

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**ERENLER İLÇESİ D 100 KARAYOLU BOYUNCA UZANAN
TOPRAKLARDAKİ AĞIR METAL (Pb ve Cd) KİRLİLİĞİNİN
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) ile GÖSTERİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fehmiye ÇELENK

Enstitü Anabilim Dalı: Coğrafya

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatma Tülay KIZILOĞLU

HAZİRAN – 2015

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ


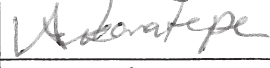
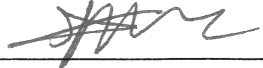
ERENLER İLÇESİ D 100 KARAYOLU BOYUNCA UZANAN
TOPRAKLARDAKİ AĞIR METAL (Pb ve Cd) KİRLİLİĞİNİN
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) ile GÖSTERİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fehmiye ÇELENK

Enstitü Anabilim Dalı: Coğrafya

Bu tez 04/06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	KANAATI	İMZA
Prof. Dr. Fatma Tülay KIZILOĞLU	BAŞARILI	
Yrd. Doç. Dr. Akif KARATEPE	BAŞARILI	
Prof. Dr. SAİM ÖZDEMİR	BAŞARILI	

BEYAN

Bu tezin yazılmasında bilimsel yazım kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



Fehmiye ÇELENK

04/06/2015

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması BAP 2014-60-01-007 No' lu "Erenler İlçesi D100 Karayolu Boyunca Uzanan Topraklardaki Ağır Metal (Pb ve Cd) Kirliliğinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Gösterilmesi" adlı proje ve ÖYP tarafından desteklenmiştir.

Üniversite yüksek lisans eğitim sürecim boyunca yanında yetiştiğim, kendimi geliştirmem için beni sürekli yönlendiren, yapmak istediğim çalışmalarında beni cesaretlendiren ve her zaman arkamda olduğunu hissettiren; tez konumun belirlenmesinde, arazi ve laboratuvar çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve yol gösteren Sakarya Üniversitesi, Coğrafya Bölümü Başkanı değerli hocam Prof. Dr. Fatma Tülay KIZILOĞLU' na içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmamın laboratuvar analizlerinde bilgi ve katkılarıyla bana yardımcı olan Atatürk Üniversitesi Toprak Bölümü Başkanı Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ başta olmak üzere Toprak Bölümünün değerli öğretim elemanları ile Arş. Gör. Serdar SARI' ya ve laboratuvar elemanı Cihan VURAL' a ayrı ayrı teşekkür ederim.

Çalışmamın haritalarında değerli fikirlerinden yararlandığım Yrd. Doç. Dr. Akif KARATEPE ile bölümdeki diğer tüm değerli hocalarıma ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Çalışmam sırasında her zaman maddi ve manevi destekçim olan eşime ve moral kaynağım çocuklarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Adlarını burada saymadığım fakat çalışmam sürecinde her zaman manevi desteklerini hissettiğim başta annem olmak üzere tüm arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Fehmiye ÇELENK

Sakarya, Haziran, 2015

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
SEMBOLLER	v
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
FOTOĞRAF LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	6
1.1. Toprak Kirliliği	6
1.1.1. Topraklarda Ağır Metal Kirliliği	7
1.1.1.1. Ağır Metallerin Tanımı ve Özellikleri	10
1.1.1.2. Kurşun Kirliliği	11
1.1.1.3. Kadmiyum Kirliliği	12
1.1.1.4. Trafikten Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği	14
1.1.1.5. Ağır Metallerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri	19
1.2. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar	24
BÖLÜM 2. MATERYAL VE YÖNTEM	33
2.1. Materyal	33
2.1.1. Çalışma Alanının Konumu	33
2.1.2. Çalışma Alanının Fiziki Coğrafya Özellikleri	34
2.1.2.1. Yeryüzü Şekilleri	34
2.1.2.2. İklim Özellikleri	35

2.1.2.3. Bitki Örtüsü.....	38
2.1.2.4. Toprak Özellikleri.....	39
2.1.2.5. Hidrografik Özellikler.....	41
2.1.2.6. Jeolojik Özellikleri.....	42
2.1.2.7. Genel Tektonik Özellikler.....	44
2.1.3. Çalışma Alanının Beşeri ve Ekonomik Özellikleri.....	44
2.1.3.1. İdari Özellikleri.....	44
2.1.3.2. Nüfus ve Yerleşme Özellikleri.....	44
2.1.3.3. Ekonomik Faaliyetler.....	45
2.2. Yöntem.....	48
2.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması.....	48
2.2.2. Laboratuvar Analiz Yöntemleri.....	49
2.2.2.1. Mekanik Analiz.....	49
2.2.2.2. Toprak Reaksiyonu (pH).....	49
2.2.2.3. Kireç (CaCO ₃) Tayini.....	49
2.2.2.4. Organik Madde Tayini.....	49
2.2.2.5. Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) Tayini.....	49
2.2.2.6. Elektrik İletkenlik (EC) Tayini.....	49
2.2.3.7. Kurşun Tayini.....	50
2.2.3.8. Kadmiyum Tayini.....	50
2.2.3. İstatistik Analiz Yöntemi.....	50
2.2.4. Mekânsal Dağılım Haritasının Oluşturulması.....	50
BÖLÜM 3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	51
3.1. Bulgular.....	51
3.1.1. Çalışma Alanının Toprak Özellikleri.....	51
3.1.2. İnceleme Alanı Topraklarında Kurşun Miktarı.....	55

3.1.3. İnceleme Alanı Topraklarında Kadmiyum Miktarı.....	57
3.1.4. Toprakta Ölçülen Kurşun Miktarının Karayolundan Olan Mesafeyle Değişimi	58
3.1.5. Toprakta Ölçülen Kadmiyum Miktarının Karayolundan Olan Mesafeyle Değişimi	61
3.1.6. İstatistiksel Değerlendirme	64
3.1.6.1. Hatlara Göre Kurşun ve Kadmiyum Miktarının Değişimi	67
3.1.6.2. İstikamete Göre Kurşun ve Kadmiyum Miktarının Değişimi.....	70
3.1.6.3. Mesafeye Göre Kurşun ve Kadmiyum Miktarının Değişimi.....	72
3.1.7. Çalışma Alanı İçerisindeki Topraklarda Kurşun ve Kadmiyumun Mekânsal Dağılımı.....	73
3.2. Tartışma.....	76
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	81
KAYNAKÇA	87
ÖZGEÇMİŞ.....	96

KISALTMALAR

CaCO₃	: Kireç
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
EC	: Electrical Conductivity
ICP-OES	: Inductively Coupled Plasma Optical Emission
IDW	: Inverse Distance Weighting
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
GB	: Güneybatı
GD	: Güneydoğu
KDK	: Katyon Değişim Kapasitesi
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
O.M	: Organik Madde
pH	: Power of Hydrogen
SPSS	: Statistical Package of the Social Science
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
YOGT	: Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri

SEMBOLLER

°C	: santigratderece
µg/g	: mikrogram/gram
µg	: mikrogram
Al	: Alüminyum
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
cm	: santimetre
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
g/ mol	: gram/mol
g/cm³	: gram/ santimetreküp
g/dl	: gram/desilitre
g/lt	: gram/litre
g	: gram
H	: Hidrojen
Hg	: Civa
K	: Potasyum
kg/ha	: kilogram/hektar
kg	: kilogram
km/s	: kilometre/saat
km²	: kilometrekare
m	: metre

meq/100g	: miliekivelan/100 gram
mg/kg	: miligram/kilogram
mg/lt	: miligram/litre
Mg	: Magnezyum
mm	: milimetre
Mn	: Mangan
mS/cm	: milimhos/santimetre
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
O	: Oksijen
P	: Fosfor
ppb	: $\mu\text{g}/\text{kg}$
ppm	: mg/kg
R²	: Regresyon Katsayısı
S	: Sülfür
Si	: Silisyum
T	: Titanyum
Zn	: Çinko
μm	: mikrometre

TABLO LİSTESİ

Tablo 1	: Erenler D100 Karayolu Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri	5
Tablo 2	: Toprakta Müsaade Edilen Ağır Metal Sınır Değerleri.....	14
Tablo 3	: Çeşitli Ülkelerde 1 lt Benzine Katılan Ortalama Kurşun Miktarları	15
Tablo 4	: Ülkemizde 2004-2013 Yılları Arası Yakıt Türüne Göre Taşıt Sayıları	18
Tablo 5	: Endüstri Sektörlerine Göre Ağır Metal Yayınımı.....	19
Tablo 6	: Araştırma Alanının Aylık ve Yıllık Ortalama ile Ekstrem Sıcaklık (°C) Değerleri.....	36
Tablo 7	: Karayolunun Kuzey İstikametinde Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	53
Tablo 8	: Karayolunun Güney İstikametinden Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	54
Tablo 9	: Karayolunun Kuzey İstikametindeki Kurşun Miktarları (ppm)	55
Tablo 10	: Karayolunun Güney İstikametindeki Kurşun Miktarları (ppm)	56
Tablo 11	: Karayolunun Kuzey İstikametindeki Kadmiyum Miktarları (ppm)	57
Tablo 12	: Karayolunun Güney İstikametindeki Kadmiyum Miktarları (ppm).....	58
Tablo 13	: Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler Arasındaki Korelasyon Matrisi.....	64
Tablo 14	: Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler Arasındaki İlişkinin Modellenmesi.	65
Tablo 15	: Kurşun ve Kadmiyum Sonuçlarına Ait Tanımlayıcı İstatistikler	67
Tablo 16	: Kurşun ve Kadmiyum Miktarları ile İstikamet Arasındaki İlişki	70
Tablo 17	: Mesafeye Göre Kurşun ve Kadmiyum Değerleri ve Tanımlayıcı İstatistikler.....	72

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1	: Avrupa’ da Kurşun Yayınımı (Katı ve Sulu Ortam Toplam) kg/km ² /yıl.	16
Şekil 2	: Avrupa’ da Kadmiyum Yayınımı (Katı ve Sulu Ortam Toplam) kg/km ² /yıl	17
Şekil 3	: Çalışma Alanı Lokasyon Haritası.....	33
Şekil 4	: Çalışma Alanı ve Çevresinin Topoğrafya Haritası.....	35
Şekil 5	: Çalışma Alanında Uzun Yılların (1960-2013) Ortalama Yıllık Sıcaklık Grafiği	37
Şekil 6	: Çalışma sahasında Uzun Yıllara Ait Aylık Ortalama Yağış Miktarları... 37	
Şekil 7	: Çalışma Alanında Yıllık Ortalama Rüzgâr Esme Yönleri	38
Şekil 8	: Çalışma Alanı ve Çevresinin Büyük Toprak Grupları ile Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfları.....	41
Şekil 9	: Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeoloji Haritası	43
Şekil 10	: Karayolunun Kuzey İstikametinde Kurşunun Dağılım Grafiği	59
Şekil 11	: Karayolunun Güney İstikametinde Kurşunun Dağılım Grafiği	60
Şekil 12	: Karayolunun Kuzey İstikametinde Kadmiyumun Dağılım Grafiği	62
Şekil 13	: Karayolunun Güney İstikametinde Kadmiyumun Dağılım Grafiği	63
Şekil 14	: Kurşun Miktarı ile Bağımsız Değişkenler Arasındaki Regresyonun Grafiği	66
Şekil 15	: Hatlara Göre Kurşun Miktarı	69
Şekil 16	: Hatlara Göre Kadmiyum Miktarı	69
Şekil 17	: İstikamete Göre Kurşun Miktarı.....	71
Şekil 18	: İstikamete Göre Kadmiyum Miktarı	71
Şekil 19	: Çalışma Alanı İçerisindeki Topraklarda Kurşun Miktarının Dağılımı	74
Şekil 20	: Çalışma Alanı İçerisindeki Topraklarda Kadmiyum Miktarının Dağılımı	75

FOTOĞRAF LİSTESİ

Foto 1	: Marul Tarlasından Bir Örnek.....	46
Foto 2	: Şeker Pancarı Tarlasından Bir Örnek.....	46
Foto 3	: Yonca Tarlasından Bir Örnek.....	47
Foto 4	: Mısır Tarlasından Bir Örnek.....	47

Tezin Başlığı: Erenler İlçesi D100 Karayolu Boyunca Uzman Topraklardaki Ağır Metal (Pb ve Cd) Kirliliğinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Gösterilmesi	
Yazar: Fehmiye ÇELENK	Danışman: Prof. Dr. Fatma Tülay KIZILOĞLU
Kabul Tarihi: 04.06.2015	Sayfa Sayısı: xi (ön kısım) + 96 (tez)
Anabilimdalı: Coğrafya	Bilimdalı:
<p>Bu çalışmada günümüzde önemli çevre sorunlarından biri olan toprakta ağır metal kirliliğinin özellikle önemli toksik elementlerden kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) birikiminin incelenmesi ve birikimin mesafeye bağlı olarak mekânsal değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile gösterilmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanı olarak Sakarya ili Erenler ilçesi sınırlarında D100 karayolunun kenarındaki tarım yapılan topraklar seçilmiş olup bu topraklarda trafikten, tarım uygulamaları ve endüstri kuruluşlarından kaynaklanan olası Pb ve Cd kirliliği ele alınmıştır.</p> <p>Karayolunun her iki tarafından 4,5 km²'lik alanda 500 m aralıklardan yola dik olacak şekilde 10 hat üzerinde yola paralel 1, 5, 10, 25, 50, 100, 250 ve 500 metre mesafelerinden toplam 160 toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmış, Pb ve Cd miktarları ise ICP-OES ile belirlenmiştir. Analiz sonuçları SPSS 18 paket programında istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. ArcGIS 10.1 yazılımında Geostatistical Analyst aracında enterpolasyon yapılarak kirliliğin dağılımı haritalandırılmıştır.</p> <p>Yapılan istatistiksel çalışmalara göre karayolunun güneyinden alınan toprak örneklerinde hem Pb hem de Cd miktarı, kuzeyden alınanlara göre daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Toprak örneklerinin Pb miktarı ile istikamet ve karayoluna olan mesafe arasında anlamlı ve negatif ilişki olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Kadmiyum miktarı ile istikamet arasında da anlamlı ve negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiş ($p < 0,05$), karayoluna olan mesafe ile arasında ise anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($p > 0,05$). Çalışmada farklı hatlarda ölçülen Pb miktarları birbirlerinden önemli ölçüde farklılık gösterirken ($p < 0,05$), Cd miktarları arasında ise anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Ayrıca, 1, 5 ve 10 metre mesafedeki ortalama Pb sonuçları diğer mesafelere göre oldukça yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$).</p> <p>Sonuç olarak araç yoğunluğunun fazla olduğu D100 karayolunun etrafında gerek yerleşmelerin bulunması gerekse tarım uygulamalarının yapılması ve küçük çapta sanayi kuruluşlarının varlığı Pb ve Cd kirliliğine neden olmuştur. Ayrıca karayolunun güneyindeki toprakların Pb ve Cd birikimindeki artışta hâkim rüzgâr yönünün belirgin etkisi tespit edilmiş olup bu durumun ağırlıklı olarak trafikten kaynaklı olduğu sonucunu çıkarmıştır. Bu sonuç, CBS ile gösterilen kirliliğin mekânsal dağılım haritasında da açıkça görülmüştür.</p>	
Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Pb, Cd, Mekânsal Dağılım, Toprak Kirliliği	

