

Kırka (Eskişehir), Bigadiç (Balıkesir) ve Emet (Kütahya) Bor Yatakları Bölgesinde Mn, Zn, Cu, Ni ve Co için Biyojeokimyasal Anomalilerin Araştırılması

Investigation of the Biogeochemical Anomalies for Mn, Zn, Cu, Ni and Co in the Kırka (Eskişehir), Bigadiç (Balıkesir) and Emet (Kütahya) Boron Deposits Area

Zeynep ÖZDEMİR¹ Semiha ZORLU², Mustafa AKYILDIZ²

¹ Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, MERSİN.

² Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ADANA.

Geliş (received) : 14 Temmuz (July) 2014

Düzeltilme (revised) : 20 Ekim (October) 2014

Kabul (accepted) : 17 Kasım (November) 2014

ÖZ

Bitkiler pek çok elementi bünyelerinde biriktirirler. Biriken bu elementlerin miktarlarının belirlenmesi biyojeokimyasal prospeksiyon açısından önemlidir. Başta Kırka (Eskişehir) olmak üzere Bigadiç (Balıkesir) ve Emet (Kütahya) bölgelerinde 14 bitki türünden, 220 bitki örneği ve yetiştikleri topraklardan örnekler alınmış ve element içerikleri belirlenmiştir. Biyojeokimyasal anomalilerin saptanması için bitki ve toprak örnekleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiştir. Zn, Cu, Ni ve Co elementleri için biyojeokimyasal anomaliler saptanamazken Mn için *Gypsophila perfoliata* L. bitki türünün (n=13, r=0.79, R²=0.62, P<0.01, dalda) belirtgen (indikatör) bitki olabileceği ve bu belirtgen bitkinin biyojeokimyasal prospeksiyonda ve çevresel izleme aracı olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Buna ek olarak *G. perfoliata* L. bitki türündeki Mn değerleri ile topraktaki B, Sr, Li, Mn, Zn, Cu, Ni ve Co değerleri arasındaki inter- element ilişkileri de incelenmiştir. Bitkideki Mn ile topraktaki Mn arasında pozitif çok önemli (ÇÖ) bir ilişki saptanırken topraktaki Li ile negatif çok önemli (-ÇÖ) bir ilişki saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyojeokimya, Bor, Mn, Belirtgen bitki, Kırka, Bigadiç, Emet.

ABSTRACT

Plants accumulates a lot of elements and determination of the amount of elements in the plants is important for biogeochemical prospecting. 14 plant species and 220 plant and soils samples were collected from Kırka (Eskişehir) primarily, Bigadiç (Balıkesir) and Emet (Kütahya) boron deposits area and element contents of plant and soil samples were determined. The biogeochemical anomalies were

Z.Özdemir

E-posta: zozdemir@mersin.edu.tr

determined with the help of the statistical relations between element contents of the soil and the plant species samples. There are no statical relationship established between the Zn, Cu, Ni ve Co values of plant and soil samples. Twigs of Gypsophila perfoliata L. (n=13, r=0.79, R²=0.62, P<0.01 for Mn) observed were found to be indicator plants. The indicator plants could be successfully used for biogeochemical prospecting and environmental monitoring. In addition, the correlation analysis was performed in order to determine the inter-elemental relationships between the soil (for B, Sr, Li, Mn, Zn, Cu, Ni and Co) and Mn in G. perfoliata L. While there is a positive significant (S) relationship between Mn in plant and Mn in soil, there is a negative significant(-S) relationship between Mn in plant and Li in soil.

Key Words: Biogeochemistry, Boron, Mn, Indicator plant, Kırka, Bigadiç, Emet.

GİRİŞ

Stratejik öneme sahip yer altı kaynaklarından biri olan bor, kimya sanayinden uzay teknolojisine kadar çok geniş alanlarda kullanılmaktadır. Türkiye’de bilinen başlıca borat yatakları Batı Anadolu’da yer almakta olup dünya bor rezervlerinin %70’i ülkemizde bulunmaktadır. Bununla birlikte Kırka (Eskişehir) yalnızca Türkiye de değil dünyada en büyük bor yatağıdır. Bigadiç (Balıkesir) ve Emet (Kütahya) Anadolunun diğer önemli bor yataklarındandır. Bor yataklarının bulunduğu bölgelerle ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır (Helvacı, 1983; Helvacı, 1984; Helvacı, 2004, Helvacı ve Orti, 2004; Arslan vd., 2010; Garcia-Veigas ve Helvacı, 2013; Özdemir vd., 2014).

Bitkiler toprakta ve yeraltı sularında çözülmüş elementleri bünyelerine alarak beslenirler. Bitki ihtiyacı olan elementi seçmeye yarayan bir mekanizmaya sahiptir. Böylece bitkiler bazı elementleri bünyelerine kolayca kabul ettikleri halde bazı elementleri de bünyelerine kolaylıkla alamamaktadırlar. Cevherleşme zonlarında gelişen topraklar, cevher minerallerince oldukça zengindir. Bu

