



Ege Coğrafya Dergisi 29 (1), 2020, 45-56, İzmir-TÜRKİYE  
 Aegean Geographical Journal, 29 (1), 2020, 45-56, İzmir-TURKEY  
 Dergi Ana Sayfası: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ecd>

Araştırma Makalesi / Research Article

## MADENCİLİK FAALİYETLERİNİN TOPRAKTAKİ AĞIR METALLER (AS, CD, CO, FE VE NI) ÜZERİNE ETKİSİ: ORHANELİ VE BÜYÜKORHAN (BURSA) ÖRNEĞİ<sup>1</sup>

*Effect of Mining Activities on Heavy Metals in Soil (As, Cd, Co, Fe and Ni):  
 The Case of Orhaneli and Büyükorhan (Bursa)*

**Serpil MENTEŞE<sup>2</sup>**

Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi  
 Fen- Edebiyat Fakültesi  
 Coğrafya Bölümü  
 serpil.mentese@bilecik.edu.tr  
 ORCID: 0000-0002-9805-532X

**Olgun BÖBREK**

Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi  
 Sosyal Bilimler Enstitüsü  
 Yüksek Lisans Mezunu  
 olgunbobrek@gmail.com  
 ORCID: 0000-0003-3021-8652

(Teslim: 4 Şubat 2020; Son Düzeltme: 29 Mayıs 2020; Kabul: 30 Mayıs 2020)  
 (Received: February 4, 2020; Last Revised: May 29, 2020; Accepted: May 30, 2020)

### Abstract

Mining activities constitute one of the most important economic activities in their area and their countries. Therefore, mines have a great contribution to the economies of the countries. Besides these advantages, they have disadvantages. There are many disadvantages such as soil, water, air and noise pollution, waste problem and decrease in biodiversity, damage to fauna, degradation of land and increased health problems. For this, besides the contributions of mining to the country's economy, damages should also be considered. Therefore, the aim of this study was to determine the effect of mining activities in Orhaneli and Büyükorhan on the levels of heavy metals (arsenic (As), cadmium (Cd), cobalt (Co), iron (Fe) and nickel (Ni)) in the soil. For this purpose, the study area was divided into 8 km<sup>2</sup> grids and 19 soil samples were taken from these grids by systematic random method. As a result of the analysis of soil samples, a database was created in which coordinate values and heavy metal ratios in these coordinates were processed. The distribution of each heavy metal in the study area was analyzed by ordinary kriging methods. The risk assessment of heavy metals was determined by using the Indicator kriging methods. In addition, distance analysis was used to determine the relationship between heavy metals and mines. Pearson 'Bivariate' correlation analysis found how heavy metal values determined in the research area changed as they approached or moved away from mines. As a result, higher levels were detected in almost all heavy metals in the northern parts of the study area. In addition, the levels below the limit values specified for the Fe element were determined, while the levels above the limit values were determined for As, Cd, Co and Ni. As a result of the relationship between heavy metals and mines, significant relationships were determined.

**Keywords:** Heavy metals, Büyükorhan, geographical information systems, mining activities, Orhaneli, soil pollution.

### Öz

Madenler ve madencilik faaliyetleri buldukları alandaki ve ülkelerindeki en önemli ekonomik faaliyetlerden birini teşkil etmektedir. Bu nedenle de madenlerin buldukları alanlara ve ülkelerinin ekonomilerine büyük katkıları vardır. Ancak bu avantajlarının yanı sıra dezavantajları bulunmaktadır. Toprak, su, hava ve gürültü kirliliği, atık problemi, bitki örtüsünün tahrip edilmesi ve biyoçeşitliliğin azalması, faunaya zarar verilmesi ve faunanın göçü, arazinin bozulması ve sağlık problemlerinin artması

<sup>1</sup> Bu çalışma; Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından desteklenen ve tamamlanmış bir yüksek lisans tezi projesinin (2018-01.BŞEÜ.04-08) sonuçlarına dayanmaktadır.

<sup>2</sup> Sorumlu Yazar/ Corresponding author

gibi çok sayıda dezavantajı oluşturmaktadır. Madencilik ülke ekonomisine olan katkılarının yanı sıra zararları da düşünülmelidir. Bu nedenle bu çalışmada Orhaneli ve Büyükorhan'da yapılan madencilik faaliyetlerinin topraktaki ağır metal arsenik (As), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), demir (Fe) ve nikel (Ni) düzeylerine olan etkisini belirlemek amaçlanmaktadır. Bu amaçla çalışma alanı 8 km<sup>2</sup> büyüklükteki gridlere bölünmüş ve bu gridler içerisinde sistematik rastgele yöntemle 19 adet toprak numunesi alınmıştır. Toprak numunelerinin analizi sonucunda koordinat değerleri ve bu koordinatlardaki ağır metal oranlarının incelendiği veri tabanı oluşturulmuştur. Araştırma alanındaki her bir ağır metalin mekansal dağılışı jeostatistiksel yöntemlerden ordinarykriging yöntemi ile analiz edilmiştir. Ağır metallerin risk değerlendirmesi de Lindsay tarafından topraktaki ağır metaller için kritik bulunması gereken değerlere bağlı olarak Indicatorkriging yöntemi ile belirlenmiştir. Ayrıca ağır metaller ile maden ocakları arasındaki ilişkiyi tespit etmek için de mesafe analizinden yararlanılmıştır. Ağır metal oranlarının olduğu harita üzerine rastgele 100 nokta atanmış ve her bir noktanın ağır metal oranları ile maden ocaklarına olan mesafe değerlendirilmiştir. Araştırma alanında belirlenen ağır metal değerlerinin maden ocaklarına yaklaştıkça ya da uzaklaştıkça nasıl değiştiği Pearson 'Bivariate' Korelasyon analizi ile tespit edilmiştir. Sonuç olarak çalışma alanının kuzey kesimlerinde neredeyse tüm ağır metallerde daha yüksek seviyeler belirlenmiştir. Ayrıca yapılan incelemede, yalnızca demir elementi için belirtilen sınır değerlerin altında seviyeler tespit edilirken arsenik, kadmiyum, kobalt ve nikel için sınır değerlerin üstünde seviyeler tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında araştırılan ağır metaller ile maden ocakları arasındaki ilişki sonucunda anlamlı ilişki tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metaller, Büyükorhan, coğrafi bilgi sistemleri, madencilik faaliyetleri, Orhaneli, toprak kirliliği.

## 1. Giriş

İnsan ve çevresi sürekli olarak etkileşim halindedir. İlk insanın ortaya çıkışından günümüze kadar geçen süreç değerlendirildiğinde bu etkileşimin günümüze yaklaştıkça artış gösterdiği görülmektedir. Çevre üzerinde çeşitli faaliyetlerde bulunan insanoğlu, özellikle çevresel kaynakların bileşiminin değişmesine neden olmakta ve olmaya da devam etmektedir. Hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişmelerle birlikte çevresel kaynaklardan yararlanma hızı da artış göstermektedir. Bu artışa paralel olarak da hammadde ihtiyacı büyük boyutlara ulaşmaktadır. Dünyada artan sanayileşme ve buna paralel olarak artan hammadde ihtiyacı doğadaki madenlerin çıkarılmasına eşlik etmektedir.