Sakarya University Institute of Social Sciences Abstract of Master's Thesis

Title of the Thesis: Demonstrating the Heavy Metal Pollution (Pb and Cd) with Geographic Information Systems (GIS) in Soils alongside the D100 Highway in Erenler District	
Author: Fehmiye ÇELENK	Supervisor: Prof. Dr. Fatma Tülay KIZILOĞLU
Date: 04.06.2015	Nu. of pages: xi (pre text) + 96 (main body)
Department: Geography	Subfield:
<p>In this study, it was aimed to investigate the heavy metal pollution especially major toxic elements such as lead (Pb) and cadmium (Cd) in soil which are one of the major environmental problems today and show the spatial distribution of accumulation depended on the distance by Geographic Information Systems (GIS). Agricultural lands alongside the D100 highway in Erenler District of Sakarya were chosen as the study area. In the study area, the potential pollution of Pb and Cd resulting from agricultural practices, industry organizations and the traffic were discussed in this territory.</p> <p>In the study area, 160 soil samples were collected from 10 cm depth on ten transects separated by 500 m intervals and perpendicular to the road at distances of 1, 5, 10, 25, 50, 100, 250 and 500 m on the north and south side of the highway within a 4.5 km² area. The contents of Pb and Cd were determined by ICP- OES. The results of the analysis were evaluated by SPSS 18 package programme. Spatial distributions of the Pb and Cd accumulation were mapped by enterpolation technique in the Geostatistical Analyst tool of ArcGIS 10.1 software.</p> <p>According to the statistical results of the study, both Pb and Cd contents of soil samples taken from the south side of the road were higher than the others collected from the north side ($p<0.05$). Moreover, there was a significant negative relationship between the Pb contents, the distance from the road and the direction ($p<0,05$). A significant negative correlation has been found between Cd amount and the direction ($p<0,05$) but there is no significant correlation between the distance from the road and Cd levels ($p>0,05$). There is no significant difference between the amount of Cd ($p>0,05$), whereas Pb amounts measured at different transects differ significantly from each other ($p<0,05$). Moreover, average Pb results in 1, 5 and 10 meters are higher than the other distances.</p> <p>As a result, the presence of settlements as well as agricultural practices and the existence of small-scale industrial enterprises caused Pb and Cd pollution around the D100 highway with dense traffic. In addition, the clear affect of the predominat wind direction in increasing of Pb and Cd accumulation in the south of the road has been dedected. This case could be seen on the spatial distribution map of the pollution demonstrated by GIS.</p>	
Keywords: Heavy Metal, Pb, Cd, Soil Pollution, Spatial Distribution	

GİRİŞ

Ekosistemin önemli bir ögesi olan, canlıların üzerinde yaşadığı ve yaşamını devam ettirdiği toprağın kirlenmesi, önemli bir çevre kirliliği problemi olarak varlığını devam ettirmektedir. Son yıllarda hızla artan çevre kirliliği havayı, suyu ve de toprağı etkileyerek bu kaynakların kullanımını sınırlandırmakta, insan ve diğer canlıların sağlığına zarar vermektedir. Bu nedenle günümüzde toprakta ağır metallerin yol açtığı kirlilik tüm dünyanın dikkatini çeken bir konu olmuştur. Uzun yıllardır var olan bu kirlilik problemi, günümüzde endüstrileşmenin artmasıyla beraber daha büyük bir boyut kazanmıştır.

Karasal ekosistem içerisinde önemli bir yeri olan toprak bir kez kirlendikten sonra kendini kolayca temizleyemez. Topraklar üzerinde yapılan tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucunda kirletilmektedir. Toprağın yapısında bulunan maddeler, belli bir sınır değeri aştığında ancak kirlilik oluştururlar (Mater, 2004: 216).

Topraklarda ağır metal kirliliği; gerek karayollarında taşıtların egzozlarından, gerek endüstri kuruluşlarından kaynaklanan emisyonlar gerekse yanlış tarımsal uygulamalar (gübre, pestisit vd.) nedeniyle olmaktadır. Bu durum önemli bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğal ve yapay yollarla ortama katılan ağır metaller, kolayca birikip çevrede ve toprakta karmaşık yapılar oluşturmaları nedeniyle tehlikeli kirleticiler olarak tanımlanmaktadır. Özellikle toprağa geçen kurşun (Pb) gibi ağır metaller organizmalara toksik etki yaptıkları için oldukça önemli sayılmaktadır (Çepel, 1997: 28).

Ağır metallerin toprak kolloidleri tarafından tutulması, ağır metallerin toprak profili içerisindeki hareketine etki etmektedir (Uluocak Güzel, 2006: 5). Ağır metaller, toprakta kolloidal adsorbsiyon ve iyon değişimi yolu ile tutularak birikmektedirler. Toprakta kolloidler tarafından tutulan ağır metallerin topraktan uzaklaştırılması oldukça zordur. Günümüzde ağır metallerin topraktan uzaklaştırılması ile ilgili çok sayıda yöntem geliştirilmeye çalışılmış (Kocaer ve Başkaya, 2003; Namlı 2013) olmasına rağmen uygulamada oldukça zor ve maliyetli olan bu yöntemlerin kullanılmasından daha çok toprakların ağır metal kirlenmesinden korunması daha büyük bir önem taşımaktadır (Yağdı, Kaçar ve Azkan, 2000). Kurşun, Zn, Cu, Pb, Cd ve Ni gibi ağır metaller toprağın biyoelverişliliği üzerine fazlasıyla olumsuz etkide bulunmaktadır.

Özellikle ağır metaller ve iz elementlerin topraktaki miktarının artması bitkisel üretimin miktarı ve kalitesini düşürmektedir (Kızıloğlu ve Bilen, 2005).

Topraktaki ağır metallerin bitkilerin yapısına girmeleri ve besin zinciri yoluyla da diğer canlıların bünyesine geçerek dolaylı olarak zarar vermeleri, hareketli hale geçtiklerinde yani serbest iyon haline geldiklerinde ise taban suyuna karışarak suyun niteliğini bozmaları, mikroorganizmalara zarar vermeleri en tehlikeli sonuçlarıdır (Çepel, 1997: 34; Toröz, 2009: 5).

İnsan aktiviteleri sonucu atmosfere metal veya bileşik olarak yayılan Pb, toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan ve ekolojik sisteme zarar veren ilk metal özelliği taşıyan en önemli ağır metallere dendir (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2003; Altınbaş ve diğerleri, 2004: 341; Çepel, 1997: 28).

Endüstrinin gelişmesine paralel olarak gelişen, insan ve mal taşımacılığında ülkemizde ve dünyanın pek çok yerinde lojistik ulaşımda en yaygın karayolları kullanılmaktadır. Fakat bu aktiviteler esnasında ciddi boyutta ele alınması gereken çevresel sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların en zararlı sonuçlarından biri trafiğe bağlı olarak ağır metallerin hava yoluyla toprakta birikmesidir.

Araç trafiğinin yoğun olduğu bir çevrede en çok karşılaşılan ağır metaller Pb, Zn, Cu, Ni, Cd ve Cr'dir. Bu maddeler çevreye, taşıtlardaki yakıt emisyonları, araç aşınmaları ve sızıntılar gibi birçok yoldan yayılmaktadır (Şişman, 1999:3). Taşıtların neden olduğu ağır metal kirleticilerden Pb, vuruntuyu önlemek amacıyla benzine eklenen tetraetil ve tetrametil kurşunun yanmasından kaynaklanmaktadır (Çepel 1997: 28; Öztürk 2004). Motorlu taşıtlardan çevreye yayılan Pb, gerek insanlar gerekse de bitki, hayvan ve toprak içerisinde yaşayan diğer canlılar üzerinde de olumsuz etkilere neden olmaktadır. Yol kenarlarındaki toprakların ağır metal kirlenmesinden etkilenme dereceleri, trafik yoğunluğu, yola olan mesafe, rüzgarın şiddeti ve yönü, bitki örtüsü ve yağmur gibi faktörlere bağlıdır (Şişman, 1999: 3).

Kurşun ağır metaller arasında en az hareketliliğe sahip metaldir. Toprak çözeltisindeki düşük Pb konsantrasyonları bunun göstergesidir. Kurşun toprağa çok çeşitli ve kompleks bileşikler halinde girdiğinden dolayı gösterdiği reaksiyonlar geniş alanlarda farklılıklar gösterebilmektedir (Kabata-Pendias, 2001: 208, 212). Kurşun, pH 6'nın üzerinde olduğunda kil yüzeyleri üzerinde adsorbe edilir ve kurşun karbonat oluşturarak

toprak tarafından tutulur. Ayrıca Pb organik ligandlar için güçlü bir kompleks bağ oluşturur (McLean ve Bledsoe, 1992).

Tarım topraklarının hepsinde çok az miktarlarda olsa da kadmiyum (Cd) bulunmaktadır. Kadmiyum topraklarda genellikle çinko damarlarıyla birlikte grenokit (kadmiyum sülfat) minerali halinde yer almaktadır. Yüksek besin değerlerine sahip buğday, mısır, çeltik, yulaf ve darı gibi çoğu bitkiler kökleri aracılığıyla Cd'yi kolaylıkla bünyelerine alabilmektedirler. Ayrıca Cd, bezelye, pancar ve marul gibi çapa bitkileri tarafından da alınmaktadır. Tarım ilaçlarından fungusitlerde bulunan Cd ise ilaçlama yoluyla toprağa bulaşmaktadır. Araç trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarındaki tarım topraklarının da araç lastikleri ile egsoz emisyonlarından kaynaklanan bulaşma nedeniyle Cd kapsamı yüksektir (Kaçar, 2009: 352).

Tarım topraklarının hektarında bulunabilecek toplam ağır metal miktarları, kaynağı ne olursa olsun belirli bir sınırı geçmemelidir. Bu konuda Avrupa Birliği tarafından, tespit edilen sınırlara göre Cd için maksimum konsantrasyon değeri 3 mg/kg, Pb için 300 mg/kg'dır (Gündüz, 2012: 569-570). Toprak kirliliğinin değerlendirilmesi ve kabul edilebilir ağır metal sınır değerlerine uygun şekilde incelenmesi toprağın ekolojik fonksiyonu ve sürdürülebilir tarım için oldukça önemli bir etkidir (Kabata - Pendias, 1995: 3).

Tarım topraklarındaki toksik metallerin önemli bir kaynağı da fosforlu gübrelerdir. Fosfat kayası olarak bilinen ham kaya fosfatı, fosforlu gübrelerin ana maddesidir. Fosforlu gübrelerdeki bu metallerin varlığı ve miktarı ham kaya fosfatının metal içeriğine bağlıdır (Köleli ve Kantar, 2005; Sönmez, Kaplan ve Sönmez, 2008). Mineral gübreler, bitkisel ürün miktarını %50 oranında arttırabildikleri için çok kullanılmaktadır. Tarımsal üretimi arttırmak için kullanılan bu gübreler, bitkiler için gerekli olan azot ve fosforu sağlamaktadır. Ancak bunlar gerekli miktarların üzerinde kullanılırsa yarar yerine zarar getirmektedir (Barlas, 2013: 31).

Toprak biyosferin çok çeşitli bir bileşenidir çünkü kirleticiler için topladığı jeokimyasal bir yer olmasının dışında kimyasal elementlerin aynı zamanda atmosfer, hidrosfer ve biyosfere taşınmasını da kontrol eden doğal bir bariyerdir. Ancak, toprağın en önemli özelliği, insanların yaşamını devam ettirebilmesi için hayati değer taşıyan üretkenliğidir. Dolayısıyla toprağın ekolojik ve tarımsal fonksiyonlarının devamını sağlamak insanların sorumluluğundadır (Kabata - Pendias, 2001:10; Kocaer ve Başkaya, 2003).

Etkileşim halinde olduğu su ve hava ortamlarında bulunan kirletici maddeler için nihai depolama yeri olan toprak, diğer yandan karasal ekosistemin taşıyıcı bir bileşeni olup kalitesindeki değişim, gerek doğal ve gerekse tarım ekosisteminin verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle toprağın hangi kaynaklar tarafından ve hangi bileşenlerle kirletilebileceğinin bilinmesi, bu konuda alınacak tedbirlere karar verilmesi oldukça önemlidir (Toröz, 2009: 1).

Araştırmanın Konusu ve Amacı

İklimi ve bitki örtüsü, jeolojik ve jeomorfolojik yapısı gereği çeşitlilik gösteren ülkemiz topraklarında bol çeşitli ürünler yetiştirilebilmektedir Ancak son yıllarda hızla artan çevre kirliliği havayı, suyu ve de toprağı etkileyerek bu kaynakların kullanımını sınırlandırmakta, insan ve diğer canlıların sağlığına zarar vermektedir. Bu çalışma ile Sakarya ili Erenler ilçesi sınırlarında D100 karayolu boyunca yer alan topraklarda günümüzde önemli bir çevre sorunu olan ağır metal kirliliğinin (Pb ve Cd) incelenmesi ve kirliliğin mesafeye bağlı olarak mekânsal değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile gösterilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca gerek insanlarda solunum yoluyla gerekse besin zinciri yoluyla sağlığa olumsuz etki ederek ciddi sorunlara neden olan ağır metallerin oluşturduğu kirlilik konusunda bir farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır.