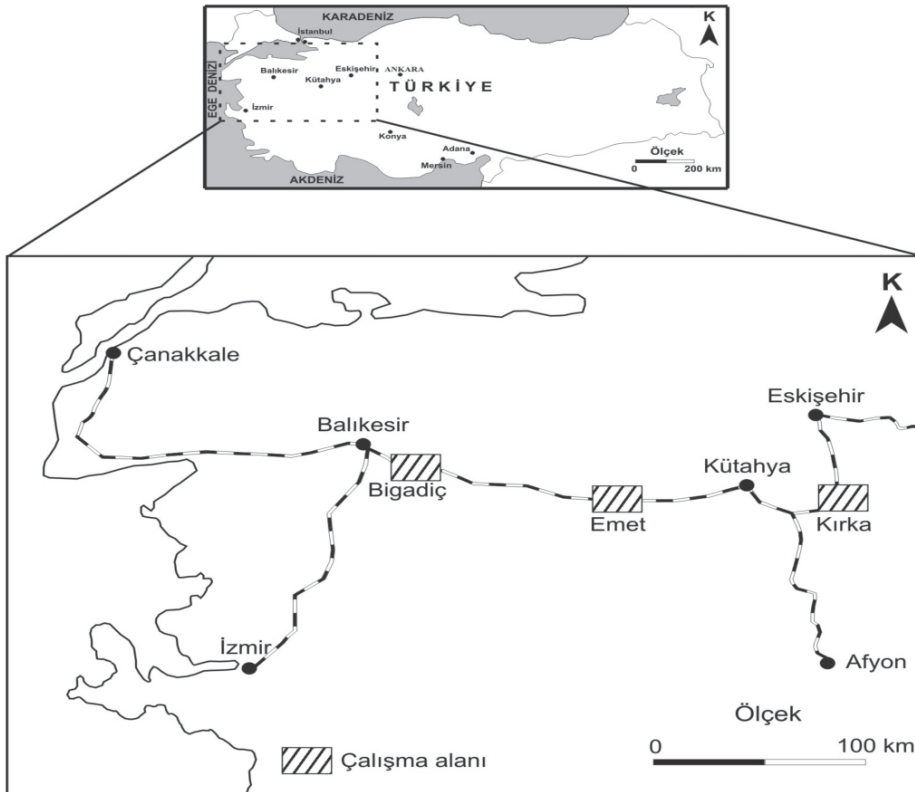
topraklarda büyüyen bitkiler cevher elementince temiz topraklarda büyüyen bitkilere oranla, bu elementlerden daha fazla etkilenecek ortama uyum sağlayarak morfolojik-fizyolojik değişime uğrayabilir yada ölebilirler. Bitkilerin bu özelliklerinden hareketle biyojeokimyasal çalışmalar başlamıştır (Köksoy, 1991; Brooks vd., 1995; Schlesinger, 2006).

Biyojeokimyasal prospeksiyon; araziden sistematik olarak toplanan bitki örneklerinin değişik organlarının kimyasal analizlerinin yapılması ile maden yataklarının aranması olarak tanımlanabilir. Biyojeokimyasal prospeksiyonun başarılı bir biçimde uygulanması, toprakta cevherleşmeye ait element derişimi ile bitkideki element derişimi arasında doğrusal bir ilişkinin olmasına bağlıdır. Bu ilişkiyi sağlayan bitkiler, topraktaki element seviyesini belirtme özelliğine sahiptirler ve bu bitkilere belirtgen (indikatör) bitkiler denilmektedir. Biyojeokimyasal prospeksiyon en çok çöl, bataklıklar ve dağlık bölgelerde örtülmüş cevher yataklarının bulunduğu yerlerde başarı ile uygulanabilmektedir. Bitkilerle adeta sığ sondaj yapılmaktadır. Bu konuda yapılmış çalışmalardan

bazıları şöyle özetlenebilir: Köksoy, 1991; Özdemir ve Sağıroğlu, 1999; Özdemir ve Sağıroğlu, 2000a; Özdemir ve Sağıroğlu, 2000b; Brooks vd., 1995; Özdemir, 2003; Babaoğlu vd., 2004; Özdemir, 2005; Schlesinger, 2006; Turan vd., 2006; Dunn, 2007; Ghaderian ve Baker, 2007; Özdemir, 2009; Özdemir ve Demir, 2010; Özdemir, 2011; Demir ve Özdemir, 2013.

Bu çalışmada Şekil 1 de verilen, çalışma alanı olarak seçilen Kırka (Eskişehir) Bor Madeni ve çevresinde doğal olarak yetişen bitki türleri ve üzerinde yetiştikleri topraklardan örnekler alınarak kimyasal analizleri yapılmıştır. Bigadiç (Balıkesir) ve Emet (Kütahya) bölgelerinden de

bitki türleri ve kimyasal içeriklerini karşılaştırma amaçlı örnekler toplanmıştır. Çizelge 1 de bitki türlerinin ve yetiştikleri toprakların sistematik olarak toplandıkları istasyonlar verilirken Şekil 2 de istasyon numaraları bölgenin jeoloji haritasına işlenmiştir. Bor başta olmak üzere Li, Sr, Cu, Ni, Co, Zn ve Mn elementlerinin biyojeokimyasal anomalileri araştırılmış ve belirtgen bitkiler saptanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada ise Cu, Ni, Co, Zn ve Mn için biyojeokimyasal anomalilerin araştırılmıştır. Saptanan belirtgen bitki için topraktaki B, Li, Sr, Cu, Ni, Co, Zn ve Mn elementleri için inter- element ilişkisi de incelenmiştir.



Şekil 1. Yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of study area.

Özdemir, Zorlu, Akyıldız

Çizelge 1. Bitki ve toprak örneklerinin toplandığı istasyon numaraları.

Table 1. Station numbers of soil and plant samples collected.

<i>Allysyum sibiricum</i>		K5, K8, K14, K20, K21, K27, K28
<i>Chrysopogon gryllus</i> (L.) Trin		K5, K6, K10, K11, K12, K15, K27, K28
<i>Gypsophila perfoliata</i> L.	Çöven	K2, K3, K4, K5, K10, K13, K29, K30, K31, K32, K34, K35, K37, K38, K50
<i>Puccinellia intermedia</i> (Schur) Janchen		K4, K10, K14, K28, K29, K30, K31, K32, K34, K35, K36, K45, K50, K51
<i>Quercus trojana</i> P.B. Webb	Makedonya meşesi	K6, K7, K11, K14, K17, K18, K19, K20, K21, K22, K23, K25, K26, K27, K28, K41, K44, K48, K49, E60, E61, E62, E66, E68, E69
<i>Genista aucheri</i> Boiss.		K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K20, K21, K22, K23, K24, K25, K26, K27, K28, K40, K41, K47
<i>Juniperus oxicedrus</i> L. Subsp	Katran ardıcı	K7, K9, K10, K11, K12, K13, K14, K15, K17, K18, K19, K20, K21, K22, K27, K28, K41, K44, K48, K50, B55, E56, E61, E65, E67, E68
<i>Pinus nigra</i> Arni	Karaçam	K7, K9, K10, K11, K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20, K21, K22, K23, K24, K25, K26, K44, K47, K48, K50
<i>Juniperus foetidissima</i> Willd		K7, K20
<i>Euphorbia hirsuta</i>	Sütlegən	K9, K10, K11, K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20, K21, K22, K23, K26, K27, K28, K40, K47, K50
<i>Apera intermedia</i> Hacker		K1, K2
<i>Quercus coccifera</i> L.	Kermes meşesi	B55, B58
<i>Catabrosa aquatica</i> (L.) P. Beauv.		B52, B53, B54
<i>Pinus brutia</i> Ten.	Kızılcım	B52, B53, B55, B56, B57