Madencilik faaliyetleri ciddi çevresel sorunlara neden olarak fiziksel çevre (toprak, su, hava) unsurlarının kalitesini etkilemektedir. Toprak, su, gürültü ve hava kirliliği, toprağın doğal yapısının değiştirilmesi, verimli üst toprağın yol olması, hayvan ve bitki örtüsünün yok edilmesi, hayvan türlerinin kitlesel göçü madencilik olumsuz etkileri arasında yer almaktadır (Oladipovd., 2014). Madencilik faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan atık ürünleri, özellikle de toprak kirliliğine sebebiyet vermektedir (Weissenstein ve Sinkala, 2011). Çünkü madencilik faaliyetleri, kontrolsüz bir şekilde salınan, ekosistemin yaygın şekilde kirlenmesine neden olan büyük miktarlarda ağır metal yüklü atıkların oluşumuna neden olmaktadır (Fashola vd., 2016). Madencilik ve atık bertarafı, topraklarda alüminyum (Al),arsenik (As), bakır (Cu), çinko (Zn), krom (Cr), kurşun (Pb) venikel (Ni) gibi ağır metal seviyelerine katkıda bulunan antropojenik faaliyetlerden ikisini teşkil etmektedir (Ngole ve Ekosse, 2012).

Elbette ki madencilik faaliyetlerinin buldukları ülkelerin ekonomisine olan katkıları yadsınamaz (Ndinwa ve Ohwona 2014). Ancak madencilik faaliyetlerinin buldukları ortam üzerindeki olumsuz etkileri de göz ardı edilemez. Bu nedenle, madencilikten elde edilecek ekonomik gelişme, doğuracağı çevre sorunlarıyla bir bütün olarak değerlendirilmelidir (Paktunç, 2001). Madencilik faaliyetlerinin çevre üzerindeki zararlı etkileri birçok araştırmacı tarafından defalarca vurgulanmaktadır (Ghazaryan vd., 2016).Literatürde madencilik faaliyetlerinin çevreye olan etkilerini inceleme konusunda da birçok çalışma mevcuttur (Çelik vd., 2003; Pusa, 2008; Mutlutürk ve Altındağ, 2010; Tarhan, 2010; Angelovičová ve Fazekašová, 2014;Li vd., 2014; Oladipo vd., 2014; Barkouch ve Pineau, 2016; Ghazaryan vd., 2016; Huang vd., 2017; Cheng vd., 2018 ).

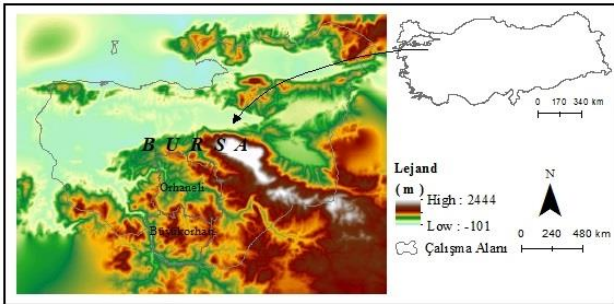
Doğal ya da insan etkinlikleri sonucunda toprağa karışan elementler toprağın doğal özelliklerini değiştirerek toprağın kalitesini düşürmektedir. Ağır metallerle kirlenmiş topraklar tarımsal üretim için uygun değildir çünkü üzerinde sağlıklı gıda üretilemez (Angelovičová, ve Fazekašová, 2014). Kısacası ağır metallerle kirlenmiş toprağın hem kalitesi düşmekte hem de çevrenin canlı ve cansız tüm elemanları bu değişimden olumsuz yönde etkilenmektedir. Nitekim toprak kalitesini olumsuz etkileyen ve insan sağlığı için tehdit oluşturan ve çevre kirliliğine neden olan ağır metallerin izlenmesi büyük önem taşımaktadır (Barkouch ve Pineau, 2016).Ağır metal kirliliğinin derecesini, ölçüğünü ve kaynaklarını anlamak çevre yönetimi açısından önemlidir. İnsan sağlığı için riskleri azaltmak, gıda güvenliğini sağlamak ve kirlenmiş toprakları yönetmek de önemlidir (Barkouch ve Pineau, 2016).Toprakta biriken çeşitli

ağır metallerin fiziki çevre ve canlılar üzerindeki etkileri değerlendirilirken öncelikle konsantrasyon seviyeleri ve mekansal dağılımının belirlenmesi gerekmektedir. Kirleticilerin mekansal dağılımı belirlenirken Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisi ve CBS tabanlı istatistiksel yöntemler önem taşımaktadır (Rodriquez Salazar vd., 2011). Araştırma alanı olan Orhaneli ve Büyükorhan çevresinde çeşitli (krom, linyit, mermer gibi) madencilik faaliyetleri yapılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada Orhaneli ve Büyükorhan (Bursa) çevresinde yürütülen madencilik faaliyetlerinin topraktaki ağır metaller üzerine olan etkilerini tespit etmek amaçlanmaktadır.

## 2. Malzeme ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı

Bursa'nın güneyinde yer alan ve Bursa'nın ilçelerinden olan Orhaneli ve Büyükorhan ilçeleri çalışma alanını oluşturmaktadır (Şekil 1). Orhaneli'nin denizden yüksekliği yaklaşık 487 m iken Büyükorhan'ın denizden yüksekliği 830-840 m civarındadır. Büyükorhan engebeli ve dağlık bir yapıya sahiptir (Şekil 1). Yörede, Marmara Bölgesi'nin iklim özellikleri hüküm sürmektedir. Yörede ortalama olarak, yazın en yüksek sıcaklık 20 - 25°C, kışın en düşük sıcaklık 4- 6 °C'dir. Uludağ'ın eteklerinde kurulu olan Orhaneli ve Büyükorhan'ın toplam nüfusu 29.534'tür (TÜİK, 2018). Orhaneli'nin toplam nüfusu 19.492 kişiden oluşurken Büyükorhan'ın toplam nüfusu 10.042 (TÜİK, 2018) kişidir.

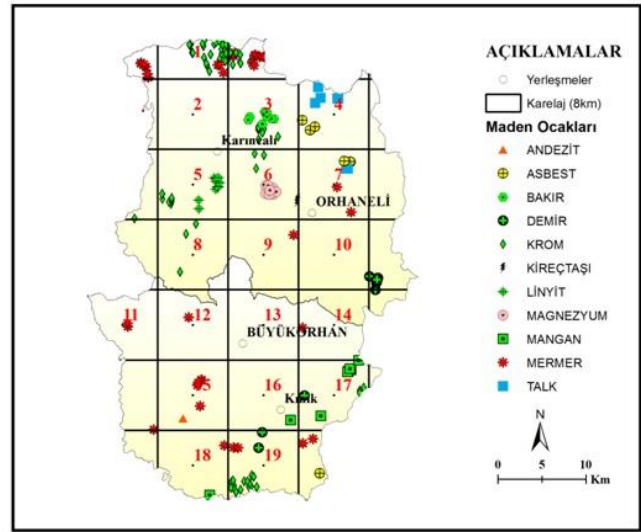


Şekil 1- Çalışma alanının lokasyon haritası  
Figure 1- Location map of the study area

Çalışma alanında tarım, hayvancılık, madencilik, ormancılık öne çıkan ekonomik faaliyetleri oluşturmaktadır. Orhaneli'nin en önemli yer altı zenginlik kaynaklarını krom madeni ve linyit kömürü oluşturmaktadır. Büyükorhan da ise krom, linyit, manyezit, asbest, mermer, feldspat ve demir gibi maden yatakları bulunmaktadır.

### 2.2. Veri

Orhaneli ve Büyükorhan Orman İşletme Şefliklerinden ve Bursa Büyükşehir Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü'nden maden ocaklarının konumlarını içeren harita temin edilmektedir. Maden ocakları haritası aktif ve pasif tüm ocak verisini içermektedir. Çalışma alanından veri toplanması amacı ile çalışma alanı karelej sistemi ile gridlere bölünmüştür (Şekil 2). Karelej sistemine bağlı olarak çalışma alanı kuzey-güney ve doğu-batı doğrultularında 8 km büyüklüğündeki karelere ayrılmıştır.



Şekil 2- Çalışma alanının gridlere bölünüşü.

Figure 2- The division of the study area into grids.

Bu gridlerin içerisinde kalmak koşulu ile rastgele yöntemle 0-25cm'lik derinlikten toplam 19 noktadan toprak numuneleri toplanmıştır (Tablo 1).

Örnekler, V şeklinde çukurlar açılarak noktayı temsil eden dört beş yerden zikzaklar çizilerek plastik bir kürek yardımı ile alınmıştır. Her örnekleme noktasından alınan toprak numuneleri plastik poşetlere konulmuş ve üzerlerine konumları yazılarak saklanmıştır. Toprak örnekleri, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi'ndeki laboratuvar ortamında 10-15 gün boyunca geniş süzgeç kağıtları içinde ve üstü aynı kağıtlarla kapatılarak kurutulmuştur. Kurutulan toprak numuneleri 2 mm elek yardımı ile elenmiştir. Numunelerin çözündürme işlemi, 0,5 g kuru toz halindeki toprak örneğinin aqua regia solüsyonunda 95 °C'de basınçlı teflon krosözlerde yapılmaktadır. Toplama en yakın sıcak asit çözündürme yöntemi olan bu yöntem toprak analizlerinde kullanılmaktadır (Özkul, 2019). Toprak element analizleri Bülent Ecevit Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve

Araştırma Merkezi'ndeki ICP-MS cihazı ile yapılmıştır. ICP – MS cihazı sıvı ve katı örneklerde son derece hassas ve hızlı ölçüm yapılmasını sağlayan bir analiz tekniğini oluşturmaktadır. Analiz edilecek elementler ICP de iyonlaştırıldıktan hemen sonra kütle spektroskopisine yollanırlar ve burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ölçülürler (Algül, 2012). Bu yöntem direkt olarak çözeltide iz element derişimlerinin ortaya konmasında uygundur (Algül, 2012). Sonuç olarak koordinat değerleri ve bu koordinatlardaki ağır metal oranlarının işlendiği veri tabanı elde edilmiştir.

Tablo 1- Örnek Alınan Noktalar ve Koordinatları.  
*Table 1- Sample Points and Coordinates.*

Örnek No	Koordinatlar	
1	656237.33 E	4438410.12 N
2	656938.60 E	4429511.11 N
3	661887.62 E	4431189.92 N
4	673032.56 E	4430258.20 N
5	656661.43 E	4422502.06 N
6	664583.71 E	4422465.39 N
7	672202.96 E	4422122.84 N
8	656215.30 E	4414432.89 N
9	663491.29 E	4415393.89 N
10	672073.43 E	4414273.74 N
11	648162.59 E	4406000.22 N
12	656700.80 E	4405622.26 N
13	664066.86 E	4406637.03 N
14	672266.75 E	4406187.70 N
15	656325.40 E	4398184.04 N
16	664264.09 E	4397953.61 N
17	672153.63 E	4398561.31 N
18	656231.42 E	4390281.60 N
19	664237.51 E	4390290.85 N

### 2.3. Yöntem

Araziden alınan toprak numunelerinin laboratuvar analiz sonuçlarına bağlı olarak ağır metal oranları ile örneklem noktalarından teşkil olan bir veri seti oluşturulmaktadır. Her bir elementin çalışma alanındaki dağılımını belirlemek için ArcGIS Geostatistical Analyst modülünde yer alan araçlar kullanılmakta ve dağılım haritalarının oluşturulmasında krikinterpolasyon yöntemi tercih edilmektedir. Bu enterpolasyon yöntemi ilk olarak maden mühendisi D.G. Krige tarafından 1950'li yıllarda cevher rezervi alanlarının daha doğru tahmini için geliştirilmiştir (Kalkhan, 2011'den aktaran Aydın ve Çiçek, 2013). Bu yöntemde ağırlıklar yarivariogram ve verinin mekansal konumu ile ilişkilidir. Hesaplama, gerçek değerler ile

tahmin değerleri arasındaki ortalama farkın sifira eşit ve tahmin hata varyansı en düşük olacak şekilde yapılmaktadır (Aydın ve Çiçek, 2013). Birden çok kriking teknikleri olup, bu çalışmada ordinary ve indicator kriking yöntemleri kullanılmaktadır. Ordinary kriking yönteminde ortalamanın sabit ve bölgesel değişkenlerin durağan olduğu varsayımına göre analiz yapılmaktadır (İnal ve Yiğit, 2013). Bu yöntemde tahmin ağırlıkları yarivariogram modellerine dayanmaktadır. Kriking yönteminde (Ölgen vd., 2009) ve Ordinary kriking'de kullanılan temel eşitlik çeşitli çalışmalarda gösterilmektedir (Aydın ve Çiçek, 2013; İnal ve Yiğit, 2013). Ayrıca çalışmada mekansal tahmin ve risk değerlendirilmesi yapılırken "Indicator kriking" yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemin metodolojisi, mekansal dağılım hakkında bilgi sağlamakta, belirli değerlerdeki sınıfların eşik değerleri aşma durumu ile olasılıklar belirlenmektedir (Zhang ve Yao, 2008). Risk değerlendirilmesinde ise Lindsay (1979) tarafından belirlenen limit değerlerle (Tablo 2) kıyaslama yapılmaktadır. Eğer çalışma alanında ölçülen değerler sınır değerleri geçmiyorsa risk haritası oluşturulamamaktadır. Eğer kritik değer geçiliyorsa risk haritası oluşturulmaktadır. Aynı zamanda Indicator kriking haritası oluşturulurken risk düzeyi 4 sınıfa bölünmektedir. Harita üzerinde mavi renk riskin olduğunu ancak düzeyinin düşük olduğunu gösterirken, yeşil renk orta riski, krem renk riskli, kırmızı renk ise yüksek riskli alanları göstermektedir. Burada renk tonlamaları risk değerinin ne kadar üzerinde olduğunu göstermektedir.

Tablo 2- Toprakta ağır metaller için Lindsay'a (1979) göre belirlenen kritik değerler (ppm)

Table 2- Critical values determined by Lindsay (1979) for heavy metals in soil (ppm)

Element	Kritik Değer
As	5
Cd	0,06
Co	8
Ni	40
Fe	38.000

Ayrıca çalışmada analiz edilen tüm elementler Dünya Sağlık Örgütü (WHO)/Dünya Tarım Örgütü (FAO) tarafından verilen sınır değerlerle de karşılaştırılmaktadır. WHO/FAO tarafından As için 20 ppm, Cd için 3 ppm, Co için 50 ppm, Ni için 50 ppm ve Fe için 50000 ppm limit değeri belirlenmektedir (Özkul, 2008; Akyıldız ve Karataş, 2018). Bunun yanında Cd ve Ni değerleri Belçika,

Hollanda, Almanya, İrlanda, İsveç, İngiltere ve İspanya tarafından belirlenen değerler ile de kıyaslanmaktadır. Cd için belirlenen değer Belçika, Almanya, İrlanda ve İngiltere için 1,5 ppm; İsveç ve Hollanda için 1 ppm; İspanya için ise 2 ppm'dir (Öztürk ve Bildik, 2005; Öztürk, 2017; Özkan vd., 2019). Ni için belirlenen değer Belçika ve Hollanda için 20 ppm; Almanya, İrlanda, İsveç ve İngiltere için 50 ppm; İspanya için 60 ppm'dir (Öztürk ve Bildik, 2005; Öztürk, 2017; Özkan vd., 2019).

Ağır metallerin maden ocakları ile ilişkisini tespit etmek için mesafe analizinden yararlanılmaktadır. Ağır metal oranlarının olduğu harita üzerine rastgele 100 nokta atanmakta ve her bir noktanın ağır metal oranları ile maden ocaklarına olan mesafe değerlendirilmektedir. Topraktaki ağır metallerin, maden ocaklarına yaklaştıkça ya da uzaklaştıkça nasıl etkilendiğini ortaya koymak için ise Pearson Bivariate Korelasyon analizinden yararlanılmaktadır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Toprak örneklerinin arsenik içerikleri 3,4 ppm ile 12,6 ppm, kadmiyum içerikleri 0,01 ppm ile 0,19 ppm, kobalt içerikleri 1,2 ppm ile 12,3 ppm, nikel içerikleri 14,1 ile 262,6 ppm, demir içerikleri 1248 ppm ile 5598 ppm arasında değişim göstermektedir. Tablo 3'de toprak numunelerindeki metaller arasındaki ilişki gösterilmektedir. Bu korelasyon, ağır metallerin kaynaklarını yorumlamak açısından önemlidir. Topraktaki ağır metaller arasında görülen

güçlü pozitif korelasyon ağır metallerin benzer kirlilik kaynaklarına sahip olduğunu göstermektedir (Dökmeci vd., 2017). As ile Ni, As ile Fe, Cd ile Co, Co ile Ni, Co ile Fe ve Ni ile Fe arasında %99 güven düzeyinde; As ile Co, Cd ile Ni, Cd ile Fe arasında %90 güven düzeyinde anlamlı ilişki tespit edilmektedir. Bu korelasyon analizi sonucunda yalnızca As ile Cd arasında anlamlı bir ilişki belirlenmemektedir.

Arsenik metalinin çalışma alanındaki mekansal dağılımı şekil 3'de gösterilmektedir. Arsenik düzeylerinin araştırma alanındaki en yüksek konsantrasyonları Orhaneli'nin hemen güneyine ve Büyükorhan'ın kuzeybatı ucunda sarı renk ile gösterilen kesime (Şekil 3) denk gelmektedir. Bu alanlarda mermer ocaklarının olduğu görülmektedir.

Tablo 4'de toprak numunelerindeki metal düzeyleriyle maden ocakları arasındaki ilişki gösterilmektedir. Bu korelasyon toprak numunelerindeki metal düzeylerinin maden ocaklarına yaklaştıkça ya da uzaklaştıkça nasıl bir değişim gösterdiğini belirlemek açısından önemlidir. Arsenik konsantrasyonu ile maden ocakları arasındaki korelasyon (Tablo 4) incelendiğinde % 0,1 anlamlılık düzeyinde arsenik konsantrasyonu ile mangan ve demir madenine mesafe arasında pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edilmektedir. Bu da çalışma alanı topraklarındaki arsenik konsantrasyon değerlerinin mangan ve demir madeni ocağına yaklaştıkça arttığını, uzaklaştıkça azaldığını göstermektedir.

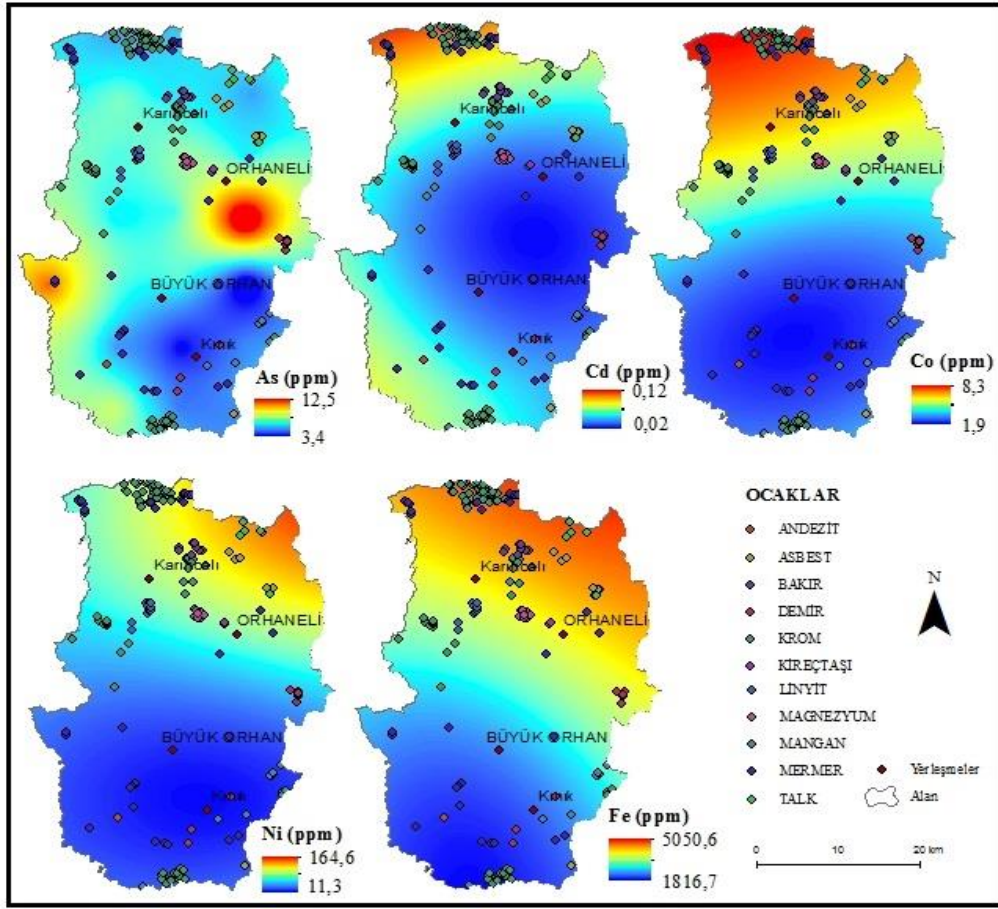
Tablo 3- Metallerin Konsantrasyonları Arasında Korelasyon Analizi  
Table 3- Correlation Analysis Between Metal Concentrations

	As	Cd	Co	Ni	Fe	
As	Pearson Correlation	1	,184	,256*	,369**	,397**
	Sig. (2-tailed)		,067	,010	,000	,000
	N	100	100	100	100	100
Cd	Pearson Correlation	,184	1	,261**	,235*	,202*
	Sig. (2-tailed)	,067		,009	,018	,044
	N	100	100	100	100	100
Co	Pearson Correlation	,256*	,261**	1	,822**	,799**
	Sig. (2-tailed)	,010	,009		,000	,000
	N	100	100	100	100	100
Ni	Pearson Correlation	,369**	,235*	,822**	1	,771**
	Sig. (2-tailed)	,000	,018	,000		,000
	N	100	100	100	100	100
Fe	Pearson Correlation	,397**	,202*	,799**	,771**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,044	,000	,000	
	N	100	100	100	100	100

\* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (2 tailed).

\*\*Korelasyon 0.001 düzeyinde anlamlıdır (2 tailed).





Şekil 3- Çalışma Alanında As, Cd, Co, Ni ve Fe'in Mekansal Dağılımı  
Figure 3- Spatial Distribution of As, Cd, Co, Ni and Fe in the Study Area

Tablo 4- Ağır Metallerin Maden Ocaklarına olan Mesafe Analizini Gösteren Korelasyon Tablosu  
Table 4- Correlation table showing the distance analysis of heavy metals to mines

Ağır Metaller	Korelasyon	Tüm Madenlere (M) Mesafe (Msf)	Krom M. Msf.	Mermer M. Msf.	Bakır M. Msf.	Mangan M. Msf.	Linyit M. Msf.	Demir M. Msf.
As	PearsonCorrelation	,106	,062	,131	,104	,563**	-,685**	,469**
	Sig. (2-tailed)	,296	,540	,193	,303	,000	,000	,000
	N	100	100	100	100	100	100	100
Cd	PearsonCorrelation	-,402**	-,159	-,246*	,107	,297**	,091	,248*
	Sig. (2-tailed)	,000	,114	,013	,289	,003	,366	,013
	N	100	100	100	100	100	100	100
Co	PearsonCorrelation	-,004	-,329**	,236*	-,115	,758**	-,461**	,706**
	Sig. (2-tailed)	,970	,001	,018	,253	,000	,000	,000
	N	100	100	100	100	100	100	100
Fe	PearsonCorrelation	-,096	-,194	,215*	-,052	,717**	-,534**	,572**
	Sig. (2-tailed)	,343	,053	,032	,608	,000	,000	,000
	N	100	100	100	100	100	100	100
Ni	PearsonCorrelation	-,036	-,385**	,471**	-,092	,842**	-,659**	,744**
	Sig. (2-tailed)	,720	,000	,000	,362	,000	,000	,000
	N	100	100	100	100	100	100	100

\* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (2 tailed). \*\*Korelasyon 0.001 düzeyinde anlamlıdır (2 tailed).

Tablo 4’te toprak numunelerindeki metal düzeyleri ile maden ocakları arasındaki ilişki gösterilmektedir. Bu korelasyon toprak numunelerindeki metal düzeylerinin maden ocaklarına yaklaştıkça ya da uzaklaştıkça nasıl bir değişim gösterdiğini belirlemek açısından önemlidir. Arsenik konsantrasyonu ile maden ocakları arasındaki korelasyon (Tablo 4) incelendiğinde % 0,1 anlamlılık düzeyinde arsenik konsantrasyonu ile mangan ve demir madenine mesafe arasında pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edilmektedir. Bu da çalışma alanı topraklarındaki arsenik konsantrasyon değerlerinin mangan ve demir madeni ocağına yaklaştıkça arttığını, uzaklaştıkça azaldığını göstermektedir.

Arsenik konsantrasyonlarının artışı üzerinde madencilik faaliyetleri ve tarım ilaçlarının kullanımı en önemli iki faktörü oluşturmaktadır (Mandal ve Suziki, 2012). Kısaca madencilik faaliyetleri yapıldıkları alanlarda arsenik konsantrasyon değerlerinin artışına neden olur diyebilmekteyiz. Nitekim Cheng vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada da Dongchuan bakır madenciliği alanındaki tarımsal topraklarda ağır metal konsantrasyonları belirlemeye çalışılmakta ve As’nin madencilik faaliyetlerinden, eriticilerden gelen havadaki partiküllerden, atıkların ayrışmasından ve kısmen de tarımsal gübrelerden kaynaklandığı tespit edilmektedir. Fas’ta faaliyet gösteren DraaLasfar madeni çevresinde yapılan çalışmada da maden faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkisi değerlendirmek amaçlanmaktadır. Çalışma DraaLasfar maden alanında dört ağır metalin (As, Se, Pb ve Zn) dağılımı belirlenmekte ve maden çevresindeki iki kırsal alanın (Ouled Bouaicha ve Tazakourte) ağır metallerle kirlendiği tespit edilmektedir (Barkouch ve Pineau, 2016).

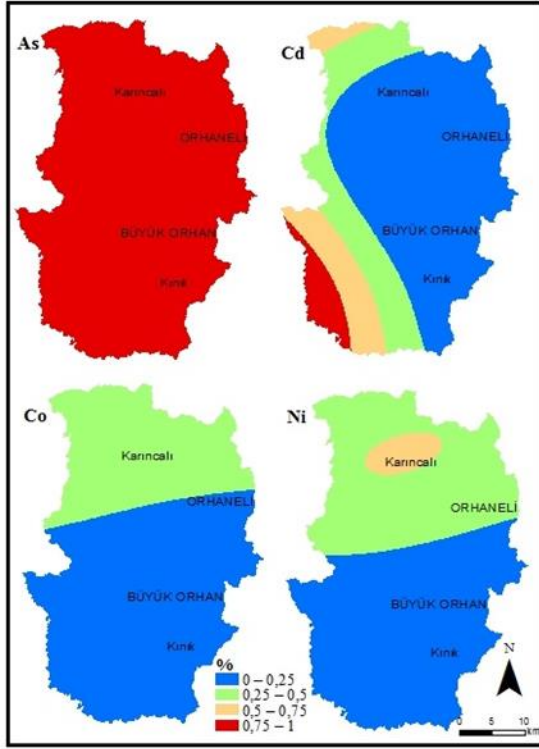
Arsenik konsantrasyon düzeyleri Lindsay (1979)’a göre toprakta kritik bulunması gereken element değeri olan 5ppm (Tablo 2) değeri ile karşılaştırılmaktadır (Şekil 4). Çalışma alanı topraklarında ölçülen en yüksek arsenik değeri 12,6 ppm’dir. 5 ppm değeri ile kıyaslandığında çalışma alanı arsenik elementi için riskli alanlar içerisinde (Şekil 4). Çalışma alanında ki arsenik düzeylerinin Lindsay tarafından belirlenen kritik seviyenin çok üstünde olduğu ve dolayısı ile ölçüm sonuçlarına göre çalışma alanının yüksek riskli alanlara girdiği tespit edilmektedir. WHO ve FAO verilerine göre arsenik için belirlenen değer 20 ppm’dir. 20 ppm değeri ile kıyaslandığında toplam As oranının 3,4 ppm ile 12,6 ppm arasında bulunması arsenik kaynaklı kirliliğin

olmadığını göstermektedir. Şimşek vd., (2012) tarafından Balya (Balıkesir) kurşun ve çinko maden sahasında yapılan çalışmada maden atıklarının radyoaktif element derişimleri açısından normal değerler içerisinde olduğu, ancak çevre ve su kalitesine zarar verecek oranda arsenik, bakır ve kurşun içerdiği tespit edilmektedir. Song vd., (2018) tarafından Kuzeybatı Çin’deki Urad Houqi Bölgesindeki madencilik alanında yapılan çalışmada arsenik ve kadmiyumun en fazla endişe verici unsurlar olduğu belirlenmektedir. Çalışmada özellikle, madencilik alanında, ülkenin standart değerleriyle karşılaştırıldığında arsenik, çinko ve kadmiyumun en ciddi kirlenme tehdidi oluşturduğu gözlenmektedir.

Kadmiyum elementi yaşam için gerekli değildir fakat doğaya yayılım hızı oldukça yüksektir (Kahvecioğlu vd., 2001). Çünkü birçok sektörde (rafineri petrol türevleri, deterjan, alkali pil kaplaması, gübre, bitkisel ilaçlama gibi) yaygınlıkla kullanılmaktadır. Ayrıca sigara dumanı, çay ve kahve yakımı gibi faaliyetlerle de doğaya kolayca karışan bir metaldir (Dağhan, 2011). Doğaya yılda 25.000-30.000 ton civarında yayılmakta ve bu oranın yaklaşık üç-dört bin tonu insan faaliyetlerinden vuku bulmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2001). Kadmiyum metali çalışma alanının kuzeyinde bulunan krom ve mermer ocaklarının yoğun olarak bulunduğu sahada ve çalışma alanının en güneybatı ucunda yüksek oranda tespit edilmektedir (Şekil 3). Kadmiyum konsantrasyonu ile maden ocakları arasındaki korelasyon (Tablo 4) incelendiğinde % 0,1 anlamlılık düzeyinde kadmiyum konsantrasyonu ile mangan madenine mesafe ve % 5 anlamlılık düzeyinde demir madenine mesafe arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Ghazaryan vd., (2016) çalışmalarında Agarak bakır-molibden madeni çevresindeki toprakların ağır metal kirliliğini değerlendirmekte ve Cd’nin Agarak bakır-molibden madeni aktivitesi ile ilişkili olduğu belirtilmektedir. Cheng vd., (2018) çalışmalarında yüksek Cd’nin ana kaynağı olarak tarımsal gübreler, kısmen madencilik ve eritme faaliyetleriyle ilgili olduğunu belirlemektedirler.

Toprak örneklerinin kadmiyum içeriklerinin 0,01 ppm ile 0,19 ppm arasında değiştiğini görmekteyiz. Ortalamaları ise 0,05 ppm’dir. WHO ve FAO verilerine göre Cd için belirlenen değer 3 ppm; Belçika, Almanya, İrlanda ve İngiltere için 1,5 ppm; Hollanda için 1 ppm; İspanya için ise 2 ppm’dir. Bu farklı ülkeler ve kuruluşlar tarafından belirlenen limit değerleriyle kıyaslandığında Cd kaynaklı kirliliğin

olmadığı söylenebilmektedir. Lindsay tarafından kadmiyum için belirlenen limit değer 0,06 ppm'dir. Çalışma alanı topraklarında ölçülen en yüksek kadmiyum değeri 0,19ppm'dir. Kadmiyum açısından çalışma alanının en riskli alanını en güneybatı ucu oluşturmaktadır (Şekil 4). Risk seviyesi batıdan doğuya doğru gittikçe azalış göstermektedir.



Şekil 4- Çalışma alanında As, Cd, Co ve Ni Risk aaritasi (%)

Figure 4- As, Cd, Co and Ni risk map in the study area (%)

Doğada saf halde bulunması nadir olan kobalt metalinin dağılışı Şekil 3 ile gösterilmektedir. Kobalt metalinin diğer ağır metallerde olduğu gibi çalışma alanının kuzeyindeki mermer sahaları çevresinde daha yüksek düzeylerde olduğu tespit edilmektedir. En düşük değerler ise çalışma alanının güneyindeki Büyükorhan ve çevresindedir (Şekil 3). Nadir toprak elementlerinden olan kobalt genellikle ham cevher içerisinde bakır, nikel, mangan ve arsenik gibi metallerle birlikte bulunduğundan (Vapur vd.,2007) diğer metallerle aynı alanda yoğun konsantrasyon düzeylerine rastlanması muhtemeldir. Bu bulgu çalışma alanındaki maden ocaklarına mesafe analizi ile de paralellik göstermektedir. Nitekim kobalt konsantrasyonu ile maden ocakları arasındaki korelasyon (Tablo 4) incelendiğinde, % 0,1 anlamlılık düzeyinde kobalt konsantrasyonu ile mangan ve

demir madenine mesafe ile % 5 anlamlılık düzeyinde mermer madenine mesafe arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu da çalışma alanı topraklarındaki kobalt konsantrasyon değerlerinin mangan, demir ve mermer maden ocağına yaklaştıkça arttığını, uzaklaştıkça azaldığını göstermektedir.

Toprak örneklerinin kobalt içerikleri 1,2 ppm ile 12,3 ppm arasında değişmektedir. Ortalamaları ise 4,1 ppm'dir. WHO ve FAO verilerine göre Co için belirlenen limit değer 50 ppm'dir. 50 ppm değeri ile kıyaslandığında toplam Co oranının 1,2 ppm ile 12,3 ppm arasında bulunması arsenik kaynaklı kirliliğin olmadığını göstermektedir. Toprakta Lindsay tarafından kobalt için belirlenen sınır değer 8 ppm'dir. 8 ppm kritik değeri ile kıyaslandığında (Şekil 4) Orhaneli'nin büyük bir bölümü orta riskli alanları oluştururken Büyükorhan ve çevresi de düşük riskli alanlar kapsamında yer almaktadır. Çalışma alanında 8 ppm değerine göre risksiz alan bulunmamaktadır.

Nikel metalinin mekansal dağılışı incelediğinde çalışma alanının kuzeydoğu ucunda daha yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir (Şekil 3). Bu durumun ortaya çıkmasındaki nedenlerden bir tanesi de bölgede bulunan maden ocaklarının metal artışlarına neden olmasıdır. Nitekim diğer metallerde olduğu gibi nikel konsantrasyonu ile maden ocakları arasındaki korelasyona (Tablo 4) bakıldığında %0,1 anlamlılık düzeyinde nikel konsantrasyonu ile mermer, mangan ve demir madenine mesafe arasında pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmaktadır. Yani araştırma alanında nikel konsantrasyon düzeylerinin artması ile mermer, mangan ve demir madenleri arasında ilişki vardır ve bu değişkenler birbirini etkilemektedir.

Toprak örneklerinin nikel içerikleri 14,1 ppm ile 262,6 ppm arasında değişmektedir. Ortalamaları ise 50,9 ppm'dir. WHO ve FAO verilerine göre Ni için belirlenen değer 50 ppm; Belçika ve Hollanda için 20 ppm; Almanya, İrlanda, İsveç ve İngiltere için 50 ppm; İspanya için ise 60 ppm'dir. Bu farklı ülkeler ve kuruluşlar tarafından belirlenen limit değerlerle kıyaslandığında İspanya tarafından belirlenen sınır değeri dışındaki tüm limit değerlerin aşıldığı belirlenmektedir. Şekil 4 incelendiğinde nikel düzeyleri açısından en riskli alanları çalışma alanının kuzeyindeki alanlar oluşturmaktadır. Risk seviyesi kuzeyden güneye doğru kademeli olarak azalış göstermektedir. Lindsay tarafından nikel için belirlenen limit değer 40 ppm'dir. Çalışma alanı topraklarında ölçülen en yüksek nikel değeri 262,6 ppm'dir. Risk seviyesi en yüksek Karıncalı ve



çevresinde krom ve mermer ocaklarının yoğun olduğu sahaya karşılık gelmektedir (Şekil 4). Bu element toprağa, madencilik faaliyetlerinden, çeşitli alanlarda kullanılan demir-çelik maddelerin aşınması ve drenaj sularından karışmaktadır (Zengin, 2008). Huang vd., (2017) çalışmalarında Çin'in Hunan eyaletindeki tipik terk edilmiş bir Pb-Zn madencilik alanında ağır metal kirliliğini (Cd, Pb, Zn, Cu ve Ni) tespit etmeyi amaçlamakta ve sonuç olarak ağır metallerce en çok kirlenen alanların maden civarında ortaya çıktığı belirlenmektedir. Çalışma alanı topraklarındaki ağır metallerin ciddi bir potansiyel ekolojik risk oluşturduğu tespit edilmektedir. Başka bir çalışmada ise maden sahasındaki topraklardaki bakır, nikel ve çinko konsantrasyonları ölçülmektedir. Sonuç olarak madencilik alanının, bakır, nikel ve çinko ile yoğun şekilde kirlendiği belirlenmektedir (Ngole ve Ekosse, 2012). Başka bir çalışmada da yine Güneybatı Nijerya'daki üç maden sahası (Awo, Itagunmodi ve Ijero-Ekiti) topraklarındaki ağır metal konsantrasyonlarının yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmektedir (Oladipo vd., 2014).

Demir konsantrasyon düzeylerinin çalışma alanındaki mekansal dağılımı incelendiğinde en yüksek seviyeler daha çok araştırma alanının kuzey kesimlerinde tespit edilirken Büyükorhan da ise daha düşük seviyeler olduğu belirlenmektedir (Şekil 3). Çalışma alanında demir madeni Orhaneli'nin en güneydoğusunda ve Kınık çevresinde yer almaktadır. Orhaneli'nin güneydoğu ucunda 6 adet Kınık da ise 3 adet demir madeni bulunmaktadır. Demir konsantrasyonu ile maden ocakları arasındaki korelasyon (Tablo 4) incelendiğinde %5 anlamlılık düzeyinde demir konsantrasyonu ile mermer ocağı, %0,1 anlamlılık düzeyinde demir konsantrasyonu ile mangan ve demir madenine mesafe arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu da çalışma alanı topraklarındaki demir konsantrasyon değerlerinin mermer, mangan ve demir madeni ocağına yaklaştıkça arttığını, uzaklaştıkça azaldığını göstermektedir. Kısacası demir konsantrasyon düzeyleri ile maden ocakları arasında (demir, mangan ve mermer ocağı) ilişki tespit edilmektedir. Yani maden ocakları, demir konsantrasyon düzeylerinin artışına neden olmaktadır.

Toprak örnekleri demir içeriklerinin %2,06 ppm ile %9,22 ppm arasında değiştiğini görmekteyiz. Ortalamaları ise %5,26 ppm'dir. Topraktaki genel Fe oranının %1-10 arasında değiştiği bilinmektedir (Akyıldız ve Karataş, 2018). Bu standart değere göre, genel Fe oranının %2-5 ile %9,22 arasında olması

demir kaynaklı bir kirliliğin olmadığını göstermektedir. Ancak WHO ve FAO verilerine göre ise ortalama %5'dir (Akyıldız ve Karataş, 2018). Sonuçlar bu standart değerler ile karşılaştırıldığında, Fe ortalamasının %5,26 civarında olması demir kaynaklı kirliliğin olduğunu göstermektedir. Ayrıca Lindsay (1979)'a göre toprakta bulunması gereken demir element değeri 38.000 ppm'dir. Çalışma alanı topraklarında ölçülen en yüksek demir değeri 5249 ppm'dir. 38.000 ppm değeri ile kıyaslandığında çalışma alanı topraklarında demir için riskli alanlar bulunmaktadır.

### Sonuç ve Öneriler

Nüfusun artışı, sanayileşme ve bu duruma paralel olarak artan hammadde ihtiyacı doğadaki madenlerin çıkarılmasına ve madencilik faaliyetlerinin gün geçtikçe artmasına neden olmaktadır. Madencilik faaliyetleri fiziksel çevre unsurlarının kalitesini ve doğal yapısını değiştirmektedir. Madencilik faaliyetleri ve madencilik faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan atıklar özellikle toprak kirliliğine neden olmaktadır. Çünkü madencilik faaliyetleri, toprakta büyük miktarlarda ağır metal yüklü atıkların oluşumuna neden olmaktadır. Kısacası madencilik faaliyetleri sonucunda toprak ağır metaller tarafından kirlenmektedir. Toprak kalitesini olumsuz etkileyen, insan sağlığı için tehdit oluşturan ve çevre kirliliğine neden olan ağır metallerin araştırılması, seviyelerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle çalışmada Orhaneli ve Büyükorhan'da yapılan madencilik faaliyetlerinin toprak kirliliği (ağır metaller) üzerine olan etkisini belirlemek amaçlanmaktadır.

Çalışmada her bir ağır metalin mekansal dağılımı, maden ocakları ile ilişkisi ve risk değerlendirmesi yapılmaktadır. Arsenik konsantrasyonlarının en yüksek değerleri Orhaneli'nin güneyindeki alanda belirlenmektedir. Kadmiyum metali ise çalışma alanının kuzeyinde bulunan krom ve mermer ocaklarının yoğun olarak bulunduğu sahada yüksek oranda tespit edilmektedir. Kobalt metali diğer ağır metallerde olduğu gibi çalışma alanının kuzeyindeki mermer sahaları çevresinde daha yüksek düzeylerde olduğu belirlenmektedir. Yine demir konsantrasyon düzeylerinin en yüksek seviyeleri daha çok araştırma alanının kuzey kesimlerinde tespit edilirken nikel konsantrasyon düzeylerinde de en yüksek seviyeler çalışma alanının kuzeydoğu ucunda tespit edilmektedir. İlçelere göre bakıldığında ise

Orhaneli’nde Büyükorhan’a göre neredeyse tüm kirleticilerde daha yüksek seviyeler belirlenmektedir. Bu durum içinde Orhaneli ilçe sınırları içerisinde daha fazla madencilik faaliyetlerinin olması gösterilebilir. Ayrıca Orhaneli ilçesinde kirlilik seviyesinin yüksek olması nedenleri arasında maden ocaklarının çeşitliliği de gösterilebilir. Ayrıca ağır metal seviyelerindeki artışın nedeni olarak saha çalışmasında gözlemlenen maden ocaklarının bilinçsiz ve doğru yönetilmemesi görüşü de eklenebilir.

Çalışma kapsamında araştırılan ağır metaller ile maden ocakları arasındaki ilişki sonucunda anlamlı ilişki tespit edilmektedir. Arsenik ve kadmiyum konsantrasyon değerlerinin mangan ve demir madeni ocağına yaklaştıkça arttığı uzaklaştıkça azaldığı; kobalt, nikel ve demir konsantrasyon değerlerinin ise mangan, demir ve mermer madeni ocağına yaklaştıkça arttığı uzaklaştıkça azaldığı belirlenmektedir. Tabii ki topraktaki ağır metal artışlarında tek başına madencilik faaliyetlerini sorumlu değildir. Doğal, sanayi, evsel ve tarımsal faaliyetler de topraktaki ağır metal artışlarından sorumludur. Bu çalışmada yalnızca maden ocaklarının etkisine bakılmaktadır. Bölgede yapılan incelemede, Lindsay tarafından belirlenen sınır değerler açısından yalnızca demir elementi için

belirtilen sınır değerlerin altında seviyeler tespit edilirken arsenik, kadmiyum, kobalt ve nikel için sınır değerlerin üstünde seviyeler tespit edilmektedir. Dolayısı ile de çalışma alanı toprakları arsenik, kadmiyum, kobalt ve nikel açısından risk taşımaktadır. WHO-FAO tarafından belirlenen sınır değerler ile karşılaştırıldığında ise Ni dışında diğer metallerin belirtilen sınır değerlerin altında olduğu gözlenmektedir.

Şunu diyebiliriz ki madencilik ve madencilik faaliyetleri buldukları bölgelere ekonomik açıdan büyük katkı sağlamaktadır. Ancak madencilik faaliyetlerinin yapıldığı alanlarda ekonomik değer gözetilirken doğa ve dengesi çoğu halde gözetilmemektedir. Madencilik faaliyetleri doğa üzerinde suyundan, toprağına havasından, bitki örtüsüne ve faunasına kadar çevrenin birçok elemanına zarar vermektedir. Bu durumdan kurtarılması için doğa ve madenler arasındaki dengeyi koruyacak kanun ve yönetmeliklerin acilen yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir. Sırf birilerinin kazanç sağlaması için doğa ve doğal kaynaklar yok sayılmamalıdır. Düzenlenen yönetmeliklerin hem çevre açısından hem de madencilik faaliyetini yürütecek işletmeler açısından işlerlik kazanması da ayrıca önemlidir.

## REFERANSLAR

- Akyıldız, M., Karataş, B. 2018. Adana şehir merkezindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2), 199-214.
- Algül, I. 2012. *Mısır Ununda Aflatoksin, Okratoksin ve Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi ve Kemometrik Olarak Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi. 90 sayfa.
- Angelovičová, L., Fazekašová, D. 2014. Contamination of the soil and water environment by heavy metals in the former mining area of Rudnany (Slovakia). *Soil and Water Research*, 9(1), 18-24.
- Aydin, O., Çiçek, İ. 2013. Ege Bölgesi’nde yağışın mekânsal dağılımı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 11(2), 101-120.
- Barkouch, Y., Pineau, A. 2016. Evaluation of the impact of mine activity on surrounding soils of Draalafar mine in Marrakech-Morocco. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 10(1), 44-49.
- Cheng, X., Drozdova, J., Danek, T., Huang, Q., Qi, W., Yang, S., Zhao, X. 2018. Pollution assessment of trace elements in agricultural soils around copper mining area. *Sustainability*, 10(12), 4533.
- Çelik, M. Y., Sarıışık, A., Gürcan, S. 2003. Mermer ve taş ocaklarının çevreye olan görsel etkileri. *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 463, 466-473.
- Dağhan, H. 2011 Doğal kaynaklarda ağır metal kirliliğinin insan sağlığı üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 16(2), 15-25.
- Dökmeci, A.H., Çelik, S.Ö., Kaykıoğlu, G., Öngen, A. 2017. Tekirdağ’da Çorlu ilinde endüstriyel alanlardaki toprakta ağır metal kirliliğinin çevresel ve insan sağlığı açısından etkileri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 256-263.

- Fashola, M., Ngole-Jeme, V., Babalola, O. 2016. Heavy metal pollution from gold mines: environmental effects and bacterial strategies for resistance. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 13(11), 1047-1067.
- Ghazaryan, K. A., Movsesyan, H. S., Ghazaryan, N. P., Shalunts, S. V. 2016. Assessment of heavy metal contamination of soils around Agarak (RA) copper-molybdenum mine complex. *Proceedings of The Yerevan State University: Chemistry and Biology, Yerevan State University*, 34-42.
- Huang, S., Yuan, C., Li, Q., Yang, Y., Tang, C., Ouyang, K., Wang, B. 2017. Distribution and risk assessment of heavy metals in soils from a typical Pb-Zn mining area. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(3), 1105-1112.
- İnal, C., Yiğit, C.Ö. 2003. Jeodezik uygulamalarda kriging enterpolasyon yönteminin kullanılabilirliği. *Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, Konya.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. 2001. Metallerin çevresel etkileri-1. *Metallurji Dergisi*, 136, 47-53.
- Li, Z., Ma, Z., Kuijp, Z., Yuan, Z., Huang, L. 2014. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment. *Science of the Total Environment*, 468-469, 843-853.
- Lindsay, W.L., 1979, *Chemical Equilibria in Soils*. Wiley and Sons, N.Y.
- Mandal, B.K., Suzuki, K.T. 2002. Arsenic round the world: a review. *Talanta*, 58, 201–235.
- Mutlutürk, M., Altındağ, R. 2010. Terk edilmiş mermer ocakları çevre etkileşimi: Burdur-Isparta-Antalya örnekleri. *SDUGEO* 4, 39-44.
- Ndinwa, G. C. C., Ohwona, C. O. 2014. Environmental and health impact of solid mineral exploration and exploitation in south-northern Nigeria: A case study of Igarra in EdoState. *Review of Environmental and Earth Sciences*, 1, 24-36.
- Ngole, V. M., Ekosse, G. I. E. 2012. Copper, nickel and zinc contamination in soils within the precincts of mining and land filling environments. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 9(3), 485-494.
- Oladipo, O. G., Olayinka, A., Awotoye, O. O. 2014. Ecological impact of mining on soils of Southwestern Nigeria. *Environmental and Experimental Biology*, 12, 179-186.
- Ölgen, M. K., Erdal, Ü., Sökmen, Ö. 2009. Turgutlu-Salihli arasında organik tarım faaliyetlerinin toprak üzerindeki etkileri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 18(1-2), 17-30.
- Özkan, A., Özkan, V., Sungur, Ş., Birses, H. 2017. Heavy metal pollution around international Hatay airport. *Natural and Engineering Sciences*, 2(1), 18-24.
- Özkul, C. 2008. İzmit (Kocaeli) civarında endüstrileşmenin toprak ağır metal derişimine etkisi. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 7(2), 1-9.
- Özkul, C. 2019. Kütahya şehir merkezinde yer alan çocuk parklarındaki toprakların ağır metal kirliliğinin belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19( 1), 226-240.
- Öztürk, M. 2017. Hayvan Gübresinden ve Atıklardan Kompost Üretimi.
- Öztürk, M., Bildik, B. 2005. Hayvan çiftliklerinde kompost üretimi. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara
- Paktunç, D. 2001. Madencilik ve çevre etkileri. *Mavi Gezegen Popüler Yerbilimi Dergisi*, 4, Ankara.
- Pusa, V. 2008. *Açık Ocak İşletmeleri İçin Maden Kapatma Süreci ve Örnek Uygulamalar*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, 142 sayfa.
- Rodriquez Salazar, M.T., Morton-Bermea, O., Hernandez-Alvarez, E., Lozano, R., Tapia-Cruz, V. 2011. The study of metal contamination in urban topsoils of Mexico city using GIS. *Environ Earth Science*, 62, 899–905.
- Song, S., Li, Y., Lin, L., Liu, M., Li, J., Wang, L. and Su, C. 2018. Arsenic and heavy metal accumulation and risk assessment in soils around mining areas: The Urad Houqi area in arid northwest China as an example. *International Journal Environmental Research Public Health*, 15, 2410.
- Şimşek, C., Gündüz, O., Elçi, A. 2012. Terk edilmiş Balya (BALIKESİR) Pb-Zn maden atıklarının ağır metal ve doğal radyoaktivite içeriği ve çevre kalitesi açısından değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 1, 43-55.
- Tarhan, Z. 2010. Mermer işletmeciliğine üç farklı bakış: Akdoğan köyü (Eğirdir) mermerleri örneği. *SDUGE* 3, 1.

- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2018. <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/sorguSayfa.do?target=tablo>, (Erişim: 05.04.2019).
- Vapur, H., Uçurum, M., Arslan, O. B. V. 2007. Madencilik çalışmaları kaynaklı başlıca ağır metaller ve uzaklaştırma yöntemleri. *Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, 2007*
- Weissenstein, K., Sinkala, T. 2011. Soil pollution with heavy metals in mine environments, impact areas of mine dumps particularly of gold-and copper mining industries in Southern Africa. *Arid Ecosystems*, 1(1), 53.
- Zengin, O. 2008. *Van Gölü ve Gölü Besleyen Kaynaklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 104 sayfa.
- Zhang, J.X., Yao, N. 2008. Indicator and multivariate geostatistic for spatial prediction. *Geo-spatial Information Science*, 11(4), 243-246.