Araştırma sahası, özellikle trafik ve tarım faaliyetlerinin yoğun olduğu yol boyunca bazı endüstri kuruluşlarının da yer aldığı D100 (eski adıyla E-5) karayolu çevresindeki alandan seçilmiştir. D100 karayolu, şehirlerarası ulaşımı sağlamakta olup büyük bir trafik yoğunluğuna sahiptir. Tablo 1' de çalışma alanının bulunduğu Karayolları Genel Müdürlüğü 17. Bölge verilerinden alınan yıllık ortalama günlük trafik yoğunluğu ve taşıt sayıları verilmiştir.

Tablo 1

Erenler D100 Karayolu Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri

Araçlar	Sayısı
Otomobil	15536
Orta Yüklü Ticaret Taşıtları	1478
Otobüs	98
Kamyon	2104
Tır	1584
Toplam	20800

Kaynak: (KGM, 2013, YOGT)

BÖLÜM 1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Toprak Kirliliği

Toprak, canlıların çoğunun doğrudan ya da dolaylı olarak hayat kaynağını oluşturan doğal, dinamik ve aynı zamanda karmaşık bir yapıya sahiptir. Ana materyal üzerine etki eden iklim, yaşayan organizmalar ve röliyefin uzun zaman süresince karşılıklı etkileri sonucu belli özellikler kazanan doğal bir üniteden oluşan toprak, bitkilere durak yeri görevi yapmaktadır (Ergene, 2012: 8). Üzerinde yaşayanların canlı sayısının günden güne artmasıyla toprak gerek bilinçsiz kullanım, gerekse amaç dışı kullanım nedeniyle, hem alan olarak daralmakta hem de verim gücünü kaybetmektedir.

Topraklar bileşim olarak çok farklılık göstermektedir. Toprak katı fazı çok çeşitli boyut ve şekilde mineral parçacıkları ile çözülme aşamasındaki organik maddelerden oluşmaktadır. Bitki kökleri ve diğer canlı popülasyonu bu sistemi tamamlamaktadır (Yaron, Calvet ve Prost, 1996: 3).

Toprağın zararlı maddelerle kirlenmesine neden olan süreçler, birinci olarak toprak dışındaki ekosistemlerde meydana gelen kirlenmelerden kaynaklanan süreçler, ikinci olarak ise insan eliyle toprağın üstüne ve içerisine biriktirilen maddeler olarak gruplandırılabilir. Bunlardan birinci gruba, kirli hava ve kirli sularla toprağın kirlenmesi ile radyoaktif maddelerin etkileri girmektedir. İkinci gruba ise, tarımsal uygulamalardan gübreleme, kimyasal mücadele ilaçları, tarımsal atık maddeler ile endüstriyel etkinliklerle toprağa karışan petrol, mineral yağlar, benzin, evsel ve endüstriyel katı atık maddelerle meydana gelen kirletici süreçler girmektedir (Çepel, 2000: 34). Petrol ve mineral yağlar, radyoaktif maddeler, katı ev atıkları, çöpler, termik santrallerden çıkan uçucu küller, buzlanmaya engel olmak için kışın yollara atılan tuzlar vb. maddeler de önemli miktarda toprak kirlenmesine neden olmaktadır. Yüksek organik madde içerikleri nedeniyle toprak koşullarını iyileştirme özelliğine sahip olan ve tarımsal alanlara uygulanarak elden çıkarılan ve çoğu özellikle de endüstri atıklarını içeren kanalizasyonlardan elde edilen çamurlar da önemli miktarda ağır metal içermektedir. İçerinde bulunan ve tarımsal alanlara uygulandıklarında muhtemelen fitotoksik problemlere yol açan metaller Cu, Ni ve Cd'dir (Yağdı, Kaçar ve Azkan, 2000). Arıtma çamurlarının içerdiği ağır metallerin *Conyza canadensis*, *Conium maculatum*, *Datura stramonium*, *Brassica juncea*, *Pelargonium hortorum* ve *Brassica oleraceae var.*

oleraceae bitkilerince alımının incelendiği bir çalışmada Pb ve Cd'yi bitkilerin aktif olarak aldıkları ve üst dokularına naklettikleri tespit edilmiştir (Dede, 2010; 121).

Kirli havada bulunan ağır metaller ile zararlı gazlar, toprakla teması halinde toprağın yüzeyinde veya içinde birikerek toprağı kirletmektedir. Motorlu taşıtlardan çıkan emisyonlar ise bu kirlenmenin yaklaşık yarısını teşkil etmektedir. Bu kirlenme zararlı gazlar ve havada asılı partiküller şeklindedir. Partiküler yapıdaki bileşikler arasında bazı toksik ağır metaller de bulunmaktadır (Şişman, 1999: 2). Ayrıca tarımda kullanılan pestisitlerden bazıları uygulandığı bitki, toprak ve su ortamında yıllarca bozulmadan kalabilen, tüm organizmaların vücudunda birikebilen toksik maddelerdir (Güney, 2013: 138). Özellikle Hg, As ve Pb bileşiklerini içeren pestisitlerin toprakta uzun süre hiç bozulmadan devamlı kaldığı bilinmektedir (Yılmaz ve Alagöz, 2008).

Aynı zamanda topraklarının kaybı, toprağın tahrip edilmesi ve verimliliğinin düşmesi ve buna bağlı olarak da bitkisel ürün veriminin azalması şeklinde değerlendirilen erozyon da önemli bir kirletici unsur olup, toprağı fakirleştirerek sadece bitkisel ve hayvansal ürünlere ait üretim girdilerini azaltmakla kalmayıp enerji krizinden dış ticaret dengelerinin bozulmasına kadar ekonomiyi temelinden sarsacak olumsuz sonuçların doğmasına neden olmaktadır (Çepel, 1997: 56- 57).

Toprak ve arazi konularıyla ilgili çok sayıda yasa ve yönetmeliğin olduğu ülkemizde, toprak kirliliği ile toprağın kötü kullanılması ve bununla ilgili çevre sorunlarını düzenleyen hükümler maalesef yetersizdir. Tarımsal üretimi geliştirecek, toprak kirlenmesini önleyecek ve dengeleyecek ve bunlara bağlı olarak toprağı en iyi biçimde koruyacak yasa ve yönetmeliklerin bir çevre koruma anlayışı içinde yürürlüğe sokulması gerekmektedir (Yıldız ve Özbay, 2008: 272).

1.1.1. Topraklarda Ağır Metal Kirliliği

Toprak kolloidleri tarafından tutulan ağır metallerin topraktan giderilmesi oldukça zor olmaktadır. Ağır metallerin toprak kolloidleri tarafından tutulması, bitkiler tarafından alımı ve toprak profili içerisindeki hareketine etki etmekte (Uluocak Güzel, 2006: 5), bu durum ise bitkisel üretimin miktarı ve kalitesini düşürmektedir (Kızıloğlu ve Bilen, 2005). Topraktaki ağır metallerin toplam içeriği toprağın oluştuğu jeolojik ana materyallerin içerisindeki minerallerden ortaya çıkan elementler ve çok geniş ölçekte antropojenik kaynaklardan ortaya çıkan atıkların toplamıdır. Bunlar 30 mm diametreden

büyük aerosol partiküllerinden oluşan atmosferik birikimleri, ağır metal içeren yağmur damllarını veya elementlerin gaz formlarını, tarımsal gübrelerin, tarım ilaçlarının, çeşitli organik maddeler içeren artma çamurlarının, yemek besin atıklarının ve kompostların ve doğal gübrelerin toprağa direkt uygulamalarını kapsamaktadır. Kül gibi, maden atıkları gibi teknoloji kökenli materyaller mevcut topraktaki kirleticiler olabilir veya antropojenik materyallerini oluşturabilirler (Alloway, 2013: 15).

Kurşun doğal olarak toprakların tümünde bulunmakta olup topraklardaki Pb miktarı, 1 ile 200 µg/g arasında değişmekte ve ortalama 15 µg/g'dır. Kurşun miktarının yer kabuğunda 16 µg/g bulunduğu, tarım topraklarında ise genelde 15-25 µg/g arasında değiştiği bildirilmiştir (Kaçar, 2009: 375). Toprakta ağır metaller için 15 cm toprak derinliğinde üst sınır değer Cd'de 3 mg/kg veya 6 kg/ha; Pb'de ise 250 mg/kg veya 500 kg/ha olarak belirtilmiştir (Rowell 1994: 309).

Toprakta doğal olarak bulunmakla birlikte ağır metaller endüstriyel (enerji santralleri ve demir-çelik endüstrisi) faaliyetlerin yanı sıra, tarımsal faaliyetler (kirli sulama suyu, ticari gübreler ve ağır metal içeren kanalizasyon çamuru ve pestisitler), katı atık ve fosil yakıtların yakılması ve trafikteki taşıtlardan kaynaklanmaktadır. Ağır metal kirliliğinin çoğu kömür santralleri ve katı atık yanıcılar gibi yüksek sıcaklıkta yanma kaynaklarından ortaya çıkmaktadır. Bölgesel metal kaynakları, metal kaplama ve diğer metal endüstrilerini içermektedir. Aynı zamanda, kurşunlu petrol yakıtlarının kullanımı küresel ölçekte Pb kirliliğine neden olmaktadır (Çınar, 2013: 94). Tarımda verimi artırmak için kullanılan ve bitkiler için gerekli olan azot ve fosforu sağlayan fosforlu gübreler de tarım topraklarındaki ağır metal birikiminin önemli bir kaynağı olup normalin üzerinde kullanılmaları durumunda yarar yerine zarar getirmektedir (Köleli ve Kantar 2005; Sönmez, Kaplan ve Sönmez, 2008; Barlas, 2013: 31). Ayrıca, özellikle Pb bileşikleri içeren önemli birçok pestisit topraktaki organik madde tarafından ve genişleyebilir kil mineralleri tarafından güçlü bir şekilde tutulmakta ve uzun süre toprakta kalabilmektedir (Yılmaz ve Alagöz, 2008).

Tarım topraklarında verimi artırmak amacıyla tüketilen gübrelerin özellikle Cd içeriği oldukça yüksektir. Türkiye'de üretilen suni gübrelerin yaklaşık % 87'sinde Cd içeriği 8 mg/kg gübre sınır değerine yakın ya da 2-5 kat üzerinde oluşu, topraktan bitkiye geçiş oranı çok yüksek olan ve toprakta oldukça hareketli olan Cd'nin çok düşük konsantrasyonlarda bile özellikle Zn noksanlığında bitkiler tarafından kolaylıkla

alınması ve bitkinin yenen kısımlarında birikmesi bu metalin çevre sağlığı açısından büyük bir tehlike potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Türkiye tarım topraklarının yaklaşık yarısında Zn yetersizliği olduğu ve ülkemizde ne yurt dışından ithal edilen ham ve ara madde ne de üretilen fosforlu gübreler için herhangi bir standart uygulanmamakta olduğu bilinmektedir (Sönmez, Kaplan ve Sönmez, 2008). Bitkilerde Cd konsantrasyonunun hareketliliği pH'sının düşüşü ve toplam Cd içeriğinin artışı ile ilişkilidir. Çinko yetersizliği de Cd alımını teşvik etmektedir (Alloway, 2013: 299). Atmosferde Cd bulaşmasının olduğu yörelerde bitkilerde biriken Cd topraktan olduğu kadar atmosferden de kaynaklanmaktadır. Yol kenarlarına yakın çoğu tarla topraklarının araç lastikleri ile egzoz dumanlarından kaynaklanan bulaşma nedeniyle Cd kapsamı da yüksek olmaktadır (Kaçar, 2009: 351). Tablo 2'de Toprak kirliliği yönetmeliğine göre toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 2

Toprakta Müsaade Edilen Ağır Metal Sınır Değerleri

Ağır Metal (Toplam)	pH 5- 6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	pH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	3 **
Krom	100 **	100 **
Bakır*	50 **	140 **
Nikel*	30 **	75 **
Çinko *	150 **	300 **
Civa	1 **	1,5 **

Kaynak: Toprak Kirliliği Yönetmeliği 25831 Sayılı Resmi Gazete (2005).

* pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

1.1.1.1. Ağır Metallerin Tanımı ve Özellikleri

Periyodik cetvelin (öğeler çizelgesi), üçüncü ya da daha yüksek periyodunda yer alan metaller için kullanılan ağır metal deyimini bilimsel olmayan bir deyimdir. Toksik etkiye sahip olan ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller genel olarak “ağır metal” olarak adlandırılmaktadır. Canlı organizmada diğer metallere nazaran, ağır metallerin belirli bir sürede birikiminin fazla olması ve bunun sonucunda da organizmadaki negatif etkisinin giderek artması ağır metaller konusunda bu yaygın olumsuz kanıya yol açmaktadır. Gerçekte ise ağır metal tanımı fiziksel özellik bakımından 5 g/cm^3 'ten daha yüksek yoğunluğa sahip olan metaller için kullanılmaktadır. Kurşun, Cd, Cr, Fe, Co, Cu, Ni, Hg ve Zn olmak üzere 60'tan fazla metal bu gruba girmektedir ve bu elementler doğada genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür şeklinde stabil bileşikler olarak veya silikatlar içinde yer almaktadırlar (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2003). Ağır metaller kayaların doğal bileşenleridir. Kayaların fiziksel ve kimyasal ayrışmasıyla meydana gelen topraklar bileşimlerine göre farklı oran ve formlarda ağır metal içermektedirler (Başkaya ve Teksoy, 2007). Ağır metallere jeolojik olarak eser (mikro) elementler denilmektedir ve bunların toplam kütlesi yer kütesinin %1'i kadardır. Diğer %99'luk kısmındaki elementlere ise makro elementler denir ve bunlar H, O, Si, Mg, Al, Fe, Ca, Na, K, Ti, S, P' dir (Gündüz, 2012: 136).