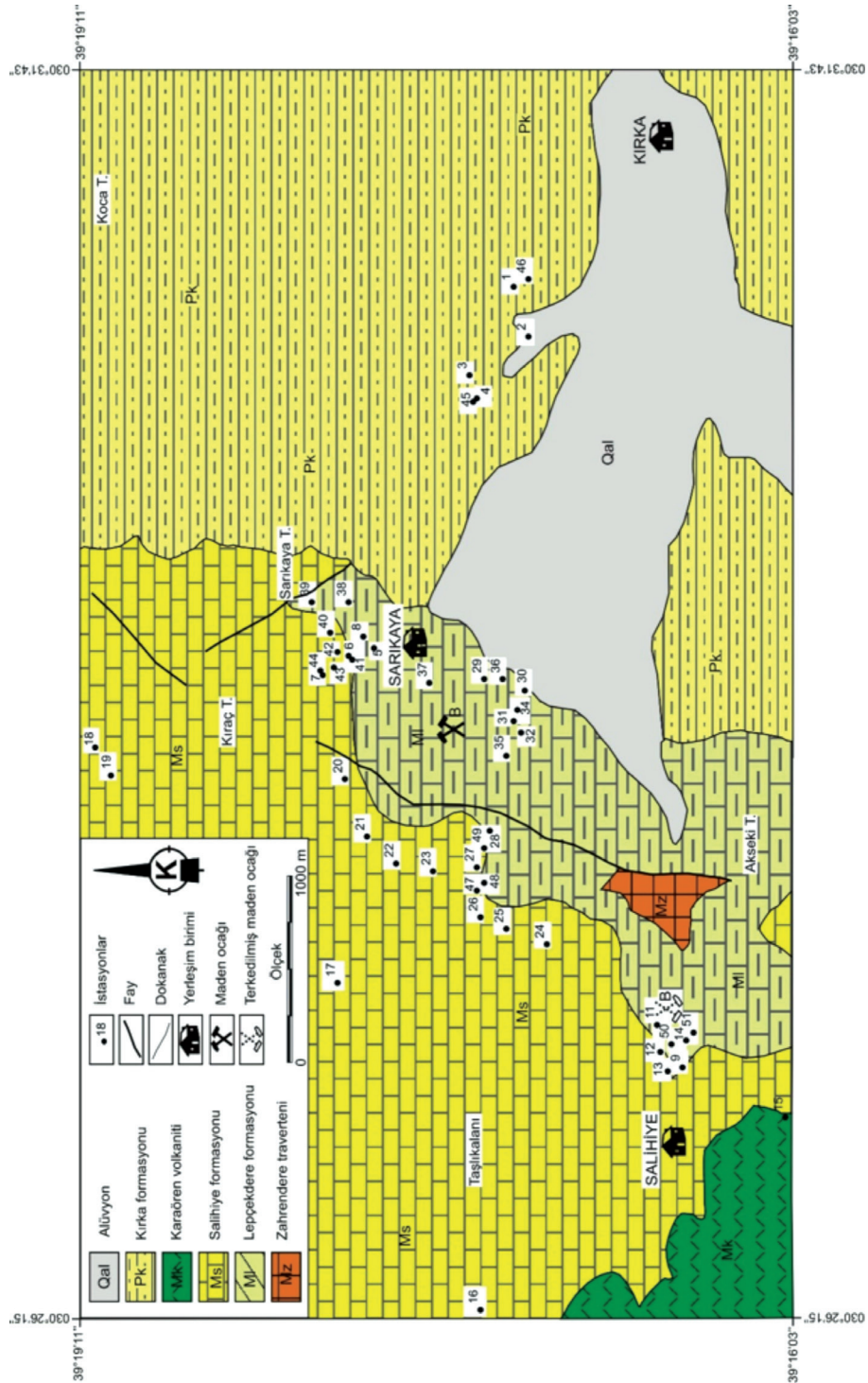
K:Kırka, B:Bigadiç, E:Emet

Apera intermedia Hacker, *Quercus coccifera* L., *Catabrosa aquatica* (L.) P. Beauv., *Pinus brutia* Ten. Bitki türlerinin analiz sonuçları Cu, Zn, Ni ve Co için duyarlılık sınırının altındadır.

BÖLGENİN JEOLJİSİ

Eskişehir (Kırka) Bölgesi; Tersiyer volkano-sedimanter istif, Mesozoyik yaşlı ofiyolit karmaşığı ile Paleozoyik yaşlı metmorfik karmaşığı üzerine uyumsuz olarak oturan fosilli Eosen kireçtaşı ile başlar. Diğer kesimlerde temeldeki karmaşık üzerine doğrudan doğruya

Miyosen ve Pliosen tortulları gelmektedir. Bu bölgedeki Neojen istifi, Eosen fosilli kireçtaşları üzerine gelen tüfler ve volkanitler ile başlar. Üste doğru alt kireçtaşı, marn ve tuf, kıltaşı-borat zonu, üst kıltaşı, tuf, marn ve ince kömür bantları ile çört düzeyleri içeren üst kireçtaşı ve bazalt birimlerini kapsar (Şekil 2) (Gök vd., 1979).



Şekil 2. Kırka (Eskişehir) bölgesinin jeoloji haritası (Gök vd., 1979'dan değiştirilerek).

Figure 2. Geological map of the Kırka (Eskişehir) area (modified from Gök et al., 1979).

Zahrandere Traverteni (Miyosen)

İnceleme alanındaki birimlerin tabanını oluşturan Zahrandere traverteni güney kesimlerde Akseki tepe civarında dar bir yayılım sunmaktadır. Birim kirli bej-sarı-beyaz renkli travertenden oluşmaktadır. Kalınlığı yaklaşık 250-300 m. olan Miyosen yaşlı Zahrandere traverteni, Lepçekdere formasyonu tarafından üzerlenmektedir.

Lepçekdere Formasyonu (Miyosen)

İnceleme alanının orta ve güney bölümlerinde yayılım sunan Lepçekdere formasyonu Salihye formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir. Formasyon boratlı kilaşı, kireçtaşı ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Kırka Borat Yatakları kilaşları içerisinde yer almaktadır. Lepçekdere formasyonunun kalınlığı Etibank tarafından yapılan sondajlarda 200 m. olarak tespit edilmiştir.

