ppm, Co; 5,73 ppm, Cu; 17,79 ppm, Zn; 32,74 ppm, Cd; 0,16 ppm, Pb; 19,69 ppm olarak tespit edilmiştir. Ayrıca ortalama olarak sediment pH'ı ve organik madde yüzdesi sırasıyla 6,64-5,02 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA), pearson korelasyon analizi, kümeleme ve faktör analizleriyle istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Noktalama grafikleri PAST istatistik programında yapılmıştır. Bu grafikler sediment kalite kriterleri ve yer kabuğu ortalama ağır metal içeriği ile karşılaştırılarak, akarsuyun sedimentindeki ağır metal kirliliğinin seviyesi belirlenmiştir.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 6(3): 304-312, 2018

Determination of the Sediment Quality of Pazarsuyu Stream (Giresun, Turkey) by Multivariate Statistical Methods

ARTICLE INFO

Research Article

Received 15 November 2017
Accepted 12 December 2017

Keywords:

Heavy metal
Sediment quality
Giresun
Pazarsuyu stream
Factor analysis

ABSTRACT

The present study, aimed to determine sediment quality of Pazarsuyu Stream, located in the city limit Giresun, Black Sea Region, were carried out between June 2014 and May 2015. The average heavy metal levels of samples taken seasonally from four selected stations were as follow; Cr; 10.64 ppm, Mn; 155.83 ppm, Fe; 8312 ppm, Co; 5.73 ppm, Cu; 17.79 ppm, Zn; 32.74 ppm, Cd; 0.16 ppm, Pb; 19.69 ppm. Additionally, the average sediment organic matter % and pH were found as 6.64 and 5.02, respectively. The obtained data were evaluated statistically by one way ANOVA, Pearson correlation analysis, cluster, and factor analysis. Dot graphs were made by using PAST statistical program. The level of heavy metal pollution in the stream sediment were determined by comparisons of our graphs with sediment quality criteria and the mean heavy metal concentrations of the earth.

*Corresponding Author:

E-mail: fikretustaoglu@hotmail.com

DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i3.304-312.1696>

Giriş

Ağır metaller, biyolojik olarak ayrışmamaları, toksik olmaları ve son yıllarda yayılım kaynaklarının hızla artması nedeniyle başta sucul ekosistemler olmak üzere çevre için ciddi bir kirlilik tehdidi meydana getirirler. Çevreye yayılmaları çoğunlukla jeolojik ayrışma, yanardağlar, erozyon, motorlu taşıtlar, maden sahaları, metal içeren gübreler, pestisitler, yüzeysel yağmur suları, kimyasal kaynaklı çeşitli kentsel, endüstriyel ve sanayi faaliyetleri yoluyla olmaktadır (Stresty ve Madhava Rao, 1999; Hanif ve ark., 2016).

Bu kaynaklardan yayılan ağır metaller zamanla su ve sedimenti de kirletir ve kalitesinin bozulmasına sebep olurlar (Tepe ve Boyd, 2002; Bagheri ve ark., 2011). Uzun yıllar bozulmadan kalabilen ve sedimentte birikebilen ağır metaller sucul canlılar ve insan sağlığını için potansiyel tehlike oluştururlar. (Tepe ve Boyd, 2003). Çünkü sucul organizmaların çoğu yaşamlarının büyük bir kısmını sedimentte geçirdiklerinden kirlenmiş sedimentteki kimyasallar organizmalar tarafından besin zinciri yoluyla aktarılırlar ve en nihayetinde insanlara ulaşır (Song ve Müller, 1999; USEPA, 2001; Varol ve ark., 2012).

Sedimentler, aynı zamanda akuatik yaşam kaynaklarının temelini oluşturan mikro ve makro flora ile faunanın başlıca besin kaynağını oluşturdukları için sucul ekosistemler için önemli bir role sahiptirler (Guo ve ark., 2010). Bu nedenle akarsu sedimentindeki ağır metal miktarının belirlenmesi çevre kirliliğinin değerlendirilmesinde önde gelen göstergelerden biridir (Soylak ve ark., 1999).

Bu çalışmanın amacı, Pazarsuyu Deresi'nin sedimentinde bulunan bazı ağır metal miktarlarını (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Cd) mevsimsel olarak belirlemek, sonuçları varyans analizi (ANOVA), Pearson korelasyon analizi, kümeleme analizi, faktör analizi gibi istatistiksel yöntemler kullanarak yorumlamak ve sediment kalite indeksine göre değerlendirmektir. Bu amaçla ülkemizde son yıllarda hem göllerde hem de akarsularda sediment kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmaların sayısında artış olduğu belirlenmiştir. (Kükreler, 2016; Tokatlı ve Başatlı, 2016; Cüce ve Bakan, 2017; Tokatlı, 2017).

Materyal ve Metot

Çalışma Alanı

Giresun ili Bulancak ilçesinin batısından Karadeniz'e dökülen Pazarsuyu Deresi'nin sediment kalitesini belirlemek için yapılan arazi çalışmaları Haziran 2014-Mayıs 2015 tarihleri arasında mevsimlik örneklemelerle belirlenen 4 istasyonda yürütülmüştür (Şekil 1). İstasyonlar belirlenirken suyun kalitesine etki edebilecek yerleşim yerleri, akarsuyun kolları, belediyelerin çöp döküm alanları dikkate alınmıştır. İstasyonlardan birincisi, akarsuyun Kovanlık beldesine giriş noktası olup 40°44' 37" Kuzey / 38° 07' 40" Doğu koordinatlarındadır ve denizden yüksekliği 530 metredir. İkinci istasyon Kovanlık beldesine yaklaşık 10 km olup 40°48' 10" Kuzey / 38° 09' 16" Doğu koordinatlarındadır ve rakım 270 metredir. Üçüncü istasyon Pazarsuyu Deresi'nin iki ana kolu olan Bozat ve Bostanlı derelerinin birleşim noktasından sonra olup 40°52' 15" Kuzey / 38° 09' 26"

Doğu koordinatlarına bulunur, rakımı 100 metredir. Belirlenen dördüncü istasyon ise denize 100 metre mesafede, 40°56'38" Kuzey / 38° 10' 29" Doğu koordinatlarında, rakımı 4 metredir.

Pazarsuyu Deresi'nin uzunluğu 80 km, su toplama havzası 874 km²'dir. Yıllık akış miktarı 674 hm³ olup debisi 21,4 m³/s'dir. Bulancak ve Piraziz Belediyeleri içme suyu ihtiyaçlarını Pazarsuyu Deresi su havzasındaki keson kuyulardan temin ederler. Pazarsuyu Havzası'nda 18 hidroelektrik santrali ve regülatör projesi olup bunlardan şimdilik beş tanesi (Ören, Zekere, Tokmadin, Çiğdem, Merék) aktif olarak çalışmaktadır (Anonim, 2014). Pazarsuyu Havzası Aydındere, Kovanlık ve Bozat belediyeleri ile bu belediyelere ait köylerin evsel atıksularının baskısı altındadır. Ayrıca bölgede yapılan fındık tarımına bağlı olarak insektisit ve herbisit kullanımı da yaygındır. Havzada oluşan atık suların çoğu arıtılmakta, doğrudan ya da dolaylı olarak Pazarsuyu'na deşarj edilmektedir (Anonim, 2013).

Sediment Örneklerinin Analizi

Sediment örneklerinde pH ölçümleri ve yanabilir organik madde yüzdesi tespit edilmiştir. pH ölçümleri için 103°C'de kurutulmuş 20 g sediment 20 ml saf su ile karıştırılıp sedimentin çökmesi sağlandıktan sonra Hanna marka HI221 model pH metre ile ölçülmüştür. Sedimentte bulunan organik madde yüzdesini tespit edebilmek için; 2 g kurutulmuş sediment örneği porselen krozeve konularak, 550°C'de 2 saat boyunca yakma fırınında bekletilmiş ve desikatörde oda sıcaklığına ulaşıtıktan sonra tekrar tartılıp ilk tartımdan çıkarılarak yüzdesi hesaplanmıştır (Egemen, 2000).

Sedimentte ağır metal analizi için mevsimsel olarak 4 farklı istasyondan alınan sediment örnekleri buz korumalı kaplarda laboratuvara getirilerek etüvde sabit ağırlığa gelene kadar 70°C'de kurutulup 0,5 mm'lik elekten elenmiştir. Etüvde tamamen nemi giderilen numunelerden 0,5 g alınarak Cem Mars 5 marka mikrodalgada nitrik asit ve perklorik asit ile sindirme işlemine tabi tutulup, organik yıkımları biten örnekler soğutulmuştur. Soğutulan örnekler santrifüjledikten sonra filtre kâğıdından süzülerek, hacimleri 100 ml'ye tamamlanıp Bruker 820-MS marka ICP-MS spektrometresi ile metal miktarları saptanmıştır (EPA, 1998).

İstatistik Hesaplamalar

Parametrelerin yıllık ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleriyle, istasyonlara göre parametrelerin ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olup olmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) (P<0,05) kullanılmıştır. Sediment kalitesi parametrelerinin arasındaki ilişkinin yönünü ve miktarını belirlemek için Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. İstasyonlar arasındaki benzerlikleri belirlemek için kümeleme analizi ve fazla sayıdaki veriler setini azaltarak yeni faktörlerin belirlenmesinde ise faktör analizinden faydalanılmıştır. Bu istatistik analizlerin tamamı için SPSS 22 paket programı kullanılmıştır. İlave olarak verilerin PAST istatistik programında Jitter Plot noktalama grafikleri yapılarak sediment kalite kriterleri ve yer kabuğu ortalama ağır metal içeriği ile karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 1 Pazarsuyu Deresi çalışma sahası ve istasyonları
Figure 1 Site Map and Stations of Pazarsuyu Stream

Bulgular ve Tartışma

Pazarsuyu Deresi'nde belirlenen istasyonlardan alınan sediment numunelerinin ortalama pH, % organik madde (O.M) ve ağır metal miktarları Tablo 1'de verilmiştir. Tespit edilen ağır metal miktarları ortalaması ppm olarak büyükten küçüğe doğru $Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Cr > Co > Cd$ şeklindedir.

Tatlısu sediment kalitesinin değerlendirilmesine dair ülkemizde hazırlanmış bir kriter bulunmadığı için bu çalışmada elde edilen veriler MacDonald ve arkadaşları (2000), Persaud ve arkadaşları (1993) tarafından yayınlanan sediment kalite kriterlerine göre ve Krauskopf (1979) tarafından bildirilen yer kabuğu ortalama ağır metal içeriği ile değerlendirilmiştir. Sediment kalite kriterinin etki seviyelerine göre; LEL (Lowest Effect Level=En düşük etki seviyesi); bu sınırın altında genellikle sedimentteki canlılarda olumsuz etkiler gözlenmez. TEL (Threshold effect level=Etki eşik seviyesi); bu sınırın altında sedimentteki canlılarda olumsuz etkiler çok nadiren gözlenir. MET (Minimal effect threshold=Minimum etki eşik seviyesi); bu sınırın altında genellikle sedimentteki canlıların çoğunda olumsuz etkiler gözlenmez. TET (Toxic effect threshold=Toksik etki eşik seviyesi) olarak ifade edilir ve bu sınırın üzerinde genellikle sedimentteki canlıların çoğunda olumsuz etkiler gözlenir (MacDonald ve ark., 2000). (Tablo 2).

Pazarsuyu Deresi'nde dört istasyondan mevsimsel olarak toplanan sedimentlerde bulunan yıllık ortalama krom (Cr) miktarı 10,64 ppm'dir. Minimum değer yazın I. istasyonda 7,12 ppm, maksimum değer kışın IV. istasyonda 14,67 ppm olarak bulunmuştur. I., II., II., IV. istasyonların ortalama krom değerleri ise sırasıyla 8,58, 10,16, 10,03 ve 12,80 ppm'dir. Bu değerler yer kabuğunda doğal olarak bulunan kromun ortalama değerinden (100 ppm) oldukça düşüktür (Tablo 2). Ayrıca sediment kalite kriterlerinden LEL (26 ppm) ve TEL (37,3 ppm) sınır değeri hiçbir istasyonda ve mevsimde aşılmamıştır (Şekil 2). Bu bulgulardan yola çıkarak akarsuyun krom kirliliğine maruz kalmadığı söylenebilir.

Sedimentte tespit edilen yıllık ortalama mangan (Mn) miktarı 155,83 ppm'dir. Minimum değer sonbaharda I. istasyonda 106,08 ppm, maksimum değer kışın IV.

istasyonda 285,81 ppm olarak bulunmuştur. I., II., II., IV. istasyonların ortalama Mn değerleri ise sırasıyla 131,4, 147,48, 141,88 ve 202,55 ppm'dir. Ortalama Mn miktarı yer kabuğu ortalaması olan 850 ppm değerinin oldukça altındadır. Ayrıca Persaud ve arkadaşları (1993) tarafından bildirilen sediment kalite kriterlerinden olan LEL değeri de (460 ppm) hiçbir mevsimde ve istasyonda aşılmamıştır (Şekil 2).

Demir (Fe) ortalama 47000 ppm değeriyle yer kabuğunda en fazla bulunan elementtir (Krauskopf, 1979). Bu çalışmada da 8312 ppm ortalama değeriyle sedimentte en fazla bulunan element Fe olmuştur. Minimum değer ilkbaharda II. istasyonda 5364 ppm, maksimum değer kışın IV. istasyonda 10092 ppm olarak bulunmuştur. I., II., II., IV. istasyonların ortalama demir değerleri ise sırasıyla 7713, 8498, 8415 ve 8621 ppm'dir. Sediment kalite kriterlerinden olan LEL değeri (20000 ppm) hiçbir ayda ve istasyonda aşılmamıştır (Şekil 2). Bu verilerden yola çıkarak akarsu sedimentinin sucul ekosistemler için tehdit oluşturmayacak seviyede olduğu söylenebilir.

Kobalt (Co) yer kabuğunda ortalama 8 ppm oranında bulunur (Krauskopf, 1979). Bu çalışmada ise 5,73 ppm olduğu hesaplanmıştır. En yüksek değer 6,97 ppm ile sonbaharda III. istasyonda, en düşük değer ise 4,82 ppm olarak yine sonbaharda I. istasyonda ölçülmüştür. I., II., II., IV. istasyonların sedimentte bulunan Co değerlerinin ise sırasıyla 5,41-6,20-5,90 ve 5,42 ppm olduğu görülmüştür. Bu değerler itibarıyla akarsu sedimenti kobalt elementi yönünden sucul ekosistem için herhangi bir tehlike içermemektedir.

Bakır (Cu), tatlısu ve sedimentlerdeki akuatik yaşam için zorunlu olan mikro besleyici elementtir. Ancak yüksek seviyelerde toksisiteye sebep olur. Çevreye yayılması volkanik patlamalar, bitkilerin çürüyerek ayrışması gibi doğal yollarla ve belediye ve sanayi atık suları gibi insan faaliyetlerinin neticesiyle olmaktadır. Cu suda az çözünür ancak AKM'lere kolayca tutunur ve nihayetinde sedimentte birikim gösterir. Sedimentte birikim gösteren Cu miktarı suyun kirlilik derecesini yansıtır (Egani, 2016). Bu çalışmada yıllık olarak bulunan ortalama bakır (Cu) miktarı 17,79 ppm'dir. Minimum değer yazın I. istasyonda 14,54 ppm, maksimum değer kışın II. istasyonda 22,71 ppm olarak bulunmuştur. I., II., II., IV. istasyonların ortalama Cu değerleri ise sırasıyla 18,20, 18,39, 18,21 ve 16,40 ppm'dir. Bu sonuçlar sediment kalite kriterlerinden LEL sınır değeri olan 16 ppm'in üzerindedir. Ancak sedimentlerde tespit edilen tüm verilerin MET (28 ppm), TEL (35,7 ppm), TET (86 ppm) sınır değerlerinden düşük olması, havza sedimentlerinin önemli bir bakır kirliliğine maruz kalmadığını göstermektedir (Şekil 2).

Sedimentte yıllık olarak bulunan ortalama çinko (Zn) miktarı 32,74 ppm'dir. Minimum değer sonbaharda I. istasyonda 22,05 ppm, maksimum değer kışın II. istasyonda 48,48 ppm olarak kaydedilmiştir. I., II., II., IV. istasyonların ortalama çinko değerleri ise sırasıyla 29,22, 35,21, 33,6 ve 33,55 ppm'dir. Bu değerler sedimentte doğal olarak bulunan çinko değerinden (100 ppm) bir hayli düşüktür (WHO, 2001). Ayrıca sediment kalite kriterlerinden LEL sınır değeri olan 120 ppm hiçbir istasyonda ve mevsimde aşılmamıştır. Bu bulgulardan yola çıkarak havza sedimentlerinin bir çinko kirliliğine maruz kalmadığı sonucuna varılabilir.

Tablo 1 Pazarsuyu Deresi istasyonlarının sediment kalite parametreleri (Ortalama±Standart Sapma).

Table 1 Sediment quality of Pazarsuyu Stream stations (Mean ±standart deviation)

(n=16)	I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon	IV. İstasyon	Min.	Ortalama±SS	Mak.
Cr (ppm)	8,58±1,32 ^a	10,16±1,39 ^a	10,03±0,68 ^{ab}	12,80±1,4 ^b	7,12	10,64±1,92	14,67
Mn (ppm)	131,4±17,14	147,48±7,95	141,88±15,55	202,55±90,96	106,08	155,83±50,86	285,81
Fe (ppm)	7713±1287	8498±2235	8415±1950	8621±1927	5364,06	8312±18	10902
Co (ppm)	5,41±0,66	6,20±0,37	5,90±0,75	5,42±0,21	4,82	5,73±0,60	6,97
Cu (ppm)	18,20±3,28	18,39±2,96	18,21±2,08	16,40±1,26	14,54	17,79±2,41	22,71
Zn (ppm)	29,22±6,65	35,21±9,2	33,±6,52	33,55±2,35	22,05	32,74±6,36	48,48
Cd (ppm)	0,16±0,01	0,17±0,02	0,17±0,01	0,14±0,01	0,12	0,16±0,02	0,21
Pb (ppm)	21±9,25	20,89±5,16	19,46±2,33	17,46±0,84	14,78	19,69±5,09	34,59
pH	6,64±0,35	6,68±0,38	6,49±0,17	6,76±0,05	5,88	6,64±0,13	7,70
O.M (%)	4,15±0,35	4,16±0,46	5,99±1,1	5,8±0,0	1,90	5,02±0,48	12,75

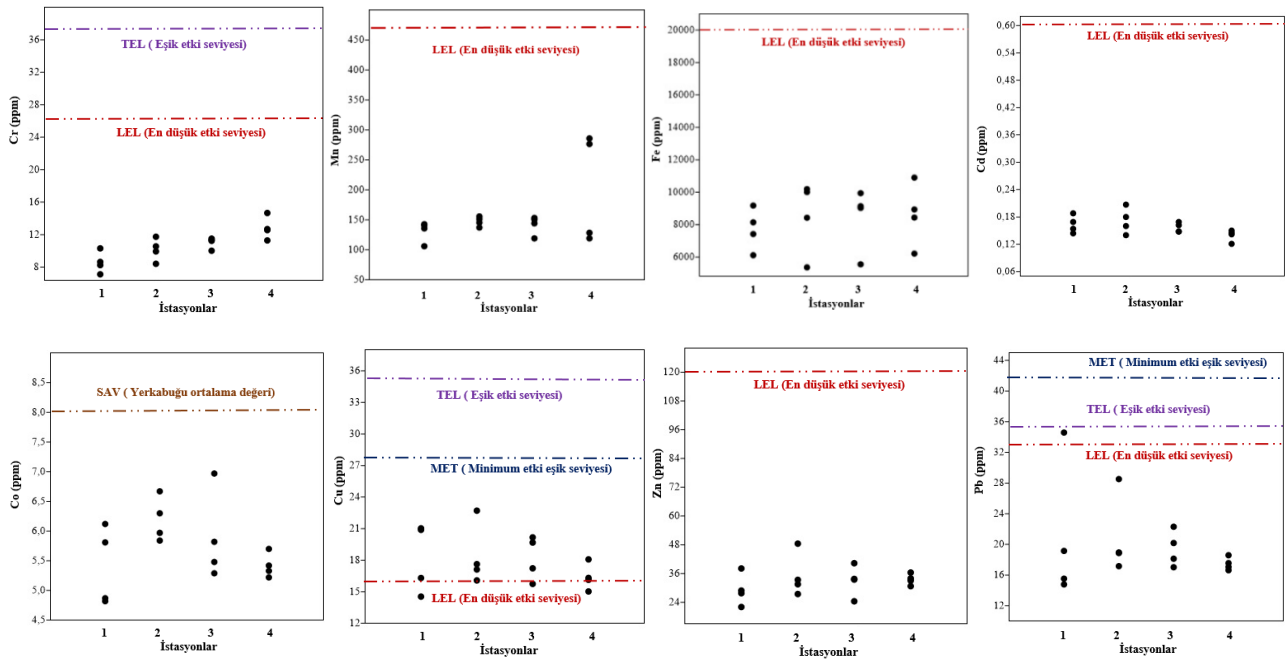
Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel farklılıkları belirtir.

Tablo 2 Sediment kalite kriterleri sınır değerleri

Table 2 Sediment quality criteria limit values

GV	Cr	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Cd	Pb
LEL	26	460	20.000		16	120	0,6	31
TEL	37,3				35,7	123	0,6	35
MET	55				28	150	0,9	42
TET	100				86	540	3	170
SAV	100	850	47.000	8	50	90	0,3	20
MÇ	10,64	155,83	8312	5,73	17,79	32,74	0,16	19,69

GV: Guidelines Values, LEL (Lowest Effect Level=En düşük etki seviyesi), TEL (Threshold effect level=Etki eşik seviyesi), MET (Minimal effect threshold= Minimum etki eşik seviyesi), TET (Toxic effect threshold=Toksik etki eşik seviyesi), SAV(Shale Average Value=Yerkabuğu ortalama ağır metal içeriği), MÇ= Mevcut çalışmada ölçülen değer



Şekil 2 Pazarsuyu Deresi sedimentindeki mevsimsel ağır metal seviyeleri
Figure 2 Seasonal heavy metal levels of Pazarsuyu Stream's sediments

Kadmiyum (Cd), canlılar için zorunlu olmayan, hayvanlar üzerinde genetik ve ekolojik toksisiteye sebep olduğu gibi bitki büyüme ve gelişmesini de olumsuz yönde etkileyen bir elementtir. Doğaya salınımı genellikle elektrik santralleri, metal endüstrisi, jeolojik ayrışma, atmosferik çökeltme, kullanılan fosfat gübreleri, yakılan katı atıklar, sanayi tesislerinin zehirli atıkları ve kanalizasyonlar yoluyla (WHO, 2010; ATSDR, 2012). Akarsuyun sedimentinde yıllık olarak tespit edilen ortalama Cd miktarı 0,16 ppm'dir. Minimum değer yazın

IV. istasyonda 0,12 ppm, maksimum değer kışın II. istasyonda 0,21 ppm olarak kaydedilmiştir. I. II. III. ve IV. istasyonların ortalama kadmiyum değerleri ise sırasıyla 0,16, 0,17, 0,17 ve 0,14 ppm'dir. Elde edilen bu değerler yer kabuğundaki ortalama Cd değeri olan 0,1-0,5 mg/kg aralığındadır (ATSDR, 2012). İlave olarak bu sonuçlar bütün istasyonlarda ve mevsimlerde sediment kalite kriterlerinin LEL (0,6 ppm) değerinin çok altındadır (Şekil 2). Sonuç olarak akarsuyun Cd açısından sediment değerleri tatlı su ekosistemleri için uygundur.

Tablo 3 Sediment kalite parametrelerinin istasyon ortalamalarına göre mevsimsel değerleri

Table 3 Sediment quality parameters according to seasonal stations' means

(n=4)	Cr	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Cd	Pb	pH	O.M
Yaz	10,41	179,06	9102,11	5,73	15,35	31,7	0,15	16,91	6,86	4,43
Sonbahar	10,24	133,66	8000,99	6,04	17,44	30,55	0,16	17,93	6,36	5,44
Kış	11,24	180,89	10007,29	5,52	20,46	40,83	0,18	26	7,26	4,76
İlkbahar	10,71	129,68	6136,98	5,62	17,92	27,88	0,15	17,92	6,91	4,1

Canlılar için zorunlu olmadığı gibi toksik bir element olan kurşun (Pb), doğal yollardan ve insan faaliyetleri neticesinde çevreye yayılır. Başlıca kurşun salınım kaynakları; araç emisyonları, volkanlar, havadaki toprak partikülleri, orman yangınları, katı atıkların yakılması, endüstri atıkları, kurşun içeren boya ve pestisitlerdir (Egani, 2016). Sedimentte tespit edilen yıllık ortalama Pb miktarı 19,69 ppm'dir. Minimum değer yazın I. istasyonda 14,78 ppm, maksimum değer kışın I. istasyonda 34,59 ppm olarak kaydedilmiştir I., II., II., IV. istasyonların ortalama kurşun değerleri ise sırasıyla 21,9, 20,89, 19,46 ve 17,46 ppm'dir. Yerkabuğunun Pb doğal konsantrasyonu 15 ila 20 ppm arasında değişir (Egani, 2016). Bu çalışmada ölçülen Pb değerleri yaklaşık olarak yerkabuğu ortalamasındadır. Sediment kalite kriterlerine göre; tüm istasyonlar MET sınır değerinin (42 ppm) ve TEL sınır değerlerinin (35 ppm) altındadır. Sadece I. istasyonda 31 ppm olan LEL sınırı, 34,59 ppm değeriyle biraz aşmıştır. Bu verilere göre akarsu sedimentinde tespit edilen Pb seviyelerinin sucul ekosistem için tehdit oluşturmayacak seviyede olduğu söylenebilir.

Sediment pH'ı sedimentin kimyasal yapısı hakkında genel bir bilgi vermektedir. Sediment pH'ı en düşük sonbaharda I. istasyonda, en yüksek ise kışın yine I. istasyonda tespit edilmiştir. Sediment pH'ı 5,88 ile 7,7 aralığında olup yıllık ortalaması 6,64'tür. I., II., II., IV. istasyonların ortalama sediment pH değerlerinin ise sırasıyla 6,64, 6,68, 6,49 ve 6,76 olduğu görülmüştür. Bu değerlere göre akarsu sedimenti hafif asidiktir.

Sedimentte bulunan organik madde yüzdesi; akarsuyun kollarından ve evsel atıklardan akarsuya taşınan organik maddelerin birikmesini gösteren bir parametredir. Akarsu sedimentlerindeki organik madde miktarına tarımsal faaliyetlerin ve insan kaynaklı kirleticilerin önemli etkisi vardır (Davutluoğlu ve ark., 2011). Bu çalışmada tespit edilen ortalama % organik madde değeri 5,02'dir. Minimum değer yazın %1,9 ile I. istasyonda, maksimum değeri ise sonbaharda %12,75 ile IV. İstasyonda kaydedilmiştir. I., II., II., IV. istasyonların ortalama değerleri sırasıyla % olarak 4,15- 4,16- 5,99 ve 5,80'dir. Bu konuda yapılan benzer bir çalışmada Samsun Mert Irmağı'nın sediment pH'ının 6,8-7,65 aralığında, sediment organik madde miktarının ise %5,61 olduğu tespit edilmiş olup sedimentteki bu organik madde miktarının evsel ve tarımsal kirlilik birikimlerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Bakan ve Şenel, 2000). Benzer şekilde Ordu il merkezinden denize dökülen Melet Irmağı'nda sedimentte organik madde miktarının %5,77, pH'm ise 6,71-8,3 aralığında olduğu ifade edilmiştir (Ustaoglu ve ark., 2017). Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapılan istatistiksel hesaplamalarda sadece krom miktarında IV. istasyon ile I. ve II. istasyonlar arasında anlamlı düzeyde bir fark tespit edilmiş ($P<0,05$) (Tablo 1), diğer parametreler açısından herhangi bir fark tespit edilmemiştir ($P>0,05$).

Sediment kalite parametrelerinden Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cr, Cd ve pH değerlerinin istasyon ortalamalarına göre en fazla tespit edildiği mevsim kış, Cd ve organik maddenin ise sonbahardır. Minimum değerlere göre Mn, Fe, Zn, Cd ve organik maddenin istasyon ortalamalarının en az oldukları mevsim ilkbahar, kromun sonbahar, kobaltın kış, bakır ile kurşunun ise yaz mevsimidir (Tablo 3). Giresun ilinde bazı akarsularda yapılan benzer bir çalışmada Fe, Mn, Zn, Cu, Cr elementlerinin bu çalışmada olduğu gibi kış mevsiminde yüksek olduğu bildirilmiştir (Türkmen ve Akbulut, 2015).

Ülkemizde ve dünyada sediment kalitesine yönelik çalışmalar son yıllarda artmıştır. Örneğin; Soylak ve arkadaşları (2002), Yozgat çevresindeki akarsulardan topladıkları sediment örneklerinde Cu, Fe, Ni, Co, Pb, Mn, Cr seviyelerini sırasıyla 10,4-16,7 µg/g, 58,3-113,7 µg/g, 31,9-76,4 µg/g, 8,3-19,2 µg/g, 31,2-60,3 µg/g, 34,3-64,4 µg/g 26,7-39,6 µg/g, aralığında tespit ederek, sediment element içeriklerinin bu akarsularda yaşayan canlılar için tehlikeli olmadığını bildirmişlerdir. Varol ve Şen (2012) Dicle Nehri sedimentinde As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn ortalama miktarlarını sırasıyla 5,9 mg/kg, 3,02 mg/kg, 135,81 mg/kg, 1257,76 mg/kg, 284 mg/kg, 380,45 mg/kg, 509,84 mg/kg olarak tespit etmişler; Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn miktarlarının sedimentte yaşayan organizmalar üzerinde zararlı etkilerinin olabileceğini bildirmişlerdir. Köse ve arkadaşları (2015), Porsuk Çayı sedimentinde Zn, Cu, Mn, Ni, Cr, Pb, As değerlerini sırasıyla 28,2-234,57 mg/kg, 9,9-47,8 mg/kg, 177,8-404,6 mg/kg, 30,9-292,1 mg/kg, 22,33-161,9 mg/kg, 4,2-85,1 mg/kg, 3,5-7,6 mg/kg aralığında tespit etmişlerdir. Çayın Eskişehir ve Kütahya bölgelerinden gelen inorganik kirlilikten önemli oranda etkilendiğini bildirmişlerdir. Rauf ve arkadaşları (2009), Ravi Nehri'nin sedimentinde ağır metal miktarını Cd; 0,99-3,17 µg/g, Cr; 4,60-57,40 µg/g, Co; 2,22- 8,53 µg/g ve Cu; 3,38-159,79 µg/g aralığında saptamışlardır. Bu değerlerden yola çıkarak akarsuyun yoğun bir ağır metal kirliliğine maruz kaldığını ve sedimentindeki ağır metal miktarlarının bir hayli yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Öner ve Çelik (2011) Gediz Nehri aşağı havzasında sediment örneklerinde ağır metal miktarlarını Pb; 5,5-18 µg/g, Cd; 6,9-11 µg/g, Ni; 44,2-69,4 µg/g, Cr; 53-891,01 µg/g, Cu; 53,7-89,82 µg/g, Fe; 25,5-47,89 mg/g, Zn; 60,7-279,69 µg/g aralığında tespit etmişler ve bu ağır metallerle ilgili sanayi tesisleri tarafından Gediz Nehri'nin kirletildiğini ortaya koymuşlardır. İslam ve arkadaşları (2015) Korotoa Nehri sedimentinde kışın ve yazın ortalama ağır metal miktarının sırasıyla Cr; 118-99 mg/kg, Ni;103-86 mg/kg, Cu;82-71 mg/kg, As; 27-22 mg/kg, Cd; 2,8-1,6 mg/kg, Pb; 63-54 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Bu verilere göre sedimentin Cd ve Pb bakımından önemli oranda, diğer metaller açısından ise makul seviyede kirletildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca nehirde en fazla bulunan metalin krom olmasının nedenini tekstil ve deri endüstri atıklarının artılmadan doğrudan

nehre verilmesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Özbay ve arkadaşları (2013) Berdan Çay'ı sedimentinde ağır metal düzeylerinin araştırılması için yürüttükleri çalışmada; ağır metal birikim düzeylerini, Fe; 18521,91 µg/g, Al; 12907,70 µg/g, Mn; 377,40 µg/g, Ni; 167,68 µg/g, Cr; 57,81 µg/g, Zn; 45,59 µg/g, Cu; 28,38 µg/g, Pb; 22,82 µg/g ve Cd; 4,54 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Bu verileri değerlendirdiklerinde Berdan Çayı ağır metal düzeyinin yüksek olduğunu, bunun da bölgenin jeomorfolojik yapısından, sanayi ve evsel atık sularından, yoğun olarak kullanılan gübre ve tarım ilaçlarından ortaya çıktığını bildirmişlerdir.

Pazarsuyu Deresi sedimentinde tespit edilen ağır metallerin birbiriyle olan ilişkilerini belirlemek amacıyla yapılan Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre Fe ile Mn arasında orta düzeyde ($r=0,534$, $P<0,05$), Zn ile Fe arasında yüksek ($r=0,752$, $P<0,01$), Zn ile Cu arasında orta düzeyde ($r=0,619$, $P<0,05$), Cd ile Cu arasında yüksek düzeyde ($r=0,792$, $P<0,01$), bir ilişkinin varlığı saptanmıştır. Ayrıca kurşun ile Cu, Cd, Zn arasında sırasıyla yüksek ve orta düzeyde ($r=0,770$, $P<0,01$), ($r=0,738$, $P<0,01$), ($r=0,694$, $P<0,01$) pozitif yönde bir ilişkisinin olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4 Pazarsuyu Deresi sediment parametrelerinin korelasyon matrisi

Table 4 Correlation matrix of Pazarsuyu Stream sediment parameters

	Cr	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Cd	Pb	pH	%O.FM
Cr	1									
Mn	0,472	1								
Fe	0,363	0,534*	1							
Co	0,012	-0,044	0,274	1						
Cu	-0,014	-0,098	0,285	0,223	1					
Zn	0,279	0,315	0,752**	0,195	0,619*	1				
Cd	-0,304	-0,328	0,345	0,38	0,792**	0,605*	1			
Pb	-0,175	-0,037	0,369	-0,099	0,770**	0,694**	0,738**	1		
pH	0,219	0,341	0,34	-0,329	0,301	0,444	0,205	0,538*	1	
%O.M	0,286	0,014	0,012	-0,25	-0,056	0,162	-0,23	0,022	-0,299	1

*Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlı, **Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlı

Tablo 5 Sedimentte bulunan ağır metal parametrelerinin faktör analizi

Table 5 Factor analyses of sediment heavy metals

Metaller	Faktörler		
	1	2	3
Zn	0,892		
Cd	0,852		
Cu	0,848		
Pb	0,840		
Fe	0,669		
Mn		0,859	
Cr		0,790	
Co			0,933

Tablo 6 Sedimentin ağır metal faktör analizi varyans değerleri

Table 6 Variance values of sediment heavy metal factor values

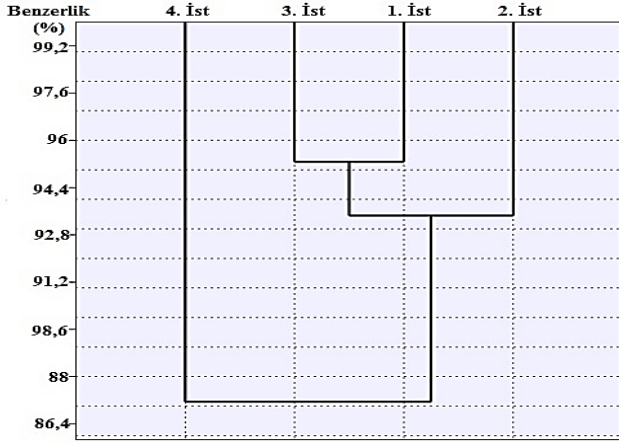
Bileşen	Başlangıç Özdeğerler			Yüklerin Açıklanabilir Kareler Toplamları			Döndürülmüş Kareli Yüklerin Toplamı		
	Toplam	Varyans %	Kümülatif %	Toplam	Varyans %	Kümülatif %	Toplam	Varyans %	Kümülatif %
1	3,507	43,834	43,834	3,507	43,934	43,834	3,307	41,337	41,337
2	2,111	26,393	70,227	2,111	26,393	70,227	2,184	27,301	68,638
3	1,113	13,913	84,140	1,113	13,913	84,140	1,240	15,502	81,140

Akarsu sedimentlerinden elde edilen ağır metal verilerine uygulanan korelasyon analizi sonuçları literatür bilgileriyle benzerlik göstermektedir. Örneğin; Soylak ve arkadaşları (2002) Cu ve Pb arasında belirledikleri korelasyon ($r=0,612$), bu çalışmada belirlenen korelasyon sonuçlarını desteklemektedir ($r=0,770$; $P<0,01$). Zheng ve arkadaşları (2008) Wuli Nehri'nde Pb, Cd, Cu ve Zn arasındaki yüksek korelasyonun olduğunu göstermişler, bunun nedenini de metallerin benzer kirlilik kaynaklarından yayılma ihtimali ile açıklamışlardır. Hu ve arkadaşları (2013) Cu ve Zn arasındaki yüksek

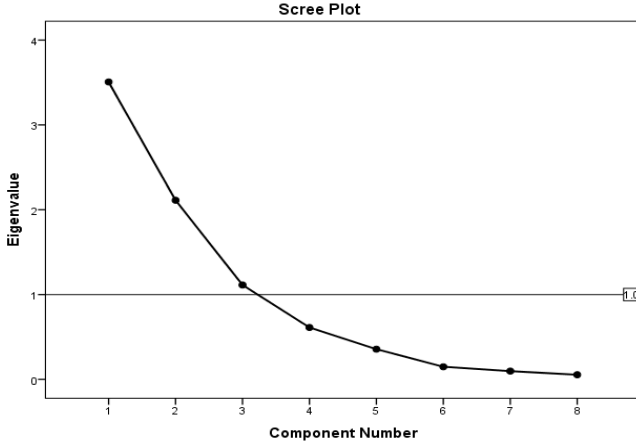
korelasyonun bu metallerin kaynaklarının muhtemelen ortak olmasıyla açıklamışlar, ayrıca Mn ve Fe arasındaki korelasyonun insan faaliyetlerinden ziyade bu iki elementin yer kabuğunda doğal olarak fazla olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Pazarsuyu Deresi sediment kalite parametreleri açısından istasyonların birbirine benzerliğini belirlemek amacıyla yapılan kümeleme analizi grafiğine göre; iki farklı küme meydana gelmiştir. İlk küme I., II. ve III. istasyonlar oluştururken ikinci kümeyi ise bunlardan farklı olarak IV. istasyon oluşturmuştur (Şekil 3). IV.

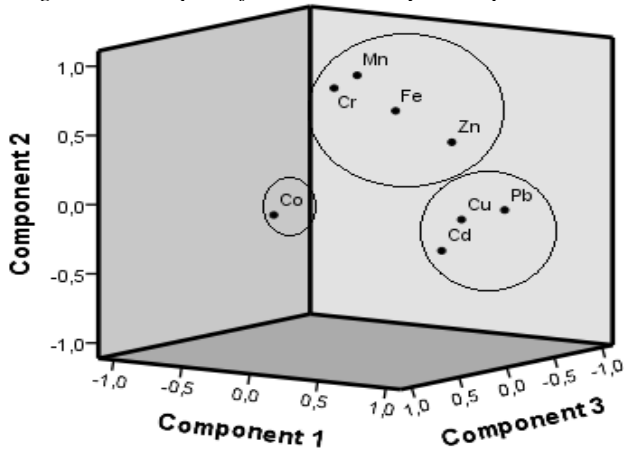
istasyon ile diğer istasyonlar arasındaki farklılığın başlıca nedeni, Bulancak Belediyesinin katı atıklarını III. istasyondan sonra gelen dere yatağındaki bir noktaya vahşi depolama yapması ve bu atıklardaki ağır metallerin zamanla akarsuya karışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3 Sediment kalite parametrelerinin istasyonlara göre benzerlik diyagramı
Figure 3 Similarity diagram of sediment quality parameters by stations



Şekil 4 Sedimentte bulunan ağır metal parametrelerinin çizgi eğim grafiği
Figure 4 Scree plot of sediment heavy metal parameters



Şekil 5 Döndürülmüş bileşen matrisi
Figure 5 Rotated component matrix

Veri setinin faktör analizine uygun olabilmesi için Kaiser–Meyer–Olkin (KMO) test sonucunun 0,5'ten büyük, Barlett testinin ise $P < 0,05$ olması gerekir. Bu çalışmada KMO değeri 0,563, Barlett testi sonucu ise $P < 0,05$ olarak bulunmuştur. Bu değerler veri setinin faktör analizi için uygun olduğunu gösterir (Lui ve ark., 2003; Can, 2016). Sedimentte tespit edilen ağır metallere uygulanan faktör analizinde ise toplam varyansın %84,14'ünü açıklayan özdeğeri 1'den büyük 3 faktör tespit edilmiştir (Şekil 4 ve 5). Toplam varyansın %41,337'sini açıklayan 1. faktörde bulunan tüm elementler (Pb, Cd, Cu, Zn) kuvvetli bir pozitif yüke sahiptirler. Pb ile Cd, Cu ve Zn arasında tespit edilen yüksek korelasyonda bu durumu desteklemektedir. Toplam varyansın %27,30'unu oluşturan 2. faktörde Mn, Cr kuvvetli pozitif, Fe orta derecede pozitif yüke sahiptir. Bu faktörü oluşturan elementlerin arasında da orta ve zayıf düzeyde de olsa bir korelasyon bulunmaktadır. Toplam varyanstaki payı %15,50 olan 3. faktörü ise tek başına Co oluşturmaktadır (Tablo 5 ve 6).

Sediment kalitesini ve kirlilik kaynaklarını belirlemek için yapılmış pek çok çalışmada faktör analizi kullanılmıştır. Örneğin; Varol (2011) Dicle Nehri sedimentindeki ağır metal kirliliğini değerlendirdiği çalışmada toplam varyansın %85,196'sını temsil eden 3 faktör belirlemiş ve sedimentteki kirliliğin insan faaliyetleri ile akarsu kayalık yapısından kaynaklandığını bildirmiştir. Çiçek ve arkadaşları (2013), Felent akarsuyu sedimentinde toplam faktörün %75,928'ini açıklayan dört faktör tespit etmişler ve ağır metal kirliliğine maden ocakları, zirai faaliyetler, kentsel ve endüstri atıklarının sebep olduğunu bildirmişlerdir. Wang ve arkadaşları (2014), Yangtze Nehri sedimentindeki ağır metal miktarının çevresel önemini çoklu istatistiksel yöntemlerle belirledikleri çalışmada toplam varyansın %86,78'ini açıklayan 3 faktör belirlemişler ve sedimentteki ağır metal varlığının endüstriyel ve evsel atıklardan, kayalık yapısından, doğal erozyondan ve zirai faaliyetlerden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Bu çalışma Pazarsuyu Deresi'nde sediment kalitesi konusundan yapılan ilk çalışma olması ve bundan sonra yapılacak araştırmalara referans oluşturacak olması bakımından önemlidir. Çalışmada sedimentte tespit edilen ağır metal miktarları ortalaması ppm olarak büyükten küçüğe doğru $Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Cr > Co > Cd$ şeklindedir. Veriler çoklu istatistik yöntemlerle yorumladığında Pearson korelasyon analizinde aralarında pozitif ilişki olan metallere faktör analizi sonucunda aynı faktörde bulunan elementlerin çoğunlukla aynı olduğu görülmüştür. Bunun nedeni metallerin benzer kirlilik kaynaklarından yayılma ihtimali ile açıklanabilir. Sonuçlar sediment kalite kriterleriyle karşılaştırıldığında sadece Cu ortalamasının LEL seviyesini biraz aştığı görülmektedir. Evsel, tarımsal atıklar, zirai gübre ve ilaçlar ile HES inşaatları, taş ve çakıl ocaklarının baskısına maruz kalan Pazarsuyu Deresi sedimentinde tespit edilen ağır metal seviyeleri şimdilik sucul yaşam için tehlike oluşturacak boyutta değildir. Ancak bu baskıların artarak devam etmesi halinde akarsuyun su ve sediment kalitesi bundan olumsuz yönde etkilenecektir.

Teşekkür

Bu çalışma Fikret USTAOĞLU'nun Pazarsuyu Deresi Su ve Sediment Kalitesinin Belirlenmesi isimli doktora çalışmasından üretilmiştir ve FEN-BAP-C 250414-30 numaralı Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Anonim. 2013. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre Ve Temiz Üretim Enstitüsü, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Doğu Karadeniz Havzası Proje Nihai Raporu, Kocaeli.
- Anonim. 2014. Giresun Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Giresun İli 2013 Yılı Çevre Durum Raporu, Giresun.
- ATSDR. 2012. Agency for Toxic Substance and Disease Registry. Toxicological profile for cadmium. Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>
- Bakan G, Şenel D. 2000. Samsun Mert Irmağı-Karadeniz Deşarjında Yüzeysel Sediman (Dip Çamur) ve Su Kalitesi Araştırması. Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences 24: 135-141.
- Can A. 2016. SPSS ile Bilimsel Araştırma Sürecinde Nicel Veri Analizi, Pegem Akademi, Ankara.
- Cüce H, Bakan G. 2017. Spatial Assessment of the Effect of Sediment Quality on the Nutrient Levels in Shallow Waters: Cernek Lake Case. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 5(5): 546-555.
- Çiçek A, Tokatlı C, Köse E. 2013. An Application On Using Multivariate Statistical Techniques To Evaluate The Sediment Quality. Journal of Research in Ecology, 2 (1): 075-082.
- Davutluoglu OI, Seckin G, Ersu CB, Yilmaz T, Sari B. 2011. Heavy metal content and distribution in surface sediments of the Seyhan River, Turkey. Journal of Environmental Management, 92(9): 2250-2259.
- Eqani SAMAS, Kanwal A, Ali SM, Sohail M, Bhowmik AK, Ambreen A, Ali N, Fasola M, Shen H, 2016. Spatial distribution of dust-bound trace metals from Pakistan and its implications for human exposure. Environmental Pollution, 213: 213-222.
- Egemen Ö. 2000. Çevre ve su kirliliği. Ege. Üniversitesi. Su Ürünleri Fakültesi Yayın No 42, 116, Bornova, İzmir.
- EPA Method 3051. 1998. Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils.
- Guo W, Liu X, Liu Z, Li G, 2010. Pollution and potential ecological risk evaluation of heavy metals in the sediments around Dongjiang Harbor, Tianjin. Procedia Environmental Sciences, 2: 729-736.
- Hanif N, Eqani SAMAS, Ali SM, Cincinelli A, Ali N, Katsoyiannis IA, Bokhari H. 2016. Geo-accumulation and enrichment of trace metals in sediments and their associated risks in the Chenab River, Pakistan Journal of Geochemical Exploration, 165: 62-70.
- Hu Y, Liu X, Bai J, Shih K, Zeng EY, Cheng H. 2013. Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization. Environmental Science and Pollution Research, 20(9): 6150-6159.
- Islam MS, Ahmed MK, Raknuzzaman M, Habibullah-Al-Mamun M. Islam MK 2015. Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. Ecological Indicators, 48: 282-291.
- Liu CW, Lin KH, Kuo YM. 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. Science of the Total Environment, 313(1): 77-89.
- Köse E, Çiçek A, Uysal K, Tokatlı C, Emiroğlu Ö, Arslan N. 2015. Heavy Metal Accumulations in Water, Sediment, and Some Cyprinid Species in Porsuk Stream (Turkey). Water Environment Research, 87(3): 195-204.
- Krauskopf KB. 1979. Introduction to geochemistry. International series in the earth and planetary sciences. McGraw-Hill, Tokyo.
- Kürker S. 2016. Comprehensive Risk Assessment of Heavy Metal Accumulation in Surface Sediment of Lake Tortum Based on Ecological Indices. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 4(12): 1185-1191.
- MacDonald DD, Ingersoll CG, Berger TA. 2000. Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. Archives of Environmental Contamination Toxicology 39: 20-31.
- Öner Ö, Çelik A. 2011. Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan alınan su ve sediment örneklerinde bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi. Ekoloji, 20(78): 48-52.
- Özbay Ö, Göksu M, Alp MT, Sungur MA. 2013. Berdan Çayı (Tarsus-Mersin) Sedimentinde Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Ekoloji Dergisi, 22(86): 68-74.
- Rauf A, Javed M, Ubaidullah M, Abdullah S. 2009. Assessment of heavy metals in sediments of the river Ravi, Pakistan. International Journal of agriculture and Biology, 11(2): 197-200.
- Song Y, Müller G. 1999. Sediment-water interactions in anoxic freshwater sediments. Lecture Notes in Earth Sciences, Vol. 81. Springer-Verlag, Berlin.
- Soylak M, Narin I, Elci L, Dogan M. 1999. Investigation of some trace element pollution in Karasu, Sarmisakli Cayi and Kizilirmak Rivers, Kayseri-Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 8: 014-017
- Soylak M, Divrikli U, Saracoglu S, Elci L. 2002. Monitoring trace metal levels in Yozgat-Turkey: Copper, iron, nickel, cobalt, lead, cadmium, manganese and chromium levels in stream sediments. Polish Journal of Environmental Studies, 11(1): 47-52.
- Stresty TVS, Madhava Rao KV. 1999. Ultrastructural Alterations In Response To Zinc And Nickel Stress in The Root Cell Of Pigeonpea, Environmental and Experimental Botany, 41: 3-13.
- Tokatlı C, Baştahtı Y. 2016. Trace and toxic element levels in river sediments. Polish Journal of Environmental Studies, 25(4):1715-1720.
- Tokatlı C. 2017. Bioecological and statistical risk assessment of toxic metals in sediments of a worldwide important wetland: Gala Lake National Park (Turkey). Archives of Environmental Protection, 43(1): 34-47.
- Tepe Y, Boyd CE. 2002. Sediment quality in Arkansas bait minnow ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 33(3):221-232.
- Tepe Y, Boyd CE. 2003. A reassessment of nitrogen fertilization for sunfish ponds. Journal-World Aquaculture Society, 34(4): 505-511.
- Türkmen, A, Akbulut, S. 2015. Heavy Metal Pollution in Water and Sediment From Disembogue Points of Some Creeks along Giresun Coast. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 3(9): 707-714.
- USEPA. 2001. Methods for Collection Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual: EPA 823-B-01-002; US. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
- Ustaoglu F, Tepe Y, Aydın H, Akbaş A. 2017. Investigation of Water Quality and Pollution Level of Lower Melet River, Ordu, Turkey. Alinteri Zirai Bilimler Dergisi, 32 (1): 69-79.
- Varol M. 2011. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. Journal of Hazardous Materials, 195, 355-364.

- Varol M, Şen B. 2012. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. *Catena*, 92: 1–10.
- Wang L, Wang Y, Zhang W, Xu C, An Z. 2014. Multivariate statistical techniques for evaluating and identifying the environmental significance of heavy metal contamination in sediments of the Yangtze River, China. *Environmental Earth Sciences*, 71(3): 1183-1193.
- WHO. 2001. Environmental Health Criteria 221 Zinc. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO. 2010. Exposure to cadmium: a major public health concern. *Preventing Disease through Healthy Environments*, 27, Geneva.
- Zheng NA, Wang Q, Liang Z, Zheng D. 2008. Characterization of heavy metal concentrations in the sediments of three freshwater rivers in Huludao City, Northeast China. *Environmental Pollution*, 154(1): 135-142.