Ağır metaller organizmalarda biyolojik süreçlere katılma derecelerine göre ise yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları lazımdır. Örneğin Cu, hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon gibi kimyasal sürecin vazgeçilmez parçasıdır (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2003). Diğer bir yaşamsal metal olan Zn, insanlar ve tüm bitki formları ile hayvanlar için önemli bir elementtir. Organizmada gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve daha birçok metabolik faaliyetler için gereklidir. Hatta fizyolojik miktarlardaki Zn; Cd, Hg, Pb ve Sn gibi diğer ağır metal iyonlarının toksik etkilerini azaltma özelliği taşımaktadır. Diğer yandan Zn yetersizliği, gelişim bozuklukları (cinsiyet ve iskeletin gelişmemesi) kol ve bacak gibi uzuvlarda ve açık yerlerde deri iltihabı, ishal, kellik,

iştah azalması ve davranışlarda bir takım değişikliklere yol açtığı bilinmektedir (Kartal ve diğerleri, 2004).

1.1.1.2. Kurşun Kirliliği

Kurşun periyodik cetvelde 4. grubunda yer alan bir elementtir ve atom numarası 82, atom ağırlığı 207,21 g/ mol'dür. Erime noktası 327 °C, kaynama noktası 1744 °C olan ve basınç altında düşük erime noktasına sahip olmasından dolayı Pb kolay eriyebildiği ve şekillenebildiği için çok fazla miktarda radyoizotop ve X-ray çalışmaları için koruyucu bir madde olarak kullanılmaktadır (Alloway, 1990: 177).

Kurşun, yer kabuğunda esas olarak sülfür mineralleri şeklinde bulunmakla birlikte birçok kayaç oluşturan mineralin yapısında (magmatik kökenli potasyum ve kalsiyum minerallerinde) yer almaktadır. Sedimenter kayaçlarda ve topraklarda bozunma ürünleri olarak sülfat, karbonat, fosfat, kromat ve vanadat bileşikleri halinde bulunmaktadır (Goldscmidt, 1958). Toprakların doğal Pb içeriği anakaya ile oldukça ilişkili olması dolayısıyla Pb türleri de bir topraktan diğerine değişiklik göstermektedir. Kurşun ağır metaller arasında en az hareketliliğe sahip metaldir. Toprak çözeltisindeki düşük Pb konsantrasyonları bunun göstergesidir. Kurşun toprağa çok çeşitli ve kompleks bileşikler halinde girdiğinden dolayı gösterdiği reaksiyonlar geniş alanlarda farklılıklar gösterebilmektedir (Kabata-Pendias, 2001: 208, 212).

Kurşun, yaklaşık 16 mg/kg konsantrasyonla yer kabuğunun doğal bir bileşenidir. Ancak, 1920' lerde Pb bileşikleri (kurşun tetraetil) benzine ilave edilmeye başlanması Pb' nin ekolojik sisteme yayılmasında önemli rol oynamıştır. Günümüzde kurşunsuz benzin kullanımı ile atmosfere Pb yayılımı azalmakla birlikte, birincil metal üretim aşamasından atmosfere Pb ve bileşiklerinin yayılımı devam etmektedir (Karaçağıl, 2013: 9). Yeryüzü minerallerinde doğal olarak bulunduğu toprak, su ve havada doğal olarak bulunabilen, demirden sonra dünyada en çok kullanılmış olan metal olan Pb, boyalarda, pillerde, plastik, mühimmat ve kaynakta bulunabilmektedir. Boya, benzin ve kaynak bileşenlerinde kullanımı zaman içinde azalmış ancak pillerdeki kullanımı bu zaman zarfında artış göstermiştir (Çınar, 2013:154).

Çevresel Pb dağılımının en önemli yolu hava ile olanıdır. Havadaki Pb emisyon kaynakları; Pb ilave edilmiş petrolün yanma ürünleri, yakma fırınları, maden tasfiyhaneleri gibi kaynaklar ve bazı endüstriyel maddeleri içeren yanmış fosil

yakıtlardır. Havadaki en nemli kurşun, inorganik kurşundur ve esas kaynak benzine eklenecek kullanılan tetraetil ve tetrametil kurşunun yanmasından kaynaklanır (Yapıcı, Can ve Şahin, 2002; Öztürk 2004). Hava, su ve biyosferin doğal bir bileşeni olan Pb'yi, insanlar yiyeceklerle hava ve su yoluyla belli bir miktarını alır. İlkel insanın günde havadan 0.01 µg, sudan 0.5 µg ve yiyeceklerden 20 µg Pb aldığı; buna karşın günümüz insanının ise şehir havasından 10 µg, sudan 1 µg ve yiyeceklerden 20µg Pb aldığı bildirilmiştir (Elik, 1995: 10).

1.1.1.3. Kadmiyum Kirliliği

Simgesi Cd ve atom numarası 48 olan kadiyumun doğada tek başına bulunduğu minerali yoktur. Yerkabuğunun doğal bir elementi olan Cd, genellikle oksijen (kadmiyum oksit), klorin (kadmiyum klorit) veya sülfür (kadmiyum sülfat) gibi elementlerle birleşik halde bulunmaktadır. Kömür ve mineral gübre içeren tüm kayalar ve topraklar bir miktar Cd içermektedir. Kadmiyum kolayca korozyona uğramaz ve bataryalar, pigmentler ve plastikler gibi birçok kullanım alanına sahiptir (<http://www.atsdr.cdc.gov>). Kadmiyum, çinko üretimine eşlik eden metal olarak üretilmiş olup Zn üretimine kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır. Günümüzde ise Cd endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle denizsel koşullara dayanımı nedeniyle gemi sanayiinde çeliklerin kaplanmasında, boya sanayiinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayiinde kullanılması sonucunda çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini almıştır. Kadmiyum impürite olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunmakta olup bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli ölçüde Cd kirliliği oluşmaktadır (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2003).

Kadmiyum tarım topraklarının hepsinde çok az miktarlarda da olsa bulunur ve genellikle çinko damarlarıyla birlikte grenokit minerali halinde toprakta yer alır (Kaçar, 2009: 351).

Kireçleme sonucu pH'sı yükseltile topraklarda öteki ağır metaller gibi Cd alımının da azaldığı bilinmektedir. Toprakta asidite arttıkça Cd çözünürlüğü artmaktadır ve Cd' nin toprak kolloidleri, hidroksitler ve organik maddelerce adsorbsiyonu az olmaktadır. pH 6'nın üzerinde olduğunda Cd toprak katı fazında adsorbe edilir veya çökelir ve böylece

Cd çözümlü konsantrasyonları oldukça azalır. Kadmiyum organik ve inorganik ligandlarla çözülebilir kompleksler oluşturabilmektedir (özellikle Cl ile). Bu tür oluşumlar ise toprak içerisinde Cd hareketliliğini (mobilitesini) artırmaktadır (McLean ve Bledsoe, 1992).

Kadmiyum toprağa değişik yollardan da karışmaktadır. Okyanusların altındaki çökeltelerde yer alan Cd, ham fosfatlardan ve dolayısıyla fosforlu gübrelerden toprağa ulaşır. Ancak bu yolla toprağa ulaşan Cd miktarı kesin olarak bilinmemektedir (Kaçar, 2009: 351). Tarım topraklarındaki Cd'nin en önemli kaynaklarından birisi olan fosforlu gübrelerin ortalama Cd 7µg/g içeriğine sahip olduğunu belirten Wild (1995), Avustralya'da bir denemede 30-45 yıldan beri süper fosfat uygulanan topraklarda (1000-4500 kg/ha) yakın çevresinde yer alan ve gübrelenmemiş topraklara oranla 3 kat daha fazla Cd konsantrasyonu saptandığını bildirmiştir (aktaran: Altınbaş ve diğerleri, 2004: 341).

Tarım ilaçlarından fungusitlerde bulunan Cd, ilaçlama yoluyla toprağa karışmaktadır. Besin değeri yüksek olan buğday, mısır, çeltik ve darı gibi çoğu bitki kökleri tarafından kolaylıkla alınan Cd; bezelye, pancar ve marul gibi çapa bitkileri tarafından da alınmaktadır. Yoğun trafiğe sahip yol kenarlarına yakın tarım topraklarının çoğunda Cd kapsamı yüksek çıkmaktadır (Kaçar, 2009: 351). Yapılan bir çalışmada karayolu kenarında yetiştirilen buğdaylarda Pb ve Cd kirliliği olduğu belirlenmiştir (Ertugay, Başlar ve Sallan, 2010).

Alloway (1990), topraklara karışan Cd'nin % 54-58'nin fosforlu gübrelerden, % 39-47'sinin atmosferden ve %2-5'nin kanalizasyon atıklarının kullanımından kaynaklandığını; elementin topraktaki toplam miktarını değil, hareketliliğinin ve organik veya inorganik kompleksler halinde bulunmasının önemli olduğunu belirtmiştir. Kadmiyum ürünlerde toksik etkiye sahiptir fakat hayvanlardaki etkisi çok daha düşük konsantrasyonlarda meydana gelmektedir ve bu gruptaki bütün elementler için belirlenen sınır değerler bu toksik elementlerin hayvanlar üzerindeki etkilerine bağlı olarak belirlenmiştir (Rowell, 1994: 309).

Toprakta belirlenen Cd yoğunluğunun genellikle 0,5 kg/ha' dan az olduğu ve Cd'nin toksisite etkisinin toprak çözeltisinde 0,1- 1,0 mg/l olduğu, ayrıca atık sularla sulama yapılan topraklarda sınır değer 5-20 kg/ha alınması gerektiği ve düzenli olarak

gübreleme yapılan topraklarda süperfosfatlı gübreler kullanıldığında toksik etki edecek kadar birikimler olduğu bildirilmiştir (Haktanır, 1987: 75; Lodenius 1989:131).

1.1.1.4. Trafikten Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği

Toprak, hava ve su gibi doğal ortamların biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerinde istenmeyen bir değişim “kirlenme” olarak tanımlanmaktadır. Atmosfer her geçen gün insan artığı ve çeşitli kirletici kaynaklardan çıkan milyonlarca ton zararlı madde ile kirlenmektedir. Baca gazları, sanayi atıkları, araçların egzoz gazları çevreye çok miktarda zararlı madde bırakmaktadır. Özellikle şehir ortamlarında trafikten kaynaklanan egzoz gazları, insan, hayvan ve bitkiler olmak üzere bütün canlılara zarar veren önemli bir çevre kirleticisi durumundadır. Atmosfere salınan HC, CO, NO_x emisyonunda 1980 yılından itibaren önemli miktarda bir azalma olmuştur. Bunun ana sebebi kurşunsuz benzine geçiş ve katalitik konvertörün kullanılmaya başlanması ve egzoz emisyonundaki sınırlamalardır. Ayrıca, egzoz sistemleri katalitik konvertörle donatılmış araçlar, kurşunsuz benzin kullanmak zorundadır (Öztürk, 2004). Atmosferdeki Pb'nin %90'ı trafikten kaynaklanmaktadır. Egzoz partiküllerinin en önemli bileşeni darbe önleyici olarak vuruntuyu önlemek için benzine katılan renksiz ve zehirli bir sıvı olan kurşuntetraetil [Pb(c2h5)4]' dir (Ata, 2000: 9).

Türkiye'de kentlerde Pb kirliliğinin ana kaynağı motorlu araç trafiğidir. Türkiye'de 1988'de yani kurşunsuz benzin kullanımından 1 yıl önce benzine katılan ortalama Pb miktarı 0.80 g/lit iken, taşıtların egzozlarından atmosfere yayılan Pb miktarı 2840 ton olarak belirlenmiştir. 1998'de ise benzindeki Pb miktarı 0.21 g/lit iken sonuç 1380 ton Pb emisyonu olarak tespit edilmiştir. Emisyon miktarındaki bu azalmanın nedeni olarak, kurşunsuz benzin kullanımı gösterilmektedir (Furman ve Laleli, 1999). Kurşunsuz benzin kullanımı ve Pb ergitme emisyonlarının sıkı kontrolü sayesinde, ABD'de atmosfere bırakılan Pb emisyonu, son 30 yılda %99 oranında azalmıştır (Çınar, 2013:154). Tablo 3'te bazı ülkelerde 1 lit benzine katılan ortalama Pb miktarları verilmiştir.

Pb, özellikle benzin kullanan araçların egzozundan havaya karışmaktadır. Kloke (1969)'in belirttiğine göre Pb içerikli benzinin kullanımıyla yoğun bir trafiğin olduğu yolda (3000 araç/saat) saatte kilometre başına 50-90 g Pb atmosfere salınmaktadır. Günde 10.000 aracın geçtiği bir yolda yolun 50 km'lik uzağında topraktaki Pb

kontaminasyonu yıllık 3 g dolayındadır. Ancak toprağa bu yolla geçen Pb'nin bitkilerce alımı oldukça sınırlı olduğundan bu düzeydeki değerler sağlık tehlikesi taşımamaktadır (aktaran: Dağdeviren, 2007: 25). Araç trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarına yakın tarım topraklarının Cd konsantrasyonları da yüksek olup bu durum araç lastiklerinin aşınması ile egzoz dumanlarından kaynaklanmaktadır (Kaçar, 2009: 351).

Tablo 3

Çeşitli Ülkelerde 1 lt Benzine Katılan Ortalama Kurşun Miktarları

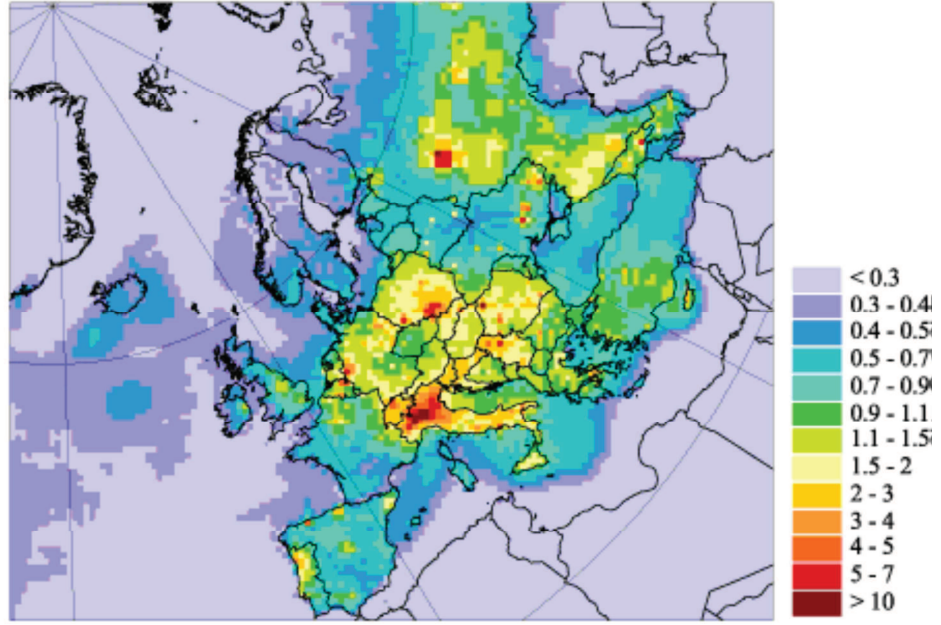
Ülke	Kurşun Miktarı (g/lt)
A.B.D	0.13
Almanya	0.15
Japonya	0.31
Avusturya	0.40
Norveç	0.40
İsveç	0.40
İsviçre	0.40
Türkiye (Normal benzin için)	0.34
Türkiye (Süper benzin için)	0.55

Kaynak: Bingöl ve diğerleri (2010).

Havadaki ağır metal miktarları trafikteki taşıt sayısına bağlı olup konsantrasyonları şehirler ve kırsal alanlar arasında büyük farklılık göstermektedir. Şehirlerde, kırsal alanlara göre konsantrasyon çok daha fazladır. Şehirlerde kalabalık caddelerdeki Pb seviyesi 1 m³' te 71 µg olarak ölçülmüştür. Ayrıca kirletici kaynaktan uzaklaştıkça Pb miktarında azalma tespit edilmiştir (Bingöl ve diğerleri, 2010). Şehir içi trafik hızıyla giden bir taşıtta benzin içindeki kurşun akılların ancak %5'i egzostan dışarı atılırken hız arttığında egzoz gazındaki Pb oranının da artmakta olduğunu belirten Seinfeld (1975), bu oranın 20 mil/s' te %10 'a ve 70 mil/s' te %90'a çıktığını gözlemlemiş; başka bir çalışmada ise Danes, (1970) araç hızının 100 km/s 'in üzerine çıkması halinde egzostaki Pb oranında %2000 artış olduğunu belirlemiştir (aktaran: Ata, 2000: 11). Pourte Rico'da yol kenarlarında yapılan bir başka çalışmada ise günlük araç sayısı 630 iken yoldan 3 m mesafede toprakta 21 ppm olan Pb konsantrasyonunun araç sayısı 13.660 olduğu durumda aynı mesafe için 679 ppm olarak tespit edilmiştir (Rodriguez, 1982). Bu nedenle bu

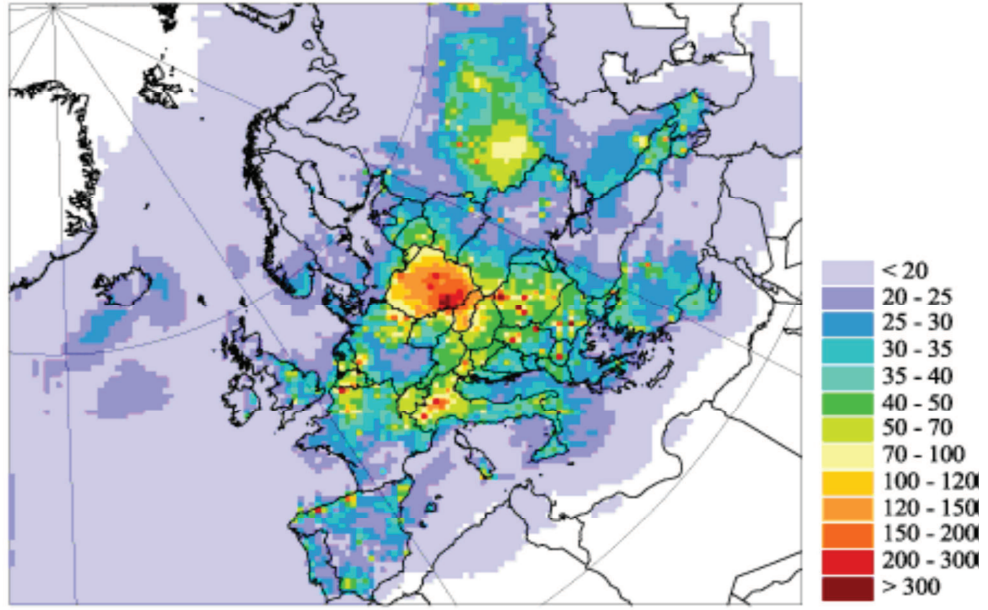
çalışmalarda Pb kirliliğinin birinci derecede trafik yoğunluğuna bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

şekil 1 ve şekil 2'de 2001 yılına ait Avrupa'da Pb ve Cd ağır metallerrinin atmosfere yayınıını ($\text{kg}/\text{km}^2/\text{yıl}$) gösterilmiştir. şekillerde özellikle Avrupa'daki sanayisi gelişmiş, dolayısıyla da trafik yoğunluğunun fazla olduğu ülkelerin atmosferde oluşturduğu kirliliğin boyutları görülmektedir.



şekil 1. Avrupa' da Pb Yayınıını (Katı ve Sulu Ortam Toplam) $\text{kg}/\text{km}^2/\text{yıl}$ (2001)

Kaynak: Kahvecioğlu ve diğerleri (2003)



Şekil 2. Avrupa’ da Cd Yayınımı (Katı ve Sulu Ortam Toplam) kg/km²/yıl (2001)

Kaynak: Kahvecioğlu ve diğerleri (2003).

Türkiye genelinde 2003 yılı verilerine göre benzinli araçlardan atmosfere atılan Pb miktarı yaklaşık olarak 230.000 kg/yıl’dır. Şehir içi bölgelerde Pb kirleticilerinin ana kaynağı, süper benzin kullanan otomobillerdir. Katkılı kurşunsuz benzine hemen geçilmesi durumunda atmosfere atılacak Pb miktarının 38.100 kg düşüş olacağı ve böylece atmosfere atılan Pb miktarının 6.1 kat azalacağı tespit edilmiştir (Öztürk, 2004). Tablo 4’ te yıllar itibariyle benzin kullanımının giderek azaldığı, dizel kullanımının ise arttığı görülmektedir. Ancak kurşunlu benzinin kullanımının hala daha devam etmesinin kirliliğin artışına sebep olacağı sonucu çıkmaktadır.

Tablo 4**Ülkemizde 2004-2013 Yılları Arası Yakıt Türüne Göre Taşıtların Sayıları**

Yıl	Toplam	Benzin	%	Dizel	%	LPG	%	Bilinmeyen(*)	%
2004	10 236 357	5 569 192	54,4	-	32,7	819 007	8	501 803	4,9
2005	11 145 826	5 606 321	50,3	3 836 399	34,4	1 298 830	11,7	404 276	3,6
2006	12 227 393	5 935 725	48,5	4 372 042	35,8	1 569 951	12,8	349 675	2,9
2007	13 022 945	5 980 516	45,9	4 850 837	37,2	1 880 023	14,4	311 569	2,4
2008	13 765 395	5 952 746	43,2	5 323 478	38,7	2 276 283	16,5	212 888	1,5
2009	14 316 700	5 887 559	41,1	5 654 350	39,5	2 592 695	18,1	182 096	1,3
2010	15 095 603	5 762 156	38,2	6 195 898	41	2 973 832	19,7	163 717	1,1
2011	16 089 528	5 709 606	35,5	6 899 420	42,9	3 335 566	20,7	144 936	0,9
2012	17 033 413	5 722 940	33,6	7 549 806	44,3	3 649 739	21,4	110 928	0,7
2013	17 939 447	5 733 725	32	8 169 410	45,5	3 934 753	21,9	101 559	0,6

Kaynak: TÜİK, Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri (2004-2013).

*Yakıt türü bilinmeyenler, ruhsat işlemlerinde yakıt türü boş bırakılan veya sehven hatalı veri girişi yapılan otomobiller ile elektrikli otomobilleri kapsamaktadır.

Araçların egzozlarından çıkan ağır metaller toprağa hava ile taşınmaktadır. Araç egzozlarından çıkan partiküller büyüklüklerine göre, aerodinamik çaplı (<1 µm) ve 5–50 µm çaplı olanlar şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Oldukça küçük çapa sahip ağır metal partikülleri çabucak çökmemekte, yükselen hava ile uzaklaşarak etrafa dağılmaktadır. 10 µm'den büyük partiküller büyük ölçüde yerçekimi etkisiyle çökerken, atmosferde asılı kalan partiküller ise yağmurun etkisi ile toprağa inmektedir (Şişman, 1999: 3). Havadaki asılı partikülleri çökerten başlıca mekanizma yağmurdur. Kirli havadaki Pb, Ni gibi ağır metaller çökme ile toprağa ve bitkilere etki etmektedirler. Toprakta bulunan ve ayrıca yağmur ile toprağa çöken partikül halindeki ağır metaller çoğunlukla inorganik bileşikler şeklinde, organik maddeler, killer veya demir, manganez ve alüminyumun hidroksitleri halinde bulunmaktadırlar (Bingöl ve diğerleri, 2010).

1.1.1.5. Ağır Metallerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Ağır metaller deyimi zayıf bir ifade olsa da kullanılmasında yarar vardır. Bunlar başlıca, Cu, Pb, Hg, Cd, Fe, Mn, Cr, Ni, Zn gibi elementlerdir. Bunlara çevre kirletici elementler de denir. Ağır metaller kayalar ve mineraller içinde bulunur. Buralardan çok çeşitli yollarla topraklara, sedimentlere ve sulara dağılırlar. Ayrıca taban konsantrasyonlarının üstünde olurlarsa canlılara zarar vermeye başlarlar (Gündüz, 2012: 135).

Ağır metallerin ekolojik sistemde çevreye yayınımları doğal döngülerden daha çok insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Doğal çevrimler sonucu yıllık olarak 7600 ton Cd, 18800 ton As, 3600 ton Hg, 332000 ton Pb atmosfere atılmakta iken, insan faaliyetleri sonucu deşarj edilen miktarlara göre, doğal çevrimlere karşılık Se 19 kat, Cd 8 kat, Hg, Pb, Sn 6 kat, As, Ni ve Cr 3 kat daha fazla atmosfere yayınım olduğu bilinmektedir (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2003). Ağır metallerin çevreye yayınımlarının da etkili olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Tablo 5'te belirli başlı endüstrilerden sektörlerinden atmosfere atılan metal türleri genel olarak gösterilmiştir.

Tablo 5

Endüstri Sektörlerine Göre Ağır Metal Yayınımları

Endüstri	Cd	Pb	Hg	Ni	Cu	Cr	Zn	Sn
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya Endüstrisi	+	+	+	-	-	+	+	+
Klor-alkali Üretimi	+	+	+	-	-	+	+	+
Gübre Sanayii	+	+	+	+	+	+	+	-
Demir -Çelik Sanayii	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

Kaynak: (Çınar, 2013, s: 94)

Yanmalı motor denilen benzin, dizel ve propan gazı yakan araçların motorları tam ayarlı değilse örneğin yüksek kompresyon, erken ateşleme, kirli ve katkılı yakıt kullanılıyorsa çevreyi daha çok kirletmekte ve ortama daha fazla zararlı egzoz gazı vermektedir. Bitkileri olumsuz yönde etkileyen kirli hava, fotosentezin yavaşlamasına, bunun

sonucunda da özellikle tarım bitkilerinde ürün azalmasına sebep olmaktadır (Bingöl ve diğerleri, 2010).

Özellikle Pb'nin toksik etkisinin başında fotosenteze baskı yapması gelmekte olup fotosentez olayında % 60'lık bir verim kaybına sebep olmaktadır. Aynı zamanda Pb birikimi metabolik ve yapısal (strüktürel) yenilenme mekanizmasının harap olmasına, bu mekanizmada çözümlere neden olmaktadır (Yağdı, Kaçar ve Azkan, 2000; Bingöl ve diğerleri, 2010). Diğer yandan, toprak ve sudaki Cd düzeyinin artması da, toprak verimliliği ve ekosistem faaliyetlerinde olumsuz etki yapmakla birlikte bitki bünyesine geçerek fotosentez, özellikle su canlılarında solunum, iyon alımı, büyüme ve gelişme gibi birçok metabolik aktiviteyi etkilemektedir. Organizmada metabolik faaliyetleri etkilemesi nedeniyle verim ve kalitenin azalmasına yol açmaktadır (Asri, Sönmez ve Çıtak, 2007).

Metaller canlı bünyesine genel olarak. Bunlardan ilki deriden geçerek, ikincisi besinlerle sindirim sistemine alınarak, üçüncüsü de solunum ile vücuda alınma şeklinde üç yolla girmektedir (Şişman, 1999: 2). İnsanlar Pb' ye en çok ergitme emisyonları, kurşunlu kaynak yapılmış konserve tenekeleri, kurşunlu boya kullanılmış su tesisatlarında Pb'nin içme ve kullanma suyuna geçmesi yoluyla, Pb içeren boya ve kontamine atmosferik partiküller ve toprak tozu yoluyla maruz kalmaktadır (Çınar, 2013: 154).

Havaya atılan ağır metaller, sonuçta toprağa ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar ve aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aerosol olarak veya toz halinde solunurlar. Ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da hayvan ve insanları olumsuz etkilerler (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2003).

Gereğinden fazla alınmaları halinde insan ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz birçok etkisi olan birçok ağır metal, çocukların sinir sisteminde hasara neden olarak öğrenme bozuklukları meydana getirmektedir. Yapılan bir araştırmada topraktaki ağır metaller ile küçük çocuklarda zihinsel gelişim geriliği arasında ilişki tespit edilmiştir. (Mcdermott ve diğerleri, 2014). Krom bileşikleri akciğer kanseri riskini arttırmakta ve yüksek miktarlarda alınması halinde mide bulantılarına, ülser, böbrek ve karaciğerde tahribata, dahası ölüme neden olmaktadır. Birçok balık türü de ağır metal kirliliğine karşı oldukça

hassastır. Örneğin, trout yaklaşık 5 ppb' den fazla Cu içeren sularda yaşayamamaktadır (Çınar, 2013: 94). Kurşunun vücutta toksik etki oluşturması için kanda veya yumuşak dokularda belli bir düzeye kadar birikmesi gerekmektedir (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010). Sürekli gelişim süreci içinde olan sinir sistemlerinden dolayı çocukların, Pb zehirlenmesine yetişkinlerden çok daha duyarlı oldukları bilinmektedir. Çocukta Pb toksisitesi tanısı koymak oldukça zor olmakla beraber Pb maruziyeti için tarama programları en önemli tanı yöntemleridir ve en azından şüphelenilen vakalarda kan testi yapılması gerekmektedir (Yapıcı Can ve Şahin, 2002; Sönmez, Aydemir ve Saygan, 2007). Japonya'da 1946 yılında "itai-itai" hastalığı adı verilen epidemik bir olay meydana gelmiştir. Kadmiyum, kalsiyum fosfat ve Vitamin D metabolizmasını bozup kemiklere de etki ettiği ve buna maruz kalan kişilerde osteoporoz veya osteomalasia gelişebildiği bildirilmiştir (www.dicle.edu.tr).

Ekolojik sisteme ve özellikle insan sağlığına etkileri oldukça önemli olan ağır metallere özellikle en yüksek yayınıma sahip olan Pb, toksikolojik olarak en büyük hasara yol açan Cd; yaşamsal özellik göstermesine rağmen aldığı değeriğe göre kanserojen özellik gösteren Cr, araştırılan önemli toksik elementlerdir (<http://edergi.sdu.edu.tr>). Ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşıyan Pb atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir (Tosyalı, 2006:5). Toprakta biriken Pb bileşiklerinin karbonat, fosfat ve sülfat gibi zor çözünebilen bileşiklere dönüşmesiyle mobilitesi azalmaktadır. Buna bağlı olarak da Pb'nin yıkanma yoluyla topraktan uzaklaştırılması da güçleşmektedir. Yine aynı şekilde Pb birikimi üst toprakta birikim yapmakta ve alt toprağa yıkanma yoluyla geçmemektedir (Mater, 2004: 220).

Topraktaki kolloidleri ve organik madde tarafından tutulan ağır metallere, toprağın asitleşmesi sonucu toprak çözeltisine veya yer altı suyuna karışarak ve böylece besin zincirine karışarak bütün canlıların sağlığını tehdit eder hale gelmektedir. Ağır metallere topraktan bitkiler tarafından alınmasını etkileyen faktörler toprak pH'sı, kil ve organik madde içerikleri ve metal konsantrasyonudur. Asitli ve kumlu topraklar gibi tutma gücü zayıf olan ve organik madde içeriği düşük topraklarda yüksek konsantrasyonlarda bile ağır metal birikmesi olmayıp ağır metallere ya bitkiler tarafından alınmakta ya da pH'ya bağlı olarak topraktan yıkanıp yeraltı sularına da

karşılabilmektedir (Dökmeci, 2005; Çınar, 2013: 94). Ağır metallerin hareketli hale geçmesinin hem bitki hem de taban suları için büyük önem taşıdığını belirten Lodenius (1989), toprağın alt tabakalarına doğru süzülmesinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin etkili olduğunu ve bu olayda en önemli kimyasal faktörlerin pH, elektrik iletkenliği, katyon değişim kapasitesi, Cl, S, N içerikleri, organik maddelerin miktar ve niteliğinin etkili olduğunu belirtmiştir.

Topraklarda da Pb birikimi hava yoluyla toprak yüzeyine birikim biçiminde olur. Bu nedenle toprakta Pb konsantrasyonu daha trafiğin çok yoğun geçtiği yerlerin yakınındaki tarlalarda dikkati çekmektedir. Özellikle otoyolların yakınındaki tarlalarda Pb birikimi bitkilerde fitotoksik bir etki yapmaktadır. Özellikle toprağa yakın büyüyen sebzeler içinde turp, marul, lahana gibi bazı yumrulu bitkilerde önemli oranda Pb bileşimi görülmektedir. Bu bitkiler için fitotoksik bir etki yapmayan Pb, bünyede önemli oranda birikmesi sonucu bunu tüketen diğer canlılarda ölümle sonuçlanabilecek düzeyde fitotoksik olay meydana getirebilmektedir (Mater, 2004: 220). Kurşun, bitkiler tarafından alınmakta ve bu yolla besin zincirine girebilmektedir. Bitkilerin, doğrudan ya da dolaylı şekilde insan ve hayvanların besin maddeleri olmaları nedeniyle bitki ve toprakların Pb kapsamlarının bilinmesi büyük önem taşımaktadır (Kaçar, 2009:351).

Ağır metaller konsantrasyon sınırını aştıkları zaman toksik olarak etki gösteren ağır metaller canlı bünyelerde sadece konsantrasyonlarına bağlı olarak etki göstermezler. Aynı zamanda canlının türüne ve metal iyonunun yapısına göre yaptığı etkiye bağlıdır (çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, redoks ve kompleks oluşturma yeteneği, vücuda alınış şekline, çevrede bulunma sıklığına, lokal pH değeri vb.). Bu nedenle düzenli olarak tüketildiğinden dolayı özellikle içme sularının ve yiyeceklerin içerebileceği maksimum konsantrasyon sınır değerleri sınırlandırılmıştır ve bazı kuruluşlar tarafından düzenli olarak kontrol edilmesi yasal olarak zorunludur (Tosyalı, 2006: 3).

Toprakta bulunan ağır metaller, iyonlarının hümik maddeleri (bileşikleri) ve kil kolloidleri tarafından kuvvetle adsorbe edilmeleri nedeniyle çevreyi çok uzun süre olumsuz yönde etkilemektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar toprakta adsorplanan bakırın yarılanma ömrünün 310-1500 yıl, Pb'nin yarılanma ömrünün ise 740-6000 yıl olduğunu göstermiş olup bunlar son derece uzun sürelerdir. Buna karşılık kirleticilerin büyük çoğunluğu çok daha kısa sürelerde parçalanır. Ağır metaller, adsorplandıkları yerlerde kalırlar ve yeniden adsorplanırlar (Gündüz, 2012: 144).

İnsanoğlunun kullandığı ilk metallere birisi olan Pb'nin, asit ve alkali koşullarda çözünabilirliğinin çok az olması ve korezyona dayanıklılığı nedeniyle bataryalarda ve kablo kaplamaları gibi kullanımı sonucu biyolojik döngüye girmesi çok düşük bir olasılıktır. Kurşun kirliliğine neden olan daha önemli kaynaklar; boya, plastik ve cam üretiminde kullanılan Pb bileşikleri ve ayrıca benzine katılan Pb bileşikleridir. Özellikle egzozlardan çıkan Pb bileşikleri karayollarının 50 m kenarlarına kadar birikim göstermekte ve küçük partikülleri de bir kaç km uzağa taşınabilmektedir. Gerek taşındığı ve gerekse biriktiği yerde kurşun sülfat (PbSO₄)'a dönüşen Pb; insanlar tarafından solunum yoluyla ve otoyollara yakın yerlerde yetişen sebzelerin yenmesi yoluyla insan vücuduna girmekte ve toksik etki yapmaktadır (Altınbaş ve diğerleri, 2004: 341). Ayrıca, otoyollara yakın otlaklarda beslenen hayvanların sütlerinde Pb kontaminasyonu gözlenmiştir (Farid ve Kaleem Baloch, 2012). Normal olarak vücudumuzda 40 mg'a kadar Cd bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40 g' a kadar Cd vücuttan atılabilmektedir. Bu seviyeler, Cd'nin çoğunu topraktan yani yiyecekler yoluyla alması nedeniyle bölgelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Endüstri bölgelerinde havadaki Cd oranı kırsal alanlara oranla çok daha yüksektir (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2003).

Kurşun kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinden söz edildiği birçok çalışma bulunmaktadır (Furman ve Laleli 1999; Yapıcı, Can ve Şahin 2002; Mormontoy, Gastanaga ve Gonzales 2004; Bakar ve Baba 2009; Mcdermott ve diğerleri 2014). Çocuklarla ilgili yapılan bazı alışmalarda 18 yaş altı Pb işçilerinin %8'inin kanında toksik düzeyde Pb gözlenmiştir (Yapıcı, Can ve Şahin 2002). Erişkinlerde ise İzmir trafik polislerinde yapılan bir çalışmada kandaki ortalama Pb düzeyi 25 g/dl, otoyol giş memurlarında 13,25 g/dl olarak gözlenmiş ve Pb'ye maruz kalmanın en sık görülen nedeni olarak yetişkinlerde konu ile ilgili meslek gruplarına dahil olmanın ve çocuklarda ise Pb bazlı boya ve Pb ile kontamine olmuş tozlar kurşun zehirlenmesi en sık karşılaşılan nedenini oluşturduğu bildirilmiştir (Kocabıyık ve Doğan, 1993). Cracow'da, multi-disiplinel olarak yürütölen "Cracow'da yol trafiğinden kaynaklanan hava kirliliğ ve Çocukluk Çağı Astımı" adlı bir çalışma sonucunda ise şehirdeki hava kalitesi ile çocuklardaki astım gelişimi arasında ilişki kurulmuştur (Méline ve diğerleri, 2011).

1.2. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Yol kenarlarındaki topraklarda taşıtlardan kaynaklanan ağır metal kirliliği üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu araştırmalarda genellikle trafik yoğunluğu ile ağır metal birikimi üzerine çalışılmış, kirliliğin yoldan uzaklıkla değişimi, hakim rüzgâr yönünün birikimde etkisi araştırılmıştır.

Adiloğlu ve diğerleri (2013), Kırklareli il sınırları içerisinde kalan TEM otoyolu kenarlarındaki tarım arazilerinde yaptıkları araştırmada, toprak örneklerinin hafif alkali pH'da olduğu, tekstürleri genellikle “kil” tekstür sınıfında olup, kireçleri bakımından “orta kireçli” sınıfına girdiğini belirlemişlerdir. Çalışmada ayrıca topraklarda Cd, Co, Cr ve Ni kirliliği belirlenememiş, ancak topraklarda Pb kirliliği saptanmış olup toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ağır metal içerikleri arasında önemli bazı istatistiksel ilişkiler olduğunu belirlenmiştir.

Ata, (2000), “Erzurum Ilıca Karayolu Güzergahında Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Kurşun Kirliliği” isimli çalışmasında E-23 Erzurum-Ilıca karayolu güzergahındaki topraklarda Pb kirliliğinin toprakların yoldan uzaklaştıkça mesafeyle ve toprak derinliğine bağlı olarak değişimi ortaya konulmuştur ve önemli düzeyde Pb kirliliği tespit edilmiştir.

Bilge ve Çimrin (2013), “Viranşehir-Kızıltepe Karayolu Kenarındaki Topraklarda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği” isimli çalışmada Pb, Cd, Ni, Cr ve Cu için tüm ağır metallerin konsantrasyonları topraklarda izin verilebilir sınır değerlerine yakın olmamalarına rağmen, mesafeye bağlı olarak karayolundan uzaklaştıkça ağır metal konsantrasyonlarının azaldığını tespit etmişlerdir. Topraklarda gözlenen ağır metal birikiminin trafik kökenli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Çavuşoğlu, Budak ve Arıca Çakır (2008), “Kırklareli- Kırşehir Karayolunda Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun Kirliliğinin Araştırılması” isimli çalışmasında karayolu kenarlarından toplanan *Sinapis arvensis* L. türünün yapraklarında Pb kirliliği araştırılmıştır. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında tüm istasyonlardaki Pb miktarları

istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Ayrıca *Sinapis arvensis* türünün Pb kirliliğini belirlemede biyolojik bir belirleyici olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Çubukçu ve Tüysüz (2005), Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) İzabe Tesisi, Samsun Gübre Sanayi (TÜGSAŞ) Tesisi ve Samsun Organize Sanayi (OSB) Bölgesi tesislerinin çevresel etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada tesislerin çevresindeki toprak, bitki ve sulara ağır metal (Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Cd ve S) analizleri irdelenmiştir. Çalışma sahasındaki topraklarda Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn kirliliği belirlenmiş olup, bu kirliliğin kaynağı tesisler olduğu vurgulanmıştır. Çalışma sahasındaki bitkilerde daha çok tütün, lahana ve mısırdaki kirlenme olduğu tespit edilmiştir.

Beşkaya ve diğerleri (2008), yaptıkları çalışmada Kırıkkale’de petrol rafineri ve silah fabrikaları çevresinde yetiştirilen koyunların çeşitli dokularında, yem, su ve toprakta bazı ağır metal düzeylerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada endüstri bölgesindeki bitki, toprak ve sudaki Cd düzeyi ortalamaları arasında anlamlı fark tespit edilmemiştir. Endüstri bölgesine en yakın olan yerdeki yeşil vejetasyon örneklerinin Pb düzeyleri diğer örnekleme bölgelerden elde edilenlere kıyasla yaklaşık 2 kat yüksek bulunmuştur. Toprakta Pb birikiminin endüstri bölgesinde kontrol örneklerinden anlamlı olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Özkul (2008), “ İzmit (Kocaeli) Civarında Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Derişimine Etkisi ” isimli yüzey topraklarında ağır metal toprak kirliliğini incelediği çalışmasında 16 istasyondan alınan örneklerde Cu, Pb, Zn, Co, As, Cd, Cr, Hg, Se elementlerinin konsantrasyonları ölçülmüştür. Çalışmada İzmit toprak değerlerinin yoğun endüstrileşmiş toprak değerleriyle karşılaştırılması sonucunda henüz ağır metallerce kirlenmediğini ancak, Cu ve Zn’de kirlenmenin yeni başladığını belirtmiştir.

Guagliardi ve diğerleri (2010), İtalya’nın güneyinde Cosenza-Rende kent topraklarından ve koordinatlandırılmış 149 yerden 0-20 toprak derinliğinden alınan örneklerde Pb konsantrasyonunun risk değerlendirmesi ve mekânsal yapısını araştırmalarıdır. Mekânsal dağılımı belirlemek için jeostatistiksel yöntemlerden yararlanılmıştır. Kirlenmiş alanların

oldukça geniş olduğu ve bu kirliliğin yakın gelecekte insan ve bitkiler üzerinde yapacağı sağlık problemlerine dikkat çekilmiştir.

Guo, Feng ve Chen (2013), Çin'de Dongguan şehrinde yaptıkları çalışmada bir sanayi bölgesine yakın toprak ve tarım ürünlerindeki Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, and As içerikleri araştırdıkları çalışmada örneklerin çoğunda sınır değerleri aşan ağır metal kirliliği tespit etmişlerdir.

Wao, Khare ve Ganguli (2014), Bhopal şehrinin Govindpura sanayi bölgesinden aldıkları ve Atomic Absorption Spectrophotometer ile ağır metal analizlerini yaptıkları topraklardaki Cr, Ni ve Pb konsantrasyonlarını yüksek bulmuşlardır. Ayrıca alanda çeşitli bitkilerde yapılan analizler sonucunda da yüksek düzeyde ağır metal birikimi olduğunu tespit etmişlerdir.

Haktanır, Arcak ve Erpul (1995), yürüttükleri benzer bir çalışmada, topraklarda Pb, Cu ve Cd birikimlerinin karayoluna olan uzaklığın artışıyla olan değişimlerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda mesafeye bağlı olarak azalan Pb miktarının ancak yoldan 500 m uzaklıkta normal değere düştüğü ayrıca Cd kirliliğinde de benzer bir azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Zhang (2006), İrlanda'nın batısındaki Galway şehrinde parklara ve çimenlerden alınan toplam 166 toprak örneğinde, çok değişkenli istatistik ve GIS teknikleri uygulayarak insan aktivitelerinden kaynaklanan kirlenici elementleri tespit etmeyi amaçladığı çevre değerlendirmesi çalışmasında, şehir merkezi, eski yerleşim alanları ve büyük trafikli yollarda yüksek konsantrasyonlarda Pb, Cu ve Zn tespit etmiştir. Çalışmada ayrıca bu kirliliğin şehirde yaşayanların sağlığına bir tehdit oluşturacağını vurgulamıştır.

Hamzeh, Aftabi ve Mirzaee (2011), Kerman şehri topraklarında ağır metal birikiminde trafiğin ve motorlu araçların potansiyel etkisi inceledikleri çalışmada şehrin trafiğin yoğun olduğu caddelerden boyunca 0-5 ve 15-20 derinliklerinden alınan 86 adet toprak örneğinde ağır metaller ile bazı makro elementlerin analizini yapmışlardır. GIS teknolojisinde yararlanarak jeokimyasal haritalar oluşturulmuştur. Yoğun kirlilik olan

alanlar benzin istasyonları yol kavşakları ve araçların yoğun olarak geçtiği alışveriş merkezleri olarak belirlemişlerdir. Çalışmada ayrıca, Kerman topraklarında kil minerallerinin fazlalığı ve orta seviyede alkali pH özelliğinde olmasının ağır metal hareketliliğinin düşük olmasına sebep olduğu belirtilmiştir.

Jaradat ve Momani (1999), çalışmasında Ürdün'ün güney bölümünü Umman'a bağlayan büyük otoyolun her iki tarafındaki yüzey toprağı, bitkiler ve hava örneklerinde Cu, Pb, Cd ve Zn içerikleri Atomik Absorbsiyon Spectrometresinde analizi yapılmıştır. Yolun batı ve doğusunda çıkan sonuçlar sınır değerlere göre oldukça yüksek bulunmuştur. Yolun doğusunda örnek alınan kısımdaki kirlilik değerlerinin fazla olması batı yönlü esen rüzgârlara bağlanmıştır. Kirlilik değerlerinin yoldan uzaklaştıkça azalması kirliliğinin yoldan kaynakladığı göstermiştir.

Karaçağıl (2013), İstanbul'un Anadolu Yakası'nda belirlenmiş sahil boyundaki yeşil alanların toprak kalitesi ve ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amacıyla toplam 404 adet toprak örneğinde fiziksel ve kimyasal analizleri, toprak kirliliği kapsamında Cd, Cr, Cu, Pb, Ni ve Zn analizleri yapılmıştır. Ağır metal kirlilik oranları 7 adet Cr, 1 adet Cu ve 2 adet Ni dışında sınır değerler içerisinde bulunmuştur. Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ağır metal içerikleri arasında bazı istatistiksel ilişkiler tespit edilmiştir.

Kluge ve Wessolek (2012), dünyanın en eski federal otobanı olan AVUS otobanı boyunca uzanan topraklardan belirli aralıklarla transektler oluşturarak alınan örneklerde Pb, Cd, Cu ve Zn ağır metallerinin birikimi incelenmiştir. Kadmiyum, Pb ve Zn değerleri yoldan uzaklaştıkça azalırken toprak çözeltisindeki konsantrasyonların bir metre ileride arttığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni olarak pH değerleri ve toprağın yüksek adsorpsiyon kapasitesi düşünülmüştür.

Keleş (2007), "Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği" isimli çalışmasında Konya şehir merkezindeki Alaaddin Tepesi, Alaaddin Keykubat Kampüsü ve 6 farklı şehirlerarası yol güzergâhı üzerindeki çam ağaçları ve toprak örnekleri bünyesindeki Pb, Zn, Cu, CO, Ni birikimi araştırılmıştır. Atomik Adsorbsiyon Spektrofotometresinde ölçülen ağır metallerin şehir trafiğinin yoğun olduğu, kavşak

noktalarının ve trafik lambalarının bulunduğu yerlerde ve bitki bünyesinde toprağa göre daha yüksek bulunduğu gözlenmiştir.

Manzak (2006), çalışmasında Niğde il sınırları içerisinde Kayseri-Adana karayolu (D805) boyunca yer alan toprakların B horizonundan aldığı toplam 180 örnekte trafik-kaynaklı kirlenmenin kapsamı ve boyutu incelemiştir. Çalışmasında yoldan itibaren ilk 20 m' lik kuşakların ağır metallerce, başta Pb, Zn, Cu ve Cd olmak üzere oldukça riskli alanlar olarak belirlemiştir.

Massadeh ve diğerleri (2004), Ürdün'ün İbrid şehrinde yaptıkları çalışmada ana yolların kenar topraklarından alınan 260 örnekte Pb ve Cd miktarları analiz edilmiştir. Sonuçlara göre kirliliğin motorlu araçların emisyonlarından kaynakladığı belirtilmiştir.

Ok (2008), “Sakarya Bölgesindeki Topraklardaki İnorganik Kirleticilerin araştırılması” isimli çalışmasında Sakarya’da tarım yapılan belirli alanlarda inorganik kirleticilerin oluşturduğu kirlilik incelenmiştir. Sonuç olarak Cr, Ni gibi bazı elementlerde kirlilik olduğu belirlenmiştir.

Osma ve diğerleri (2013), İstanbul’da sahil bölgesi, sanayi bölgesi, şehir içi, kırsal alanda, yol kenarı ve kenar mahalle olmak üzere 6 alandan vejetasyon süresi içerisinde örnekleri alınan *Capsicum annuum* L., *Phaseolus vulgaris* L., ve *Solanum melongena* bitkilerindeki Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn seviyelerinin araştırıldığı çalışmalarında, kuru ve yaş yapraklar ile toprak örnekleri ICP-OES yöntemiyle analiz edilmiştir. Sanayi bölgeleri ile yol kenarlarındaki sebzelerde ağır metal içerikleri daha yüksek bulunmuştur.

Ölgen ve Gür (2012), Yatağan Termik Santrali çevresinden toplanan *Xanthoria parietina* türü likenleri biyoindikatör olarak kullanarak, bünyelerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının hava kirliliği ve çevreye etkileri değerlendirildiği çalışmada, Hg, Ni, Pb, Cu ve Fe analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar haritalanarak önceki çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Buna göre en kirli alanların santralin yakın çevresi (daha

çok batı) ile hâkim rüzgâr yönü ve topografya özellikleri dikkate alınarak Yatağan depresyonunun güneydoğusunda yer alan yamaçlar olduğu belirlenmiştir.

Rodriguez-Flores ve Rodriguez-Castellon (1982), Pource Rico’da yol kenarlarındaki toprak ve bitkilerde Pb ve Cd kirliliğini araştırdıkları çalışmada bu metallerin bitki ve topraktaki miktarlarının normal değerlerin oldukça üzerinde olduğu, trafik yoğunluğu, hâkim rüzgâr yönü, yola olan mesafe, yerel topografik özellikler ile örnekleme zamanına göre değişim gösterdiğini ortaya koymuştur. Toprak ve bitkideki Pb miktarının yoldan mesafeyle azaldığını ve 33 m’ de normal konsantrasyona düştüğünü belirtmektedir.

Çavuşoğlu ve diğerleri (2009), “Giresun–Ordu Karayolunda Taşıt Trafikinin Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması ” isimli çalışmalarında karayolu boyunca asılan *Peltigera praetextata* (Sommerf.) Zopf. liken türünde Pb kirliliğinin seviyesini araştırmışlardır. Çalışmada Giresun ve Ordu illerinin yakınında yer alan istasyonlardan toplanan örneklerdeki Pb kirliliği, diğer istasyonlara göre daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, *P. praetextata* türünün Pb kirliliğinin belirlenmesi için biyolojik bir belirteç olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Duru ve diğerleri (2011), Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon ve Rize illeri ile Hopa ilçesi arasında uzanan Karadeniz Sahil yolundan toplanan *Verbascum sinuatum* L. (Scrophulariaceae) (sığırkuyruğu) türünün yapraklarında taşıtların sebep olduğu ağır metal kirliliğinin boyutları araştırdıkları çalışmada yaprak örneklerinde gerçekleştirilen ağır metal ölçümleri sonucunda sırasıyla Pb > Zn > Cr > Ni > Cu > Cd rastlanılmıştır. Bu çalışma sonuçları yapraklardaki ağır metal birikiminin trafik yoğunluğu ile arttığını ve *V. sinuatum* türünün bu birikimin tespitinde biyolojik bir belirleyici olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Muhammet (2000), çalışmasında Ankara- İstanbul yolu üzerindeki bir gölgede yetişen belirli bitki türlerinde Pb konsantrasyonları incelemiş ve bu bitkilerdeki Pb miktarı ve ile bitki cinsleri arasındaki ilişkide en çok Pb tutan bitki cinsleri belirlemiştir. Bitkiler

kök, gövde ve yapraklar olacak şekilde bir bütün olarak alınmış ve çalışma sonucunda en uygun bitki olarak *Atriplex* ve *Xanthium* bitkileri seçilmiştir.

Çilali (2012), çalışmasında Amasya-Tokat karayolunun 15 ile 21'nci km'leri arasında doğal olarak yetişen kuşburnu bitkilerindeki ağır metal birikimini belirlemek amacı ile karayoluna yakın belirli mesafelerde yetişen kuşburnu bitkilerinin yaprak, meyve ve bitki taç izdüşümlerindeki toprak örnekleri alınmıştır. Çalışma sonucunda kuşburnunun mesafelere paralel olarak ortam kirlenmesinden etkilenmediği sonucuna ulaşılmıştır.

Ertugay, Başlar ve Sallan, (2010), Beyşehir - Isparta karayolu kenarında yaptıkları bir çalışmada yol kenarından itibaren 10, 20, 40, 60 ve 80 metre uzaklıktaki beş noktadan alınan buğdaylardaki Pb ve Cd içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca karayolundan uzaklık ve buğdaylardaki Pb ve Cd kirlilik düzeyi arasındaki korelasyonun sırasıyla -0.938 ve -0.918 olduğu gözlemlenmiştir. Karayolu kenarında yetiştirilen buğdayların ağır metal kirlenmesine maruz kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yakupoğlu ve diğerleri (2008), çalışmalarında birbirine 1 km yakınlıkta birisi trafiğin yoğun olduğu şehirlerarası yol kenarından diğeride trafiğin daha az olduğu iki kentsel çevreden olmak üzere 17 yabancı hindiba (*Cichorium intybus L.*) bitkisinde Pb oranları analiz edilmiştir. Yapılan istatistik analizler sonucu, trafiğin yoğun olduğu çevre ile az olduğu çevre arasında bitkilerin Pb oranı bakımından anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Ancak yoğun trafikten uzakta bulunan çevredeki bitkilerin bile yüksek Pb içermesi, söz konusu bitkilerin tüketilmesi sonucu besin zincirine yüksek oranda Pb girmesine neden olacağı kanaatine varılmıştır.

Sarı (2009), "Edirne ve çevresinde Otoban Kenarlarındaki Topraklarda Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması" isimli çalışmasında Edirne ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarındaki ekstrakte edilebilir Pb miktarının 1.212 ile 5.560 mg/kg arasında değiştiğini saptamıştır. Araştırmasında söz konusu tarım alanlarındaki Pb kirliliğinin önemli bir sorun olduğunu ve kirliliğin araştırma alanında %42.85'e ulaştığını ortaya koymuştur.

Yalcin, Narin ve Soylak (2008), yaptıkları çalışmada Gümüşler Deresi'nden sistematik bir şekilde aldıkları sediment örneklerinde ağır metalleri araştırmışlardır. Örneklerdeki ağır metal içerikleri XRF Spektrometre ile analiz edilmiş ve verilere istatistiksel analizler uygulanmıştır. Bazı elementler arasında güçlü korelasyon olduğu saptanmıştır. Analiz sonuçlarının toprak için belirlenen ağır metal sınır değerlerini aştığı gözlemlenmiştir.

Sarıgül ve Kazan (1994), "Egzos Gazlarının E-5 Karayolunun Bolu-Ankara Kesiminde Orman Toprağı ve Ağaçlarına Etkileri Üzerine Araştırmalar" isimli çalışmalarında E-5 Karayolunun özellikle Bolu-Ankara kesimindeki yoğun trafikten kaynaklanan egzos gazı emisyonunun yol kenarındaki orman ağaçları ve orman topraklarında üzerinde önemli derecede olumsuz etkileri olduğu tespit etmişlerdir.

Sezgin ve diğerleri (2003), İstanbul'un Topkapı-Avcılar güzergâhı üzerindeki E-5 karayolunun 18 km' lik alanında, 22 farklı noktadan toprak alarak yürüttükleri çalışmada; Pb, Cu ve Zn konsantrasyonların normal seviyelerinin çok üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Şişman (1999), "Sapanca Bölgesinde Tem Otoyolundan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği" isimli çalışmada Sapanca TEM otoyolu etrafındaki topraklarda çevre kirliliğine neden olan bazı ağır metalleri (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr) araştırmış ve Pb ve Cu için birikimlerin sınır değerlerin üzerinde kirlilik oluşturduğunu belirlemiştir. Zn, Ni, ve Cr için bulunan sonuçlar dünya standartlarının altında iken Cd için nicel değerler elde edilememiştir.

Sümer ve diğerleri (2013), "Karamenderes Havzası Topraklarında Bazı Ağır Metallerin (Cr, Ni, Pb) Kirliliğinin Araştırılması" isimli çalışmada Çanakkale ili Karamenderes Havzası tarım alanlarında bazı ağır metallerin kirlilik düzeylerini araştırmak amacıyla 80 farklı noktadan alınan toprak örneklerinde ekstrakte edilebilir Cr, Ni ve Pb analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda topraklarda Pb kirliliği saptanmıştır.

Pivić, Stanojković Sebić ve Jošić (2013), Avrupa'nın önemli uluslararası yollarından biri olan 400 km uzunluğundaki E 75 yolu boyunca toprak ve bitkilerdeki Pb, Cu, Ni, Hg elementleri incelemiştir. Toprak ve bitki örnekleri yolun her iki tarafından 8 km aralıklarda ve yola dik olarak şekilde 10,30, 50 ve 400 m deki mesafelerden alınmıştır. Sonuçlara göre kirliliğin kaynağı olarak antropojen kirliliğin yanı sıra bitki koruma ilaçları ve gübrelerin aşırı kullanımı ve ayrıca araştırma alanındaki belirli bölümlerde motorlu araçlardan meydana gelen hava kirliliğinin etkisi olduğu ve bazı element konsantrasyonlarındaki fazlalığın nedeni olarak da toprakların olduğu ana materyalin kimyasal bileşiminin baskın etkisi belirlenmiştir.

Viard ve diğerleri (2004), Fransa'da yaptıkları çalışmada, A31 otoyoluna yakınlarında trafik yoğunluğunun fazla olduğu yerlerden yolun 1-320 m arasındaki alandan aldıkları yol kenarı toprakları ile doğal olarak yetişen *Graminaceae* bitkisi ve *Helix aspersa* salyangozlarında Zn, Pb ve Cd konsantrasyonları incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre otoyolun yüksek düzeyde ağır metal birikimi yaptığı gözlemlenmiştir. En yüksek değerler 5 -20 m arasında bulunmuş ve yoldan uzaklaştıkça kirliliğin azaldığı ve Pb birikiminin yol trafiğinden kaynaklanan en önemli metal kirliliği olduğu belirlenmiştir.

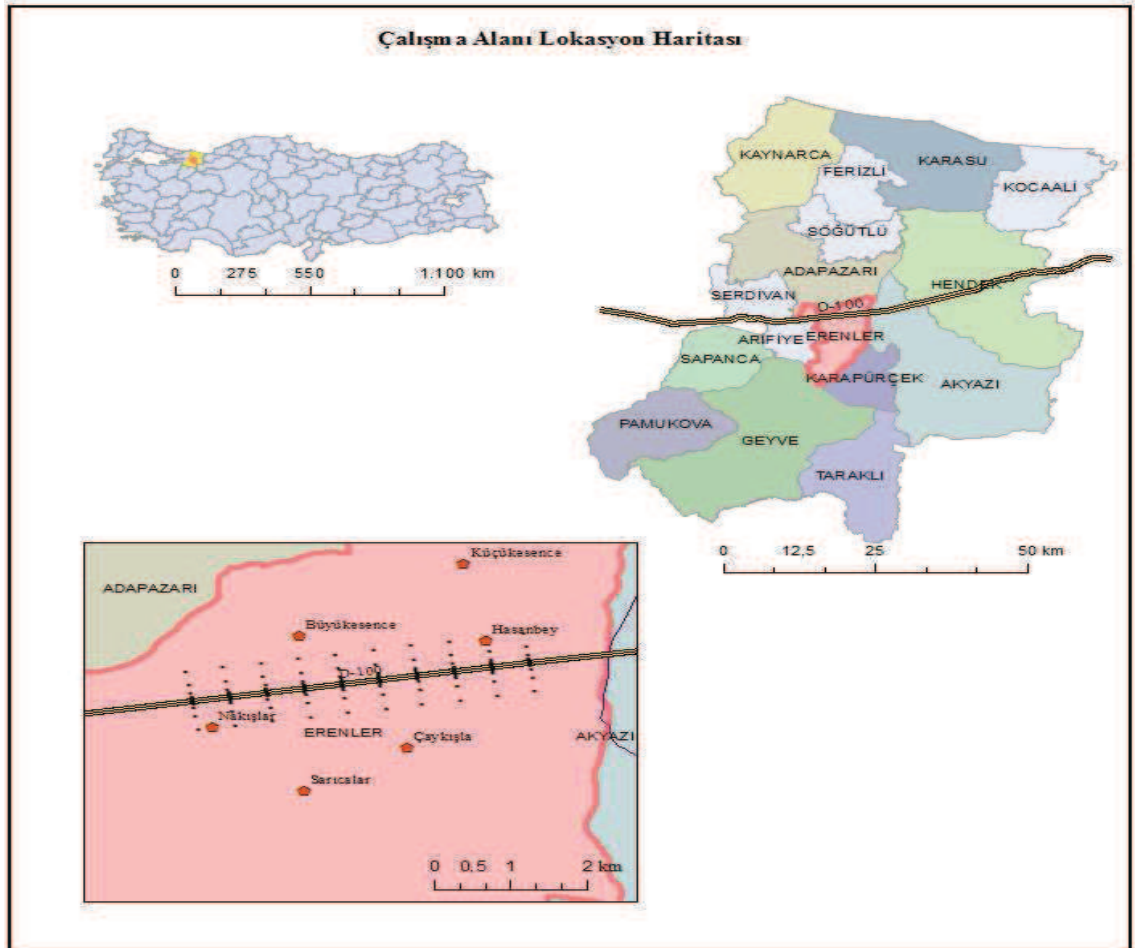
Tosyalı (2006), çalışmasında İstanbul Anadolu yakası E-5 otoyolunda Pendik'ten Levent'e kadar olan güzergâh boyunca yol tozlarında ağır metal kirliliği araştırılmış ve çalışma alanında geçen araç sayıları ile kirlilik arasındaki korelasyon ilişkisini incelemiştir. Ölçümler sonucunda, İstanbul Anadolu Yakası E-5 karayolu yol tozlarında, canlı ve çevre sağlığı bakımından toksik etki gösterebilecek Pb, Cu gibi eser elementlerin konsantrasyonlarının kirlilik oluşturabilecek seviyede olduğunu belirlemiştir.

BÖLÜM 2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Alanının Konumu

Çalışma alanı Sakarya Nehri'nin doğusundan Mudurnu Çayı'na kadar olan kısımda Erenler ilçesine ait Nakışlar Mahallesi ile Hasanbey Mahallesi arasında D100 karayolu etrafında 40°44' K - 40°45'K ile 30°27'D - 30°30'D koordinatları arasında yer almaktadır. Karayolu boyunca uzanan topraklardan örnek almaya müsait; yerleşmelerin ve yer yer küçük sanayi alanlarının ayrıca tarım alanlarının da bulunduğu 4,5 km² lik bir alanı kapsayan kısım örnekleme alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 3).



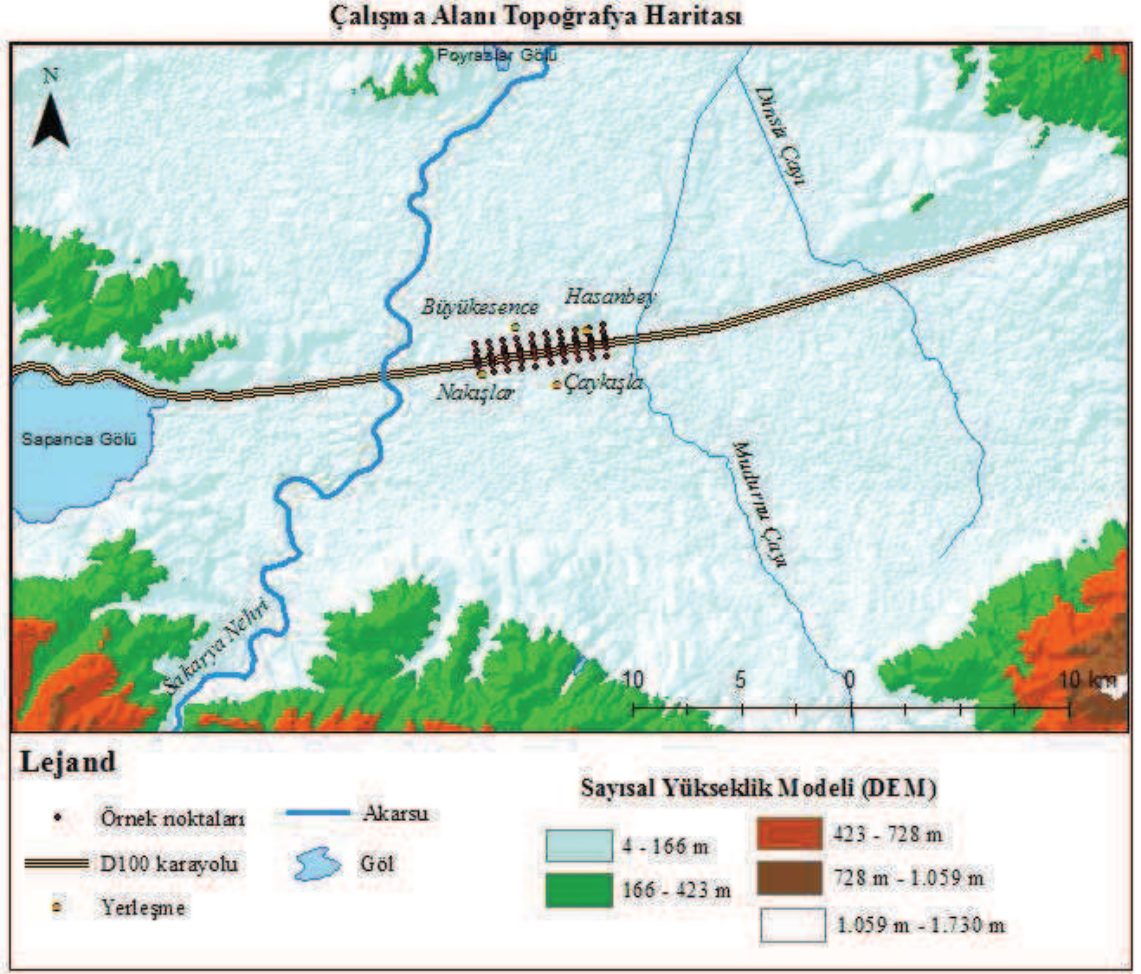
Şekil 3. Çalışma Alanı Lokasyon Haritası

2.1.2. Çalışma Alanının Fiziki Coğrafya Özellikleri

2.1.2.1. Yeryüzü Şekilleri

Araştırma alanı, Sakarya ilinin orta kesiminde Sakarya Nehri ve Mudurnu Suyu'nun taşıdığı alüvyonlarla doldurulmuş tektonik kökenli bir çukurluk olan Adapazarı ovasında yer alır. Kalın bir alüvyal dolgu ile kaplı olup, zaman zaman Sakarya Nehri'nin taşkın suları altında kalan bu ovanın güneybatısında Sapanca Gölü yer alır. Ovanın kuzeyi ile Karadeniz arasında Kocaeli platosunun uzantısı olan az yüksek platolar ve tepeler yer alır (Sakarya İli Arazi Varlığı, 1995: 10). Şekil 4'te çalışma alanı ve çevresinin topoğrafya haritası verilmiştir.

Çalışma alanı ve yakın çevresinin topoğrafyası ve jeomorfolojik durumu Sakarya ilinin ortasında yer alan Akova denilen düzlükle yer aldığından oldukça sade ve yükseltisi ortalama 31 m civarındadır. Aşağı Sakarya Vadisi'nde Sapanca Gölü ile Adapazarı'nın doğusunda yer alan, doğuda Keremali Dağı'nın eteklerine dek uzanan Akova diğer adıyla "Adapazarı Ovası", Marmara Bölgesi'nin en büyük ovalarından biridir. Sakarya Nehri'nin taşıdığı kalın bir alüvyon tabakasıyla kaplı olduğundan oldukça verimlidir. Ovayı güneyden kuzeye doğru akan Sakarya Irmağı ve doğudan kuzeye doğru akan Mudurnu Çayı sulamaktadır (Sakarya İli Çevre Durum Raporu, 2008). Araştırma alanının bulunduğu düzlük alanı daha iyi temsil etmesi açısından konumunu gösteren harita Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Çalışma Alanı ve Çevresinin Topoğrafya Haritası

2.1.2.2. İklim Özellikleri

2.1.2.2.1. Sıcaklık ve Yağış

Adapazarı ve çevresi ile içinde bulunduğu Marmara Bölgesi coğrafi konum itibariyle Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında daha çok geçiş iklimi özelliği göstermektedir. Karadeniz yağış rejiminin daha fazla hissedildiği araştırma alanında her mevsim her ay yağışlı geçmekle birlikte yağış miktarları tipik Karadeniz yağış değerlerinden daha düşüktür. Sıcaklık koşullarına bakıldığında ise, yıllık ortalama sıcaklıklar açısından Marmara Bölgesinin genel karakterini yansıtmaktadır. Genel olarak 12-15 °C arasında değişen Marmara Bölgesi yıllık ortalama sıcaklık değerleri içinde kalan yıllık ortalama sıcaklık Sakarya'da 14.4 °C' dir ve bu durum Akdeniz makroflorası etkisinin bu alanda halen devam edebildiğini göstermektedir (Uludağ, 1998:16). