

Narlı Ovası Topraklarının Ağır Metal Kapsamı Üzerine Çimento Fabrikası Baca Tozlarının Etkileri

Kadir Saltalı¹ Recep Gündoğan² Ömer Faruk Demir¹ Zekeriya Kara¹ Tuğrul Yakupoğlu³

Hüseyin Dikici¹ Kadir Yılmaz^{1*}

¹KSÜ, Ziraat Fak., Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl., Avşar Kampüsü, 46100, Kahramanmaraş
²Harran Üni., Ziraat Fak., Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Osmanbey Kampüsü, 63100, Şanlıurfa
³Bozok Üni., Ziraat Fak., Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl., Erdoğan Akdağ Kampüsü, 66000, Yozgat

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): kyilmaz@ksu.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 17.08.2017

Kabul tarihi (Accepted): 15.09.2017

DOI : 10.21657/topraksu.410113

Öz

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Narlı Ovası topraklarında çimento fabrikası baca tozlarının toprak özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, fabrika içerisinden çimento yapımında kullanılan 10 adet ham materyal ve çimento fabrikası etrafından 37 farklı noktadan toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinde kirlilik gösterge parametreleri listesinde (NACE Kodu 2351) verilen ağır metallerle (kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), nikel (Ni), kurşun (Pb), çinko (Zn) ve arsenik (As)) birlikte kükürtün (S) toplam içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen verilerden yönetmelikte vurgulanan referans değerden sapma değerleri ve katılım-kayıp oranları (β faktörleri) her element için hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Referans değerden sapma ve katılım-kayıp oranları (β değerlerinin) verilerinin genellikle 1 civarında olduğu, çimento fabrikasına yakınlık ve uzaklığa bağlı olarak bir değişkenlik olmadığı saptanmıştır. Ayrıca, ölçülen parametrelerin ana materyalle ilişkili Ni ve Cr haricinde kirlilik sınır değerlerini geçmediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Katılım-Kayıp Oranları, Narlı Ovası, Toprak Kirliliği

Chimney Dusts Effects of Cement Factory on Heavy Metal Contents of Narlı Plain's Soils

Abstract

In this study, effects of cement factory chimney dusts on soil properties were investigated in Kahramanmaraş Narlı Plain soils. For this purpose, 10 raw materials which are used for producing cement and 37 soil samples around the factory were collected. Total concentrations of heavy metals (cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), nickel (Ni), lead (Pb), zinc (Zn), and arsenic (As)) which are listed as pollutant indicator parameters (NACE code 2351) and sulfur (S) were determined in the soil samples. Increment-decrement ratios (β factors) and deviations from reference values were calculated and evaluated for each element measured. It was determined that increment-decrement ratios (β factors) and deviations from reference values were generally around 1, and these values were not dependent on distance from the factory. It was also found that the measured attributes do not exceed the pollution limits except Ni and Cr, which were related to the parent material.

Key words: Heavy Metals, Increment-Decrement Ratios, Narlı Plain, Soil Pollution

GİRİŞ

Ekolojik anlamda ağır metal kavramı, kirlenme ve toksisite bakımından bir yan anlam olarak kullanılmakta ve çoğunlukla atom numarası 20'nin üzerinde olan metaller bu kapsama girmektedir (Haktanır ve Arcak, 1998). Yakın zamana kadar, ağır metallerin büyük kısmı, fosil enerji kaynakları ve yenilenemeyen ham maddeler olarak yer kürenin derinliklerinde inert durumda kalmıştır. Ancak, endüstriyel kullanımın gereksindiği ham madde talebi arttıkça, bu maddelerin kullanımı ve dolayısı ile ağır metallerin ekstraksiyonu artmış ve bu maddeler doğrudan yayılma olanağı bulmuşlardır (Gül, 2011).

Tarım arazilerinde en önemli kirlilik kaynaklarından birisi ağır metal kirliliği olduğu bilinmektedir. Ağır metal kirliliğine neden olan önemli faktörler ise şehirsiz atıkların ve arıtma çamurlarının arazilere kontrolsüz uygulanması, sanayi kaynaklı katı ve sıvı atıkların tarımsal alanlarda kullanımı ile hatalı kullanılan tarım ilaçları ve gübreler olarak bilinmektedir. Bununla birlikte, farklı ülkelerde yapılan araştırmalarda çimento fabrikalarının da tarım topraklarında kirliliğe neden olduğu rapor edilmiştir (Khashman ve Shawabkeh, 2006). Bu nedenle fabrika bacalarından salınan tozların topraklar üzerindeki etkileri araştırma konusu olagelmıştır. Abeln (1993), çimento fırını tozlarını, fabrika baca tozlarının birikmesiyle oluşan tanecikli yapıda, birikmiş cüruf parçaçıkları, reaksiyona girmemiş ve kısmen yanmış ham materyaller ve alkali sülfatlar, halitler ve diğer uçucu yakıt küllerinden oluşan bir malzeme olarak tanımlamıştır. Mandal ve Voutchkov (2011), çimento fabrikasından çıkan atıkların, çevresinde yer alan toprakların element içeriğine etkisi üzerine yaptıkları bir çalışmada mesafeye bağlı olarak fabrika çevresinden alınan toprakların kurşun (Pb), çinko (Zn), krom (Cr), kadmiyum (Cd), vanadyum (V) ve cıva (Hg) içeriklerinin artış gösterdiğini, en yüksek artışın fabrikaya en yakın mesafelerde olduğunu belirtmişlerdir. Işık vd. (2006)'de, benzer bir çalışmada çimento fabrikasına yakın olan alanlarda topraktaki Cd konsantrasyonunun yüksek olduğunu, fabrikadan uzaklaşıldığında ise Cd konsantrasyonunun azaldığını rapor etmişlerdir. Diğer yandan Khamparia vd. (2012)'i, çimento fabrikasından çıkan tozların toprak kirlenme etkisinin bir kilometre uzaklığa kadar belirgin olmakla birlikte ikinci kilometrede de etkisini gösterdiğini bildirmiştir.

Çimento fabrikasından çıkan tozların rüzgarın hızı ve yönüne bağlı olarak 5-7 km uzaklıkta toprakta, kalsiyum oksit (CaO), kalsiyum karbonat (CaCO₃) ile mangan (Mn), Cu, Zn ve Pb miktarının artışına neden olduğu rapor edilmiştir (Maina vd., 2013). Farklı bir çalışmada ise Büyükçekmece gölü havzasında yüksek oranda Cr belirlenmiş ve Cr'un kaynağı olarak çimento fabrikasının olduğu ileri sürülmüştür (Karaca vd., 2006). Uysal vd. (2006)'ine göre ise, çimento fabrikalarının yer seçiminde bölgenin meteorolojik özelliklerini dikkate almadan kurulmasının çevredeki ekosistemin dengesini bozduğu ve atmosfere bırakılan atıkların hava, su ve toprak kalitesini önemli ölçüde etkilediği bildirilmiştir.

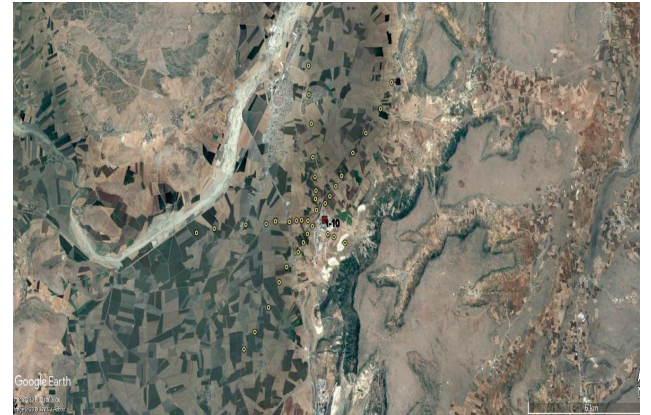
Bu araştırmanın amacı, Narlı Ovası'nda faaliyet gösteren çimento fabrikasından atmosfere salınan baca tozlarının bölge toprakları üzerine etkilerini, çimento yapımında kullanılan ham materyaller ve alandan alınan toprak örneklerinde ölçülen toplam ağır metal ve S konsantrasyonları kullanarak belirlemektir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Alanının Özellikleri

Çalışma alanı Kahramanmaraş il merkezinin yaklaşık 30 km güneydoğusunda yer almaktadır. Bu alan Narlı Ovası'nda faaliyet gösteren çimento fabrikasının bulunduğu alanı ve çevresini de kapsamaktadır. Örnek alınan noktaların ve çalışma alanının gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.

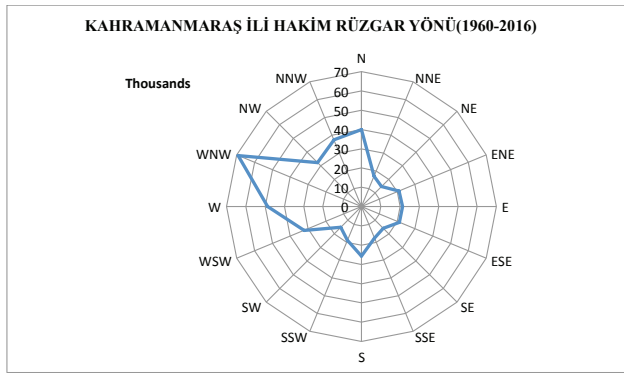
Yüz ölçümü yaklaşık 26500 ha olan ova, Akdeniz iklimi ile karasal iklimin geçiş kuşağında yer alıp bozulmuş Akdeniz iklimi özelliği taşımaktadır (Korkmaz, 2001). Toprak nem rejimi



Şekil 1. Çalışma Alanı ve Toprak Örneklerinin Alındığı Noktalar
Figure 1. Research Area and Points of Soil Samples

Çizelge 1. Meteorolojik Veri Grafiği-Kahramanmaraş İli Aylık Ortalama Sıcaklık (K.Maraş Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü, 2018b)
Table 1. Meteorological Data Graphic-Kahramanmaraş City Monthly Average of Heat (Directorate of K.Maras Meteorology Station)

Aylık Toplam Yağış Miktarı (mm)												
İstasyon Adı: Kahramanmaraş												
Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010	288.6	63.4	46.6	94	14	1.8	1.6	0.0	1.4	37.6	0.0	166.0
2011	141	103.4	89.4	151.8	60.8	9.2	0.0	0.0	4.2	19.8	90.6	83.8
2012	317.0	210.8	61.8	42.8	13.8	7.6	1.6	0.0	0.0	20.6	49.2	1.0
2013	13.2	104.8	57.6	69.2	30.4	34.6	0.0	0.0	38.4	37.0	29.4	49.8



Şekil 2. Meteorolojik Veri Grafiği-Kahramanmaraş İli Uzun Yıllara Göre Hakim Rüzgar Yönü (K.Maraş Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü, 2018a)

Figure 2. Meteorological Data Graphic-Kahramanmaraş City Dominant Wind Direction According to the Long Term (Directorate of K.Maras Meteorology Station)

Xeric, sıcaklık rejimi ise Thermic'dir. Aluviyal ve koluviyal topraklardan oluşan ovada Fluvaquents ve Xerofluvents büyük grupları yaygındır (Gündoğan, 1998). Çalışma alanının rüzgar özellikleri değerlendirildiğinde Kahramanmaraş'ta esme sayısı 3619 olan WNW yönlü rüzgar hakimdir. Bunu 2758 esme sayısı ile NNW yönlü hakim rüzgar takip eder. Yıl içinde esme sayısı en az olan rüzgar yönü SSE'dir. Kışın hakim rüzgar yönü kuzeydir. İlkbahar, yaz ve sonbaharda ise WNW'dir (Şekil 2). Bölgenin aylık toplam yağış miktarları incelendiğinde ise en çok yağışın kış mevsiminde, en az yağışın ise yaz mevsiminde düştüğü görülmektedir (Çizelge 1).

Materyal

Çalışma alanından, genellikle tarım alanlarının bulunduğu kuzey (8), kuzeydoğu (8), batı (9) ve güneybatı (9) ve doğu (3) yönlerinden yüzey (0/30 cm) ve yüzey altı toprak derinliklerinden (30/60 cm) koordinatlı olarak 37 farklı noktadan

alınan toprak örnekleri ile fabrika içerisinden alınan ve çimento yapımında kullanılan 10 adet ham madde numunesi (kalker (1), marn (2), kumtaşı (3), demir cevheri (4), alçı taşı (5), volkanik tüf (6), traş (7), kömür (8), linyit (9), petrokok (10)) olmak üzere toplam 47 adet örnek çalışma materyali olarak kullanılmıştır.

Yöntem

Alandan alınan toprak örnekleri odası sıcaklığında kurutulduktan sonra tahta tokmaklarla dövülerek 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Analize hazır hale getirilen örneklerde, öncelikle pH (Black, 1965), tuz (Richards, 1954), kireç (Gülçur, 1974) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra toprak örnekleri, mikro dalga numune hazırlama setinde asit karışımları ile (8 ml HNO₃, 5 ml HCl, 1 ml HF ve 5 ml H₃BO₃ karışımı) yakılarak elementel ölçümler için hazır hale getirilmiştir (Hossner, 1996). Bu örneklerde, Çimento İmalatı Yapılan Endüstriyel Faaliyet Alanlarında Faaliyete Özel Kirletici Gösterge Parametreleri listesinde (NACE Kodu 2351) verilen ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn ve As) toplam konsantrasyonları ICP-OES cihazında, S elementi ise X-Ray Floresans (XRF) ile belirlenmiştir (Somogyi vd., 1997). Fabrikadan alınan ham maddeler ise tahta tokmalarla dövülerek toz haline getirildikten sonra yukarıda belirtildiği gibi asit karışımları ile çözülerek analize hazırlanmış ve X-Ray Floresans (XRF) spektroskopisinde elementel içerikleri (kalsiyum (Ca), silisyum (Si), demir (Fe), alüminyum (Al), sodyum (Na), magnezyum (Mg), titanyum (Ti), fosfor (P), potasyum (K), strontiyum (Sr), zirkonyum (Zr), rubidyum (Rb), baryum (Ba), molibden (Mo), vanadyum (V), kobalt (Co), itriyum (Y), niyobyum (Nb), seryum (Ce), brom (Br), holmiyum (Ho), klor (Cl), rutenyum (Ru), Pb, Zn, Cu, Mn, Cr, As ve S) belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Fabrikada Kullanılan Ham Maddelerin Toplam Kimyasal Analiz Sonuçları**Table 2.** Total Chemical Analyses of Raw Materials which are used in Factory

Örnek No	Ca	Si	Fe	S	Al	Na	Mg	Ti	Cr	P	K	Mn	mg kg ⁻¹			
													Pb	Sr	Zr	Zn
1	61.64	1.67	3.27	0.02	0.61	-*	0.86	0.08	1.20	0.09	0.08	0.06	-*	338.2	0.9	51.4
2	15.96	17.92	8.09	0.16	6.63	0.46	4.12	0.55	0.41	0.20	1.68	0.13	-*	591.9	364.8	160.6
3	1.14	24.71	6.73	0.13	11.63	0.19	0.63	1.29	0.38	0.26	4.04	0.05	-*	0.0	1003.2	50.6
4	1.58	19.84	13.00	0.02	12.53	0.23	0.78	0.68	0.32	0.59	3.92	0.04	62.2	169.1	547.2	160.6
5	30.74	1.54	2.56	16.52	0.42	-*	2.65	0.05	1.05	0.11	0.12	0.05	-*	10062.2	-*	-*
6	7.77	17.35	12.43	0.19	7.78	1.91	3.65	1.57	0.68	0.35	1.20	0.19	-*	1099.2	456.0	160.6
7	7.63	24.04	5.60	0.18	7.39	0.95	2.64	0.59	0.64	0.24	2.29	0.08	-*	1014.7	182.4	80.3
8	3.86	17.44	10.31	3.72	10.31	0.20	0.83	0.88	1.31	0.57	2.68	0.13	-*	930.1	0.0	401.6
9	19.06	11.74	9.86	4.95	5.46	0.09	1.85	0.77	1.11	0.40	0.90	0.13	-*	-*	182.4	562.2
10	0.86	1.02	1.87	34.36	0.39	0.28	0.22	0.04	-*	0.25	0.07	0.05	-*	-*	-*	321.3

Çizelge 2. (devam). Fabrikada Kullanılan Ham Maddelerin Toplam Kimyasal Analiz Sonuçları**Table 2. (Continue).** Total Chemical Analyses of Raw Materials which are used in Factory

Örnek No	Cu	Rb	Ba	V	Co	Y	As	Nb	Ce	Br	Ho	Cl	Mo	Ru
1	79.8	-nd	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	200	-*	-*
2	79.8	84.1	-*	175.82	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
3	79.8	182.9	1791.2	-*	-*	-*	21.2	42.7	-*	-*	-*	200	-*	-*
4	63.9	182.9	716.5	-*	-*	157.5	151.5	21.7	-*	-*	-*	-*	-*	-*
5	69.5	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
6	159.8	28.4	-*	-*	-*	-*	-*	63.6	-*	-*	-*	400	-*	-*
7	51.1	182.9	537.4	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	400	-*	-*
8	399.4	274.3	3851.2	307.7	-*	-*	75.8	-*	-*	-*	-*	2400	266.57	300.00
9	159.8	91.4	7881.5	527.5	-*	-*	75.8	-*	-*	100.0	-*	400	-*	-*
10	-*	-*	-*	15692.3	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	7700	333.22	-*

*: Tespit edilememiştir

Kirlilik Gösterge Parametre Değerlerinin Referans Değerlerle Karşılaştırılması

Fabrika sahasından farklı yönlerden ve koordinatlardan toprakların üst ve alt katmanlarından alınan toprak örneklerinde, ilgili yönetmelikte verilen kirlilik gösterge parametre değerleri belirlenmiştir. Fabrikaya uzaklığı 2-6 km olan üç farklı toprağın ortalaması referans değer olarak alınmış ve bu değerler fabrika çevresinden alınan örnekler ile karşılaştırılarak,

Referans Değerden Sapma verileri Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelikte verilen eşitlik 1'e göre bulunmuştur. Referans noktalarının seçiminde, hakim rüzgar yönünün etki alanı dışında olması gözetilmiştir. Bu anlamda, WNW hakim rüzgar yönü etki alanı dışında bulunan alandan üç farklı noktadan alınan örnekler referans olarak kullanılmıştır. Sapma verilerinin değerlendirilmesi ilgili yönetmelikte belirtilen ve aşağıda verilen temel kriterlere göre yapılmıştır (Anonim, 2010).

Sapma=Maksimum Ölçüm Değeri ($ÖD_{max}$)/
Referans Değeri (RD) Eşitlik; (1)

Kriter Değerlendirme

- ≤ 1 Takip gerektirmeyen saha (kirlenmemiş saha)
>1 İkinci aşama değerlendirme sürecine tabi takip gerektiren saha
>25 Bakanlıkça belirlenen süreç uyarınca temizlenmesi gereken kirlenmiş saha

Katılım-Kayıp Faktörlerinin (β) Hesaplanması

XRF ve ICP-OES analizleri sonucunda elde edilen verilerden, elementlerin moleküller oranları kullanılarak katılım-kayıp faktörleri (β) hesaplanmıştır (Jenny, 1967). Katılım-kayıp faktörü (β), toprak içerisindeki elementel değişkenliğin doğal olarak mı yoksa dışardan katılım ile oluştuğunun belirlenmesinde temel kriterlerden biridir. Alüminyum (Al) elementi pH 5-8.5 değerleri arasında toprakta çözünmez konumda olduğundan araştırmacılar tarafından referans element olarak kabul edilmektedir. Bu pH aralığında, toprakta Al_2O_3 'ün hareketinin az olduğu kabul edilmektedir (Sayın, 2011). Bu nedenle, alanda diğer elementlerin hareketliliğini ve üst toprak katmanına herhangi bir elementin katılımının olup olmadığını belirlemek için bu araştırmada Al referans element olarak kullanılmıştır. Alanda katılım-kayıp faktörleri (β), ölçülen toplam konsantrasyonlardan hareketle, yüzey katmanı moleküler oranının, yüzey altı katmanı moleküler oranına bölünmesi ile eşitlik 2'de belirtildiği gibi hesaplanmıştır (Sayın, 2011).

β =yüzey katmanı moleküler oranı / yüzey altı katmanı moleküler oranı Eşitlik; (2)

Katılım-kayıp süreçlerinin yorumlanmasında, β <1 toprak oluşum süreci içerisinde çeşitli faktörlerin etkisine bağlı olarak elementin önemli oranda hareket ettiğini, β =1 toprakta bir kayıp ya da katılımın olmadığı ve β >1 ise toprağa dışarıdan bir katılımın olduğunu göstermektedir (Yılmaz, 1990).

Çizelge 3. Toprak Örneklerinin Bazı Genel Kimyasal Özellikleri
Table 3. Some General Properties of Soil Samples

Üst Toprak	pH	EC dS m ⁻¹	CaCO ₃ %	Alt Toprak	pH	EC dS m ⁻¹	CaCO ₃ %
En Küçük	7.76	1.59	3.91	En Küçük	7.80	1.85	4.21
En Büyük	8.25	4.78	27.4	En büyük	8.35	4.02	27.5
Ortalama	8.03	2.71	17.38	Ortalama	8.12	2.74	18.39

Üst Toprak: 0-30 cm Toprak Derinliği; Alt Toprak: 30-60 cm Toprak Derinliği

İstatistiksel Analizler

Yüzey (0/30 cm) ve yüzey altı (30/60) derinlikten alınan toprak örneklerinde araştırılan elementlerin karşılaştırılması eşli t testi ile toprak örneklerinin mesafe (0-1000 m), (1000-2000 m) ve (2000-6000 m) ile değişimi Pearson korelasyon katsayısı ile SPSS'de analiz edilmiştir (Efe vd., 2000).

Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanından, çimento fabrikasına uzaklık ve toprak derinliği esas alınarak alınan örneklerin bazı genel kimyasal analiz sonuçlarına ait en düşük, en yüksek ve ortalama değerler Çizelge 3' de verilmiştir.

Çizelge 3'de görüldüğü gibi araştırma alanı topraklarının pH'ları 7.76-8.35 arasında değişmekte olup hafif alkalın karakterlidir. EC değerleri 1.59 - 4.11 dS m⁻¹ arasında değişmekte olup tuzluluk problemi genellikle yoktur. Ancak bir noktada, toprakta tuzluluk 4 dS m⁻¹'nin üzerinde olup hafif tuzluluk problemi görülmektedir. Toprakların kireç içerikleri ise oldukça değişken olup % 3.91- 27.5 (kireçli - çok kireçli) arasında değişmektedir.

Toprakların Ağır Metal Konsantrasyonunda Sapma Değerleri ve Katılım-Kayıp Oranı (β faktörü) Bakımından Değerlendirilmesi ve Ağır Metal Konsantrasyonlarının Mesafe ile Değişimi

Çimento fabrikası çevresinden alınan topraklarda toprakların farklı derinliklerinde toplam metal konsantrasyonları (mg kg⁻¹), ölçüm değerlerinin referans değerlerle karşılaştırılması ile elde edilen sapma değerleri, katılım-kayıp oranı ilişkilerinden elde edilen β değerleri ve ağır metal konsantrasyonları ve mesafe arasındaki ilişkiler Çizelge 4'de verilmiştir.

Kadmiyum: Araştırma alanı topraklarının her iki toprak derinliğinde toplam Cd içerikleri 0.6 -1.1 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Topraklarda ölçüm değerlerinin referans değerlerle

Çizelge 4. Topraklarda Toplam Ağır Metal ve Kükürt Konsantrasyonları (mg kg^{-1}) ile Sapma ve β Değerleri ve Mesafe Arasındaki İlişkiler
Table 4. Relationships Between Total Heavy Metal and Sulfur Concentrations (mg kg^{-1}), and Deviation and β Values, and Distance

Toprakların farklı derinliklerinde toplam ağır metal ve S içerikleri (mg kg^{-1})									
Derinlik (cm)		Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	S
0-30	Min.	0.6	117.5	23.9	120.5	0.3	124	1.3	320
	Max.	1.1	311.6	46.8	469.1	0.9	252.3	2.5	1360
	Ort.	0.89	194.8	36.7	285.1	0.7	178.8	1.9	508.5
30-60	Min.	0.6	118.8	28.6	116.5	0.4	110.1	1.2	320
	Max.	1.1	294.7	45	455.2	1.2	238.4	2.3	720
	Ort.	0.88	179.6	35.6	241.4	0.8	150.0	1.9	437.1
Ölçüm değerlerinin referans değerlerle karşılaştırılması ile elde edilen sapma değerleri									
0-30	Min.	0.69	0.72	0.67	0.52	0.39	0.82	0.40	-*
	Max.	1.21	1.9	1.31	2.02	1.33	1.67	1.95	-*
	Ort.	1.00	1.16	1.02	1.21	0.96	1.15	0.61	-*
30-60	Min.	0.78	0.73	0.84	0.5	0.65	0.73	0.73	-*
	Max.	1.35	1.8	1.32	1.95	1.83	1.57	1.37	-*
	Ort.	1.06	1.08	1.06	1.04	1.22	1.06	1.12	-*
Katılım-kayıp oranı ilişkilerinden elde edilen β değerleri									
En yakın(Mesafe)		1.14	0.72	1.11	1.02	1.04	1.04	1.05	1.50
En uzak(Mesafe)		1.36	1.82	1.63	1.59	0.92	1.90	1.60	2.03
Ort.		1.11	1.13	1.13	1.25	0.88	1.19	1.11	1.08
Ağır Metal konsantrasyonlar ve mesafe arasındaki ilişkiler									
R**		0.028	0.263	0.152	0.217	0.366	0.304	0.156	-*
n***		15	15	15	15	15	15	15	-*

*Ölçülenmemiştir, ** Regresyon analizi sonucu elde edilen çoklu R değerleri, *** Çalışılan nokta sayısı

karşılaştırılması sonucu elde edilen ortalama sapma değerleri ise üst ve alt toprak derinliklerinde, sırasıyla 1.0 ve 1.06 olarak belirlenmiştir. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelikte (TKKY) sapma değeri ≤ 1 olması durumunda, takip gerektirmeyen saha (kirlenmemiş saha) olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2010). Bölge toprakları hafif alkalin özellikte olup, kireç içeriği %15'in üzerindedir. Yüksek pH ve kireç içeren topraklarda, Cd çökerek veya kireç ile reaksiyona girerek bitkiler tarafından alınamaz konuma dönüşmektedir (Hasemi, 1996).

Katılım-kayıp oranının hesaplamasından elde edilen β faktörü açısından bakıldığında, fabrikaya en yakın noktada alınan toprak örneğinin β

faktörlerinin 1.14, en uzak olan değer 1.36 olduğu, alan ortalamasının ise 1.11 olduğu, fabrikaya uzaklık ile ölçülen konsantrasyonlar arasında önemli istatistiksel bir ilişki bulunmadığı ($r= 0.028$) dikkate alındığında, Cd yönünden alana dışarıdan bir katılımın olduğu söylenemez.

Krom: Araştırma alanı topraklarının üst ve alt toprak derinliklerinde toplam Cr içerikleri sırasıyla 117.5 - 311.6 ve 118.8-294.7 mg kg^{-1} arasında değişmektedir. Topraklarda ölçüm değerlerinin referans değerlerle karşılaştırılması sonucu elde edilen ortalama sapma değerleri ise üst ve alt toprak derinliklerinde, sırasıyla 1.16 ve 1.08 olarak belirlenmiştir. TKKY'a göre sapma değeri > 1 olması durumunda, ikinci aşama değerlendirme sürecine tabi takip gerektiren

saha olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2010). Toprakların toplam Cr içeriği hafif kumlu topraklarda 2-350, orta tınlı ve siltli topraklarda 10-300, tınlı topraklarda 30-1100, kalkerli topraklarda 5-150 mg kg⁻¹ arasında değiştiği rapor edilmiştir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Genel olarak, toprakların toplam Cr içeriği ortalama 54 mg kg⁻¹ dolaylarındadır (Bowen, 1979; Sposito, 1989). Toprakların oluştuğu kayaçların mafik ve ultramafik kayaçlar olması, yine serpantin ve ofiyolitlerin baskın olduğu alanlarda oluşan topraklarda Cr içeriğinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Kahramanmaraş'ın doğu bölgesinde dolomit, kireçtaşı, ofiyolit, serpantin, gabro, dunit gibi kayaçların baskın ve Cr içeriklerinin yüksek (281-1567 mg kg⁻¹) olduğu tespit edilmiştir (Bağcı, 2013). Bu nedenle, bölgede toprakların Cr içeriğinin normal topraklara göre yüksek olması, toprak oluşturan kayaçlar ve ana materyal ile ilişkili olma olasılığını artırmaktadır.

Katılım-kayıp oranının hesaplamasından elde edilen β faktörü açısından bakıldığında, Cr konsantrasyonlarındaki yüksekliğin kaynağının ana materyal mi yoksa dışarıdan bir katılımın mı olduğunu belirlemek amacı ile genetiksel oranlar incelendiğinde, bunun ana materyalden geldiği görülmüştür. Alanın alüvyal olması ve bölgede serpantin ana materyalinin fazla bulunması bu yüksekliğin nedeni olarak değerlendirilmiştir. Fabrikaya en yakın noktada alınan toprak örneğinin β faktörlerinin 0.72, en uzak olan değer 1.82 olduğu, alan ortalamasının ise 1.13 olduğu, fabrikaya uzaklık ile ölçülen konsantrasyonlar arasında önemli istatistiksel bir ilişki bulunmadığı ($r= 0.263$) dikkate alındığında krom yönünden alana dışarıdan bir katılımın olduğu söylenemez.

Bakır: Araştırma alanı topraklarının üst ve alt derinliklerinin Cu içerikleri sırasıyla 23.9- 46.8 ve 28.6- 45.0 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakların üst ve alt derinliklerinde, ölçüm değerlerinin referans değerlerle karşılaştırılması sonucu elde edilen ortalama sapma değerleri sırasıyla 1.02 ve 1.06'dır. Burada alt toprağın sapma değerinin üst topraktan daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum toprakların Cu içeriğinin ana materyal ile ilişkili olduğunu yansıtmaktadır. Ülkemizde farklı bölgelerde yapılan araştırmalarda toprakların toplam Cu içeriği 35.6-98.8 mg kg⁻¹ arasında bulunmuştur (Aydinalp ve Cresser, 2003;

Kızılkaya vd., 1997). İnceleme yapılan toprakların Cu içeriği ile ilgili yönetmelikte verilen sapma değerleri dikkate alındığında şu an toprakların Cu içeriğinin risk oluşturmadığı yargısına varılabilir.

Katılım-kayıp oranının hesaplamasından elde edilen β faktörü açısından bakıldığında, fabrikaya en yakın noktada alınan toprak örneğinin β faktörlerinin 1.11, en uzak olan değer 1.63 olduğu, alan ortalamasının ise 1.13 olduğu, fabrikaya uzaklık ile ölçülen konsantrasyonlar arasında önemli istatistiksel bir ilişki bulunmadığı ($r= 0.152$) dikkate alındığında bakır yönünden alana dışarıdan bir katılımın olduğu söylenemez.

Nikel: Araştırma alanı toprakların üst ve alt toprak derinliklerindeki toplam Ni içerikleri sırasıyla 120.5 - 469.1 ve 116.5 - 455.2 mg kg⁻¹ arasında bulunmuştur. Toprakların üst ve alt toprak derinliklerinde toplam Ni'in ölçüm değerlerinin referans değerlerle karşılaştırılması sonucu elde edilen ortalama sapma değerleri sırasıyla 1.21 ve 1.04'dür. TKKY'a göre sapma değeri > 1 olması durumunda, ikinci aşama değerlendirme sürecine tabi takip gerektiren saha olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2010). Bölge topraklarının Ni içeriğinin hem üst, hem de alt toprak derinliğinde genel olarak yüksek olması, toprak oluşturan kayaçlar ve ana materyal ile ilişkili olduğu kanaatini uyandırmaktadır. Araştırma bölgesinin jeolojik yapısı konusunda yapılan araştırmalarda, bölgede Ni içeriği yüksek ultra bazik materyallerin olduğunu ve bu materyalin Ni içeriğinin 25-226 mg kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir (Bağcı, 2013). Kabata-Pendias ve Mukherjee (2007), toprakların Ni içeriğinin 0.2-450 mg kg⁻¹ gibi çok geniş sınırlar içinde değiştiğini, aşırı bazik ve volkanik kayaçlardan oluşan toprakların doğal olarak Ni içeriğinin yüksek olduğunu, özellikle serpantin kayaçlarının olduğu alanda oluşan topraklarda toplam Ni içeriğinin 770-7335 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir.

Katılım-kayıp oranının hesaplamasından elde edilen β faktörü açısından bakıldığında, fabrikaya en yakın noktada alınan toprak örneğinin β faktörlerinin 1.02, en uzak olan değer 1.59 olduğu, alan ortalamasının ise 1.25 olduğu, fabrikaya uzaklık ile ölçülen konsantrasyonlar arasında önemli istatistiksel bir ilişki bulunmadığı ($r= 0.217$) dikkate alındığında, nikel yönünden alana dışarıdan bir katılımın olduğu söylenemez.

Kurşun: Araştırma alanı toprakların üst ve alt toprak derinliklerinde toplam Pb içerikleri sırasıyla 0.3 - 0.9 ve 0.4 - 0.2 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakların üst ve alt toprak derinliklerinde toplam Pb'un ölçüm değerlerinin referans değerlerle karşılaştırılması sonucu elde edilen ortalama sapma değerleri sırasıyla 0.96 ve 1.22'dir. Alt toprağın sapma değerinin üst topraktan fazla olması, dışarıdan kirletici olarak Pb ilavesi olmadığını yansıtmaktadır. Toprakların toplam kurşun içeriği genel olarak 2-200 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup tipik değer 19 mg kg⁻¹'dir (Bowen, 1979; Sposito, 1989). Bu nedenle inceleme alanı topraklarında çevresel ve tarımsal açıdan şu an Pb kirliliği yoktur.

Katılım-kayıp oranının hesaplamasından elde edilen β faktörü açısından bakıldığında, fabrikaya en yakın noktada alınan toprak örneğinin β faktörlerinin 1.04, en uzak olan değer 0.92 olduğu, alan ortalamasının ise 0.88 olduğu, fabrikaya uzaklık ile ölçülen konsantrasyonlar arasında önemli istatistiksel bir ilişki bulunmadığı ($r= 0.366$) dikkate alındığında, kurşun yönünden alana dışarıdan bir katılımın olduğu söylenemez.

Çinko: Araştırma alanı toprakların üst ve alt toprak derinliklerinde toplam Zn içeriği sırasıyla 178.8 ve 150 mg kg⁻¹ bulunmuştur. Ölçüm değerlerinin referans değerlerle karşılaştırılması sonucu sapma değerleri sırasıyla 1.15 ve 1.06 bulunmuştur. TKKY'a göre sapma değeri > 1 olması durumunda, ikinci aşama değerlendirme sürecine tabi takip gerektiren saha olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2010). Genel olarak, topraklarda Zn'nun kimyasal sorpsiyonu toprakların pH, kireç, metal oksitler, kil içerikleri ve tipleri gibi temel özelliklere bağlıdır. Yüksek pH, kireç içeren topraklarda toplam Zn yüksek olsa da bitkiler tarafından alınabilir Zn konsantrasyonu düşük çıkmaktadır.

Katılım-kayıp oranının hesaplamasından elde edilen β faktörü açısından bakıldığında, fabrikaya en yakın noktada alınan toprak örneğinin β faktörlerinin 1.04, en uzak olan değer 1.90 olduğu, alan ortalamasının ise 1.19 olduğu, fabrikaya uzaklık ile ölçülen konsantrasyonlar arasında önemli istatistiksel bir ilişki bulunmadığı ($r= 0.304$) dikkate alındığında çinko yönünden alana dışarıdan bir katılımın olduğu söylenemez.

Arsenik: Araştırma alanı topraklarının üst ve alt toprak derinliklerinde toplam ortalama As içeriği her iki derinlikte de 1.90 mg kg⁻¹ bulunmuştur. Ölçüm değerlerinin referans değerlerle karşılaştırılması sonucu sapma değerleri 0.40-1.95 ve 0.73-1.37 arasında değişmektedir. Toprakların As içeriği değerlendirildiğinde en yüksek As değeri fabrikaya en uzak olan toprağın üst katmanında saptanmıştır. Bu yüksek As düzeyinin toprağı oluşturan ana materyal ve bitki koruma amaçlı kullanılan pestisit ve herbisitlerden kaynaklı olabileceği düşüncesini oluşturmaktadır. As ile ilgili yapılan araştırmalarda genel olarak toprakların toplam As içeriğinin 0.1-40 mg kg⁻¹ arasında değiştiği ve ortalama 5 mg kg⁻¹ olduğu rapor edilmiştir (Sposito, 1989; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Tarım alanlarında genellikle As, kullanılan pestisit ve herbisitlerden kaynaklanmaktadır. Avrupa'da endüstriyel bölgelerde As içeriğinin 100-115 mg kg⁻¹ kadar yükselerek kirlilik oluşturduğu rapor edilmiştir (Göd ve Heiss, 1996).

Katılım-kayıp oranının hesaplamasından elde edilen β faktörü açısından bakıldığında, fabrikaya en yakın noktada alınan toprak örneğinin β faktörlerinin 1.05, en uzak olan değer 1.60 olduğu, alan ortalamasının ise 1.11 olduğu, fabrikaya uzaklık ile ölçülen konsantrasyonlar arasında önemli istatistiksel bir ilişki bulunmadığı ($r= 0.156$) dikkate alındığında, arsenik yönünden alana dışarıdan bir katılımın olduğu söylenemez.

Kükürt: Araştırma alanı topraklarının üst toprak derinliğinde toprakların toplam S içeriği 320-1360 mg kg⁻¹, alt toprak derinliğinde ise 320-720 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Genel olarak topraklarda toplam S içeriği 1600 mg kg⁻¹ olarak belirtilmiştir (Sposito, 1989). İncelen alanın topraklarının pH değeri 8'den büyüktür. Genel olarak bitkilerin optimum pH istekleri 6.5-7.0'dir. Katılım-kayıp oranının hesaplamasından elde edilen β faktörü açısından bakıldığında, fabrikaya en yakın noktada alınan toprak örneğinin β faktörünün 1.50, en uzak olan değer 2.03 olduğu, alan ortalamasının ise 1.08 olduğu, fabrikaya uzaklık ile ölçülen konsantrasyonlar arasında önemli istatistiksel bir ilişki bulunmadığı ($r= 0.363$) dikkate alındığında kükürt yönünden alana dışarıdan bir katılımın olduğu söylenemez.

Sonuçlar

Bu çalışmada, Kahramanmaraş-Narlı Ovasında güney doğu kıyısında bulunan çimento fabrikasının çevresindeki tarımsal alanlardan alınan toprak örneklerinde fabrika kaynaklı bir elementel kirlilik olup olmadığı araştırılmıştır. Topraklarda yapılan toplam elementel analiz sonuçlarından elde edilen Sapma değerleri ve Katılım-Kayıp oranlarının (β faktörleri) genellikle 1 civarında olduğu ve sapma değerleri ile katılım-kayıp oranlarının çimento fabrikasına uzaklık ve yakınlığa bağlı olarak önemli bir değişkenlik göstermediği saptanmıştır. Elde edilen verilere göre, bölgede hakim rüzgarların fabrika emisyonlarının tarım alanlarına taşınmasına yardımcı olmadığı, incelenen elementlerin ana materyal ve doğal olaylara bağlı olarak oluştuğu ve toprak oluşum süreçlerinin yansımalarının bir sonucu olduğu görülmüştür. Analitik ve moleküler katılım-kayıp ve sapma değerlerinin yorumlanmasından, toprak örneklerinin alındığı tarih itibarıyla, alana dışarıdan bir katılımın olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abeln DL, Hastings RJ, Scxhreiber RJ, Yonley C (1993). Detailed Illustration of Contingent Management Practices for Cement Kiln Dust. In: Research and Development Bulletin, SP115T. Skokie (IL): Portland Cement Association.
- Anonim (2010). Toprak Kirliliği Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmenlik. Resmi Gazete. 08.06.2010, sayı: 27605.
- Aydınalp C, Cresser MS (2003). The Background Levels of Heavy Metals in Vertisols Under Mediterranean Type of Climate in the Region of Turkey. Journal of Central European Agriculture: 289-296.
- Bağcı U (2013). The Geochemistry and Petrology of the Ophiolitic Rocks from the Kahramanmaraş Region, Southern Turkey. Turkish J. Earth Sci.
- Black CA (1965). Methods of Analysis Agron., No: 9, Ame. Soc. Agr., Madison Wisconsin. USA.
- Bowen HJ (1979). Environmental Chemistry of the Elements. London: Academic Pres.
- Efe E, Bek Y, Şahin M (2000). SPSS'te Çözümleri ile İstatistik Yöntemler II. Kahramanmaraş: KSÜ.
- Gül Kİ (2011). Birden Fazla Metal ile Kirlenmiş Topraklarda Ayçiçeği ve Mısırın Fitoekstraksiyonu Üzerine EDTA ve DTPA'nın Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Gülçur F (1974). Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Gündoğan R (1998). Land Use Interpretations at the Taxonomic Category Level for Kahramanmaraş Province, Turkey. Proceedings of Int. Sym. on Arid Region Soils, (Ed. Yeşilsoy, M.Ş.). Menemen-Izmir, Turkey.
- Göd R, Heiss G (1996). Die Arsenanomalie Feistritz am Wechsel. Jahrb Geol Bundesanstalt, 437-444.
- Hasemi E (1996). Toprakta ve Bitkideki Cd Miktarları. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hossner LR (1996). Dissolution for Total Elemental Analysis. 3rd Edition. Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods, D.L. Sparks, 46-64. Madison, WI: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.
- İşıklı B, Demir TA, Akar T, Berber A, Urer SM, Kalyoncu C, Canbek M (2006). Cadmium Exposure from the Cement Dust Emissions: A Field Study in a Rural Residence. Chemosphere, 63 (9):1546-52.
- Jenny H (1967). Origin of Soils. In Applied Sedimentation. (Ed by Parker D Trask), p. 41-61, John Wiley & Sons, New York.
- Haktanır K, Arcak S (1998). Çevre Kirliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayın No:1503.
- Kabata-Pendias A ve Mukherjee AB (2007). Trace Elements from Soil to Human. Berlin: Springer-Verlag.
- K.Maraş Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü (2018a). Meteorolojik Veri Grafiği-Kahramanmaraş İli Uzun Yıllara Göre Hakim Rüzgar Yönü.
- K.Maraş Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü (2018b). Meteorolojik Veri Grafiği-Kahramanmaraş İli Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri.
- Karaca F, Alagha O, Elçi E, Ertürk F, Yılmaz YZ, Özkara T (2006). Büyükçekmece Gölü Havzasında Havanın PM_{2,5} ve PM_{2,5-10} Gruplarında Krom Derişimleri. Ekoloji:15(61), 16-21.
- Khamparia A, Chatterjee SK, Sharma GD (2012). Assessment on Effect of Cement Dust Pollution on Soil Health. Journal of Environmental Research and Development, 7(1):368-374.
- Khashman OA, Shawabkeh RA (2006). Metal Distribution in Soils Around the Cement Factory in Southern Jordan. Environmental Pollution: 387-394.
- Kızılkaya R, Karaca A, Arcak S (1997). Samsun yöresi topraklarında Zn/Cd oranı ve bu oran ile İz Element ve Ağır Metaller (Fe, Cu, Mn, Pb, Ni) Arasındaki İlişkiler. I. Ulusal Çinko Kongresi, 12-16 Mayıs 1997. Eskişehir, 501-509.
- Korkmaz H (2001). Kahramanmaraş Havzasının Jeomorfolojisi. Cilt II Kültür Müdürlüğü Yayınları No:3. Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Valiliği.
- Maina HM, Egila JN, Nkafamiya II, Shagal MH (2013). Impact of Cement Dust Deposition on the Elemental Composition of Soils in the Vicinity of Ashaka Cement Factory, Nigeria. International Research Journal of Agricultural science and Soil Science 3(2), 66-74.

Mandal A, Voutchkov M (2011). Heavy Metals in Soils Around the Cement Factory in Rockfort. International Journal of Geosciences:48-54.

Richards , L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, USA, Salinity Labrotary, s. 60.

Sayın M (2011). Toprak Mineralojisi Kitabı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi Genel Yayın No:227, Ders Kitapları Yayın No: A-72, Adana, Türkiye.

Somogyi A, Braun M, Posta J (1997). Comparison Between X-ray Fluorescence and Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry in the Analysis of Sediment Samples. Spectrochimica Acta Part B, p. 2011-2017.

Sposito G (1989). Chemistry of Soils. New York: Oxford University Pres, Inc., 1989.

Uysal İ, Müftüođlu NM, Demirer T, Karabacak E, Tütenocaklı T (2006). Çanakkale'de Çimento Tozlarının Bazı Bitkilere ve Topraklara Etkileri. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 43(2):133-144.

Yılmaz K (1990). Harran Ovası Topraklarının Mineralojik Karakterizasyonları. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.