Salihye Formasyonu (Miyosen)

Salihye formasyonu inceleme alanında oldukça geniş bir yayılım sunmaktadır. Formasyon çalışma alanının orta kesimlerinde Kırka formasyonu tarafından, güneybatı ve güney kesimlerinde ise Karaören formasyonuna ait tüfler tarafından örtülmektedir. Salihye formasyonu Lepçekdere formasyonunu üzerlemektedir. Salihye formasyonu tamamen kireçtaşlarından oluşmaktadır. Formasyon içerisinde kireçtaşları ile ara katkılı şekilde opaller gözlenmektedir. Birimin kalınlığı Etibank tarafından yapılan sondajlarda 75-100 m. olarak saptanmıştır.

Karaören Formasyonu (Miyosen)

İnceleme alanının güneybatı kesiminde dar bir alanda yayılım sunan Karaören formasyonu inceleme alanı dışında kalan bölgelerde oldukça geniş bir yayılım sunmaktadır. Zahrandere traverteni ve Salihye formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer alan Miyosen yaşlı Karaören formasyonu, Kırka formasyonu tarafından üzerlenmektedir. Formasyon killeşmiş karbonatlaşmış bir tüf seviyesi ile başlamaktadır. Üste doğru kaba taneli tüflere formasyonunun azami kalınlığı Etibank tarafından yapılan sondajlarda 200 m. olarak saptanmıştır.

Kırka Formasyonu (Pliyosen)

İnceleme alanındaki Neojen çökellerinin en genç birimi Kırka formasyonudur. Birim çalışılan alanın doğu kesimleri oldukça geniş yayılım göstermektedir. Kırka formasyonu, Karaören formasyonunun tüflerinden türeme tüf, kilaşı ve kireçtaşları ile opal içeren kısmen killeşmiş ve karbonatlaşmış tüfit tabakalarından oluşmaktadır. Birimin yaşı Gök vd. (1979) tarafından Pliyosen olarak tespit edilmiştir. Etibank tarafından yapılmış olan sondajlarda Kırka formasyonu'nun 125-130 m. kalınlıkta olduğu anlaşılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma bölgesinden toplanan *Allysium sibiricum* Wild, *Chrysopogon gryllus* (L.) Trin, *Gypsophila perfoliata* L., *Puccinellia intermedia* (Schur) Janchen, *Quercus trojana* P.B. Webb, *Genista aucheri* Boiss., *Juniperus oxicedrus* L. Subsp., *Pinus nigra* Arn., *Juniperus foetidissima* Willd., *Euphorbia hirsuta* L., *Apera intermedia* Hacker *Quercus coccifera* L. *Catabrosa aquatica* (L.) P. Beauv ve *Pinus brutia* Ten. isimli 14

bitki türü (220 örnek) ve yetiştikleri topraklar toplanmıştır (Çizelge 1). Örnek istasyonları GPS (Global Positioning System) ile saptanıp 1/25000 ölçekli jeoloji haritaları üzerine işaretlenmiştir (Şekil 2).

Laboratuvara getirilen bitki örneklerinin bir miktarı preslenerek (özel sıkıştırma tahtalarıyla) sistematik tanımlama için ayrılmış ve sistematik tanımlamalar içinde Davis'in (1965-1985) kataloklarından yararlanılmıştır. Kimyasal analize hazırlanması ise Benton ve Jones (1984) tarafından geliştirilen yöntemle yapılmıştır. Bitki örnekleri saf su ile yıkanarak kağıt zarflar içerisinde 80 °C de 24 saat kurutulmuş ve neminden arındırılmıştır. Kurutma işleminden sonra bitkiler dal, yaprak, çiçek ve kabuk gibi organlarına ayrılarak öğütülmüştür. Daha sonra Mn, Cu, Ni, Zn ve Co analizleri için hazırlanmış olan bitki örneklerinde organik madde yıkımında yaygın olarak kullanılan kuru yakma yöntemi uygulanmıştır. Kurutulup öğütülerek hazırlanan bitki örneğinden 2,000 g'lık bir

kısım 0,001 hassasiyetindeki analitik terazi yardımı ile tartılmış ve porselen kroze içerisine konulmuştur. Daha sonra porselen kroze yüksek sıcaklığa çıkabilen elektrikli fırın içerisine yerleştirilmiş ve saatte 50 °C artacak şekilde programlanarak sıcaklık 550 °C ayarlanmıştır. Kroze, 550 °C sıcaklıkta 7 saat bekletilmiş, elde edilen kül üzerine 5 ml derişik HNO₃ çözeltisi ilave edildikten sonra ısıtıcı tabla üzerinde çözücü kuruyuncaya kadar bekletilmiştir. Daha sonra kroze içerisinde kalan kalıntı üzerine 5 ml derişik HCl eklenerek kalıntı tamamen çözünmesi sağlanmış ve çözelti balon joje içerisine konulduktan sonra saf su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Örneklerde bulunan Cu (324.8 nm dalga boyunda), Ni (232.0 nm), Co (240.7 nm) derişimleri Perkin Elmer 3100 model ve Zn (213.9 nm), Mn (279.5 nm) derişimleri ise Perkin Elmer 5000 model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi'nde okunmuştur. Bölgeden toplanan bitki türlerinin fotoğrafları Şekil 3'te verilmiştir.





Şekil 3. Kırka (Eskişehir) bölgesinde yetişen bitki türlerinin fotoğrafları.

Figure 3. Photographs of plant species that grow in the Kırka (Eskişehir) area.

Toprak örneklerinde Mn, Zn, Cu, Ni ve Co elementlerinin kimyasal analize hazırlanması Brooks vd., 1992 ve 1995'ten yararlanılarak yapılmıştır. 197 mikronluk (-80 mesh) elekten geçirilmiş toprak örneklerinden 0.100 g alınarak teflon buharlaştırma kabı içerisine konulmuştur. Üzerine 10 ml derişik HF + HNO₃ (1:1) karışımı eklendikten sonra ısıtıcı üzerinde kuruyuncaya kadar buharlaştırılmıştır. Daha sonra üzerine 7 ml 6 N HCl eklenmiş ve buharlaştırma işlemi tekrarlanmıştır. Elde edilen kalıntı 7 ml 6 N HCl'de çözüldükten sonra mavi bant filtre kâğıdından süzülerek balon jöjeye aktarılmış ve saf su ile 25 ml'ye tamamlanarak elde edilen çözeltilerde deki Cu, Ni, Co, Zn ve Mn derişimleri Perkin Elmer 3100 ve 5000 model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi kullanılarak ölçülmüştür.

Toprakta B düzeyleri, Bingham (1982) ve Alkan (1998) tarafından geliştirilen azomethin-H

yöntemine göre yapılmıştır. Toprak örnekleri 197 mikronluk (-80 mesh) elekten geçirilmiş, 5 gr tartılarak plastik kaplara konulmuş ve her bir örneğe 20 ml bor ekstraksiyon çözeltisi eklenmiştir. Çalkalayıcıda 16 saat çalkalanarak mavi bantlı filtre kâğıdında süzümüştür. Daha sonra süzülen örneklerden 12.5 ml alınarak üzerine 2.5 ml tampon ve 2.5 ml azomethin-H çözeltisi eklenmiş, 90 dakika karanlıkta bekletildikten sonra elde edilen çözelti 420 nm' de Genesys 20 model spektrofotometrede B değerleri okunmuştur. Bor analizinin her aşamasında, bulaşmayı önlemek için plastik malzeme kullanılmıştır.

Toprak ve bitki örneklerinde Cu, Mn, Zn, Ni ve Co analizi ile element düzeyleri belirlendikten sonra toprak ve bitki değişkenleri arasındaki ilişki Microsoft Excel programı kullanılarak incelenmiştir. İki değişken arasındaki ilişkinin

incelenmesine basit korelasyon analizi adı verilmektedir. Basit korelasyon analizi ile iki değişken arasındaki ilişkinin gücünü gösteren ölçü korelasyon katsayısıdır ve r ile gösterilmektedir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında herhangi bir değer alabilmektedir (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 1995).

Çalışma alanında toplanan bitki ve yetiştikleri toprak örneklerinin istasyon numaraları Çizelge 1’de, çeşitli bitki türlerinde ve toprakta Zn, Cu, Ni ve Co derişimi Çizelge 2’de, *G. perfoliata* L. bitki türlerinde ve toprakta Mn konsantrasyonu Çizelge 3’te ve istatistiksel incelenmesi de Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 2. Çeşitli bitki türlerinde ve toprakta Cu, Zn, Ni ve Co konsantrasyonu.
Table 2. Cu, Zn, Ni and Co concentrations in various plants and soils.

Bitki türü	Bitki organı ve toprak	n	Element miktarları (ppm)							
			Cu		Zn		Ni		Co	
			Min.	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<i>Allysum sibiricum</i> Willd	Dal	5	2	4	3	14	4	5	1	3
	Çiçek	6	3	5	10	18	8	15	3	6
	Toprak	7	13	31	1	130	50	125	1	77
<i>Chrysopogon gryllus</i> (L.) Trin	Dal	7	2	4	4	9	1	4	1	1
	Yaprak	7	1	3	8	14	3	4	1	1
	Toprak	7	13	31	13	133	50	175	1	96
<i>Gypsophila perfoliata</i> L.	Dal	16	2	4	8	35	1	6	2	7
	Yaprak	12	1	4	6	18	3	12	3	8
	Toprak	23	1	25	1	185	1	175	1	115
<i>Puccinellia intermedia</i> (Schur) Janchen	Dal	19	2	7	1	7	1	4	1	2
	Başak	11	1	4	3	28	1	4	1	1
	Kabuk	12	-	-	2	10	1	3	-	-
	Toprak	19	1	25	1	230	50	150	1	96
<i>Quercus trojana</i> P.B. Webb	Dal	21	3	7	1	36	3	9	1	5
	Yaprak	22	4	8	9	28	3	7	1	4
	Toprak	22	19	50	1	178	75	175	1	96
<i>Genista aucheri</i> Boiss.	Dal	23	2	7	11	41	1	4	1	3
	Yaprak	16	2	10	15	27	1	8	1	4
	Toprak	23	13	50	1	178	50	175	1	96
<i>Juniperus Oxycedrus</i> L. Subsp	Dal	22	2	5	5	13	2	5	1	3
	Yaprak	21	2	6	2	19	2	5	1	5
	Toprak	22	1	38	1	170	1	150	1	96
<i>Pinus nigra</i> Arn.	Dal	26	2	4	1	20	1	6	1	3
	Yaprak	25	1	4	1	20	1	4	1	1
	Toprak	26	1	50	1	238	1	175	1	96
<i>Juniperus foetidissima</i> Willd	Dal	3	4	5	8	14	5	7	2	3
	Yaprak	3	3	4	11	15	5	7	1	3
	Toprak	3	25	31	97	110	1	175	1	96
<i>Euphorbia hirsuta</i> L.	Dal	12	4	10	5	29	4	10	3	6
	Yaprak	20	4	12	1	29	6	18	3	8
	Toprak	20	1	38	1	170	1	175	1	96

Özdemir, Zorlu, Akyıldız

Çizelge 3. *G. perfoliata* bitki türünde ve toprakta Mn konsantrasyonu.Table 3. Mn concentrations in the *G. perfoliata* plant species and soil.

Bitki türü	Bitki Organı	n	Toprakta Mn konsantrasyonu (ppm)				Bitkide Mn konsantrasyonu (ppm)			
			Min.	Max	Ort	S. sapma	Min.	Max	Ort	S. sapma
<i>Allysum sibiricum</i> Willd	Dal	5	128	608	318	192	4	10	7	3
	Çiçek	6	128	608	308	174	9	29	18	7
<i>Chrysopogon gryllus</i> (L.) Trin	Dal	7	155	725	473	218	4	30	11	10
	Yaprak	7	155	725	473	218	11	82	36	26
<i>Gypsophila perfoliata</i> L.	Dal	13	10	385	158	120	3	33	13	10
	Yaprak	12	10	385	163	125	6	130	32	33
<i>Puccinellia intermedia</i> (Schur) Janchen	Dal	19	15	753	247	197	9	103	43	25
	Başak	17	15	753	254	193	8	172	67	50
	Kabuk	12	15	753	257	198	14	325	58	85
<i>Quercus trojana</i> P.B. Webb	Dal	20	15	790	443	164	4	34	11	8
	Yaprak	20	15	790	441	165	5	94	18	20
<i>Genista aucheri</i> Boiss.	Dal	20	268	925	506	189	9	22	13	4
	Yaprak	14	268	925	496	183	16	54	36	16
<i>Juniperus Oxycedrus</i> L. Subsp	Dal	26	15	790	447	183	4	32	10	6
	Yaprak	24	15	790	440	186	16	127	42	27
<i>Pinus nigra</i> Arn.	Dal	23	20	790	503	181	1	17	7	5
	Yaprak	24	20	790	490	185	1	38	13	12
<i>Juniperus foetidissima</i> Willd	Dal	3	350	570	448	112	6	14	10	4
	Yaprak	3	350	570	448	112	45	75	61	15
<i>Euphorbia hirsuta</i> L.	Dal	10	63	790	466	212	8	21	14	5
	Yaprak	18	63	790	455	186	2	114	55	33
<i>Pinus brutia</i> Arn.	Dal	2	243	720	482	337	21	24	23	2
	Yaprak	2	243	720	482	337	67	33	50	224
<i>Cataprosa aquatica</i> (L.) P.Beauv.	Dal	3	353	875	604	262	45	69	54	13
	Başak	1	353		0		11		0	
	Kabuk	3	353	875	604	262	9	39	25	15

Çizelge 4. *G. Perfoliata* bitki türünün istatistiksel analizi.

Table 4. Statistical analyses of the *G. Perfoliata* plant species.

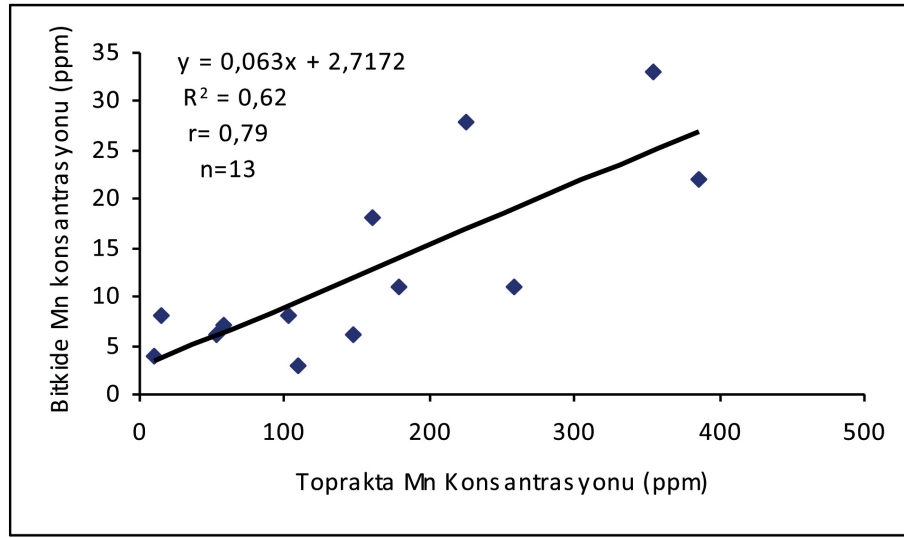
<i>G. Perfoliata</i> bitki türü	n	R ²	r	Doğrunun denklemi	% 95 güvenilirlikle, P > 0.05	% 99 güvenilirlikle, P < 0.01
Mn						
Yaprak	12	0.3226	-	Y=0.1501X+7.2883	X	
Dal	13	0.6266	0.79	Y=0.063X+2.7172		X
Zn						
Yaprak	15	0.0011	-	Y=0.0028 X+12.648	X	
Dal	12	0.0623	-	Y=-0.0667 X+22.246	X	
Cu						
Yaprak	23	0.0722	-	Y=0.0361 X+1.8301	X	
Dal	13	0.2211	-	Y=0.0491 X+1.6585	X	
Ni						
Yaprak	21	0.0162	-	Y=0.008 X+5.8	X	
Dal	16	0.0191	-	Y=0.008 X+3.2853	X	
Co						
Yaprak	12	0.0079	-	Y=0.051X+2.052	X	
Dal	7	0.3225	-	Y=-0.0067 X+6.0967	X	

n:örnek sayısı, r: -(anlamsız değerler)

DEĞERLENDİRME

Laboratuvarda toprak ve bitki örneklerinde Mn, Zn, Cu, Ni ve Co elementlerinin düzeyleri belirlendikten sonra aralarındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiştir (Çizelge 2, 3 ve 4). Deneysel olarak saptanan korelasyon katsayısı değerleri (r deneysel), Schroll (1975) tarafından % 95 ve % 99 güvenilirlikle verilen teorik korelasyon katsayısı (r teorik) değeri ile karşılaştırılmıştır. Bitki ve toprak arasında iyi bir korelasyon olabilmesi için r deneysel > r teorik olması gerekmektedir. Çalışma alanında bulunan topraklardaki Mn konsantrasyonu 10-925 ppm arasında, bitkilerdeki Mn konsantrasyonu ise 1-325 ppm arasında saptanmıştır.

Özbek vd. (1993)'e göre bitkilerde Mn derişimi 1000 ppm, topraklarda Mn derişimi 20-800 ppm'dir. Normandin vd. (1999) ise bitkilerde 20-500 ppm Mn bulunabileceğini, toprakların ise 500-900 ppm Mn içerebileceğini belirtmişlerdir. Demir ve Özdemir (2013)'e göre bitkilerde Mn derişimi 5-175 ppm, topraklarda Mn derişimi 11-1750 ppm'dir. Çalışma alanında incelenen bitki türlerinden *G. perfoliata* L. bitkisinin içerdiği Mn (3-33 ppm) ile toprakta bulunan Mn derişimi (10-385 ppm) arasında % 99 güvenilirlikte bir ilişki olduğu (n = 13, r = 0.79; R² = 0.62, P < 0.01) saptanmıştır (Şekil 4). Ornella ve Gabbrielli (1987) toprak ve bitki arasında doğrusal bir ilişki olduğunda bu bitki türlerini belirtgen (indikatör) bitki olarak tanımladığından, bu çalışmayla



Şekil 4. Topraktaki Mn konsantrasyonu ile *G. perfoliata* bitki türü arasındaki ilişki.

Figure 4. The relationship between the Mn concentration in soil and *G. perfoliata* plant species.

yetiştği toprak ile doğrusal bir ilişkiyi yansıtan *G. perfoliata* L. bitki türünün dalı Mn için belirtgen bitki olarak tanımlanabilir.

Ancak toprakta bulunan Mn derişimi normal değerlerin çok az üzerinde, bitki türünün içerdiği Mn derişimi ise normal değerler içerisinde olduğundan toprakta fazla Mn değerlerinin bulunduğu durumda davranışının ne olacağı bilinmemekle birlikte, bu doğrusallığın devamlılığının olabilmesi olasıdır. *G. perfoliata* L. bitki türünün İran, Irak, Suriye, Rusya

Federasyonu, Batı Sibirya, Çin, Güneydoğu ve Doğu Avrupa gibi pek çok bölgede yetişebilmesi nedeniyle bu bitki türünün, belirtilen bölgelerde gerek Mn yataklarının saptanmasında gerekse çevre kirliliğinin ortaya çıkarılmasında çevresel izleme aracı olarak kullanılabilir.

Yapılan çalışma sonucunda Mn için *G. Perfoliata* L. bitkisi belirtgen bitki olarak saptanırken, bitkideki Zn, Cu, Ni ve Co değerleri ile topraktaki değerler arasında istatistiksel anlamda doğrusal bir ilişki saptanamamıştır.

Çizelge 5. *G. Perfoliata* bitki türü ve toprak arasında inter-element ilişkisi.

Table 5. Inter-elemental relationships between soil and *G. perfoliata* plant species.

Belirtgen Bitkide Mn		Toprakta Element							
		Mn	B	Li	Cu	Zn	Sr	Co	Ni
<i>Gypsophila perfoliata</i> L.	Dal	ÇÖ	ÖD	-ÇÖ	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD

ÇÖ: Çok Önemli (%99 güvenilirlikle, $P < 0.01$); -ÇÖ: Negatif ilişki çok önemli (%99 güvenilirlikle, $P < 0.01$); ÖD: Önemli Değil (% 95 güvenilirlikle, $P > 0.05$)

Tablo 4'te % 95 güvenilirliğin bile ($P > 0.05$) altında olduğu, istatistiksel anlamda önemli olmadığı görülmektedir.

Tablo 5'te verilen; belirtgen bitki olarak saptanan *G. perfoliata* bitki türünün dalındaki Mn ile topraktaki Mn, B, Li, Cu, Zn, Sr, Co ve Ni arasındaki inter-element ilişkisi incelendiğinde; bitkideki Mn düzeyinin artan yönde Mn ile istatistiksel ilişkisinin (ÇÖ) yanında topraktaki Li ile de azalan yönde istatistiksel bir ilişkisi olduğu saptanmıştır (-ÇÖ). Yani toprakta artan yönde Mn bulunduğunda, doğrusal olarak o oranda Lityumu bünyesine az alacaktır (-ÇÖ). Ancak toprakta B, Cu, Zn, Sr, Co ve Ni elementleri ile *G. perfoliata* bitki türünün Manganyum arasında doğrusal olarak önemli bir istatistiksel ilişki bulunmamaktadır (% 95 güvenilirliğin ($P > 0.05$) altında, ÖD). Kısaca *G. perfoliata* bitki türünün Mn alımında topraktaki B, Cu, Zn, Sr, Co ve Ni elementlerinden bağımsız olduğu, bu elementlerin toprakta bulunup bulunmamasının Mn alımını etkilemeyeceği söylenebilir.

G. perfoliata bitki türünün dalının gerek biyojeokimyasal prospeksiyonda gerekse çevre kirliliğinin saptanmasında (bünyesine normalden fazla Mn almasının; ortamda ya Mn cevherleşmesi olabileceği ya da Mn elementince kirliliğin olması anlamına gelebileceği) çevresel izleme aracı olarak önemli olacaktır. Ayrıca ortamdaki Mn kirliliğinin giderilmesi için bitki yetiştiriciliği ile uğraşan çevrecilere bu bitkinin kullanılması önerilebilir.

SONUÇLAR

1. *G. perfoliata* L. bitkisinin dalı ($n = 13$, $r = 0.79$) % 99 güvenilirlikte ($P < 0.01$), Mn için belirtgen bitki olarak saptanmıştır (Şekil 4).
2. Belirtgen bitki türünün, hem Mn içeren maden yataklarının hem de Mn ile kirlenmiş toprakların saptanmasında çevresel izleme aracı olarak kullanılabileceği önerilebilir. Ayrıca Mn elementi açısından zehir etkisi yüksek topraklardan *G. perfoliata* L. bitkisinin yetiştirilmesi ile de Mn ile kirlenmiş toprakların temizlenebilmesi olasıdır.
3. Mn için belirtgen bitki olarak saptanan *G. perfoliata* L. bitki türü ile toprak arasında Zn, Cu, Ni ve Co elementleri için biyojeokimyasal anomalileri istatistiksel olarak incelenmiş fakat bitki ile toprak arasında bu elementler için doğrusal bir ilişki saptanamamıştır ($P > 0.05$), (Çizelge 4).
4. Belirtgen bitki olarak saptanan *G. perfoliata* bitki türünün dalının, topraktaki Mn ile artan yönde istatistiksel doğrusal ilişkisinin yanında topraktaki Li ile de azalan yönde istatistiksel ilişkisinin olduğu, topraktaki B, Cu, Zn, Sr, Co ve Ni elementleri ile istatistiksel anlamda bir ilişkisi bulunmadığı sonucuna varılmıştır ($P > 0.05$) (Çizelge 5).

KATKI BELİRTME

Bu çalışma 104Y009 (2006) numaralı TÜBİTAK projesinin bir bölümünü oluşturmaktadır. Yazarlar, finansal destek için TÜBİTAK'a, bitkilerin sistematik tanımlamaları için ise Sayın Prof. Dr. Bayram Yıldız'a (Balıkesir Üniversitesi) ve Sayın Doç. Dr. Rıza Binzet'e (Mersin Üniversitesi) teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Alkan, A., 1998. Farklı Tahıl Türleri ile Buğday ve Arpa Çeşitlerinin Bor Toksisitesine Dayanıklılığının Araştırılması ve Dayanıklılıkta Rol Alan Faktörlerin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Doktora Tezi, 135 s (yayımlanmamış).
- Arslan, N., Çiçek, A., Akkan, C., 2010. Accumulation of heavy metals by earthworms in boron-contaminated area (Kırka-Eskişehir). Advances of the 4th International Oligochaeta Taxonomy Meeting Zoology in the Middle East, Supplementum 2, 111-116.
- Babaoğlu, M., Gezgin, S., Sade, B., Dural, H., 2004. *Gypsophila sphaerocephala* Fezl ex Tchihat.: A.Boron Hyperaccumulator Plant Species That May Phytoremediate Soils with Toxic B Levels. TÜBİTAK. Turkish Journal of Botany, 28, 273-278.
- Benton, J., Jones, R., 1984. Developments in the measurement of trace metal in foods. Analytical Food Control, 157-206.
- Bingham, F. T., 1982. Boron, In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney, (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Madison, 431-447.
- Brooks, R.R., Baker, A.J.M., Malaisse, F., 1992. Copper Flowers. National Geographic Research and Exploration, 8 (3), 338-351.
- Brooks, R.R., Dunn, C. E., Hall, G.E.M., 1995. Biological System in Mineral Exploration and Processing. Elsevier Horwood Limited, 538 p.
- Davis, P. H. (Ed.), 1965-1985. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 1-9, University Press, Edinburgh.
- Demir, E., Özdemir, Z., 2013. Kazanlı-Mersin bölgesinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb için biyojeokimyasal anomalilerin incelenmesi ve çevresel ortamın yorumlanması, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 37 (2), 119-140.
- Dunn, C. E., 2007. Biogeochemistry in Mineral Exploration. Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry, Elsevier, London, V.9, 462 p.
- Garcia- Veigas, J., Helvacı, C., 2013. Mineralogy and Sedimentology of the Miocene Göcenoluk borate deposit, Kırka district, western Anotolia, Turkey. Sedimentary Geology, 290, 85-96. Ghaderian, S.M., Baker, A. J. M., 2007.
- Geobotanical and biogeochemical reconnaissance of the ultramafics of Central Iran, Journal of Geochemical Exploration, 92, 34-42.
- Gök, S., Çakır, A., DüNDAR, A., 1979. Survey of Kırka towns and surrounding area borate deposits and other industrial minerals. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA), Report No: 6768.
- Helvacı, C., 1983. Mineralogy of the Turkish borate deposits. Geological Engineering, 17, 37-54.
- Helvacı, C., 1984. Occurrence of rare borate-minerals: veatch. Atunellite, teruggite and cahnite in the Emet borate deposits, Turkey. Mineralium Deposite, 19, 217-226.
- Helvacı, C., 2004. The Geological Situation and Economical importance of Turkey Borate Deposits and Borate Policy. 5. Symposium of Industrial Minerals, İzmir, 11-27.
- Helvacı, C., Orti, F., 2004. Zoning in The Kırka borate deposit, western Turkey: primary evaporitic fractionation or diagenetic modifications. The Canadian Minerologist, 42, 1179-1204.
- Köksoy, M., 1991. Uygulamalı Jeokimya. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, A-64, 366 s.
- Normandin, L., Kennedy, G., Zayed, J., 1999. Potential Of Dandelion Taraxacum Officinale As a Bioindicator of Manganese Arising From the Use of Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl in Unleaded Gasoline. The Science of the Total Environment, 239, 165-171.

- Ornella V.G., Gabrielli R., 1987. The response of plants to heavy metals: organic acid production. *Giornale Botanico Italiano*, 121 (3-4), 209-212.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H., 1993. Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana, 816 s.
- Özdemir, Z., 2003. Biogeochemical studies at the Musalı and Silifke-Anamur area in Mersin, Turkey. *Geochemistry International*, 41 (11), 1137-1142.
- Özdemir, Z., 2005. *Pinus brutia* as a biogeochemical medium to detect iron and inc in soil analysis, chromite deposits of the area Mersin, Turkey. *Chemie Der Erde-Geochemistry*, 65, 79-88.
- Özdemir, Z., 2009. Bitkilerle Madenler Bulunabilir mi? Biyojeokimyasal (Bitki Jeokimyası) prospeksiyon nedir?. *Madencilik ve Yer Bilimleri Dergisi*, 1/3, 14-19.
- Özdemir, Z., 2011. Kobaltın Biyojeokimyasal prospeksiyonu için bir belirtgen *Alyssum Peltarioides* Boiss Subsp. Virgatiforme (Nyar.) Dudley. *İstanbul Üniversitesi Dergisi*, 24 (1), 65-75.
- Özdemir, Z., Sağıroğlu, A., 1999. Biogeochemical manganese anomalies along the Maden Çayı Valley, Maden-Elazığ. *Geochemistry International*, 37 (7), 673-677.
- Özdemir, Z., Sağıroğlu, A., 2000a. Biogeochemical zinc anomalies along the Maden Çayı Valley, Maden-Elazığ, Turkey. *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, 46, 218-222.
- Özdemir, Z., Sağıroğlu, A., 2000b. *Salix acmophylla* Boiss, *Tamarix smyrnensis* Bunge and *Phragmites australis* (cav) Trin. ex. Stuedel as biogeochemical indicators for copper deposits in Elazığ-Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18, 595-601.
- Özdemir, Z., Demir, E., 2010. Fındıkpınarı - Erdemli / Mersin bölgesinde nikel akümülatörü bir bitki türü *Alyssum murale* Waldst.&Kit, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 34 (1), 57-70.
- Özdemir, Z., Zorlu, S., Akyıldız, M., Yücesoy Eryılmaz., F., 2014. Determination of Indicator Plants for B in the Kırka (Eskişehir) Boron Deposit Area. *International Journal of Geosciences*, 5, 77-84.
- Schroll, E. (Ed.), 1975. *Analytische Geochemie* Enke Verl, Bd. I. Stuttgart, 292 p.
- Schlesinger W.H.(Edit.), Holland H. D, Turekian K. K, 2006. *Biogeochemistry. Treatise on geochemistry*, Vol. 8, Elsevier, London 702 p.
- Sümbüloğlu, K., Sümbüloğlu, V., 1995. *Biyoistatistik*. 6. Baskı, Özdemir Yayıncılık, Ankara, 269 s.
- Turan, H., Özdemir, Z., Zorlu, S., 2006. Çiftehane (Ulukışla-Niğde) bölgesinin Cu, Zn, Fe, Mn ve Ni için biyojeokimyasal anomalilerin araştırılması. *İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi*, 19 (2), 131-140.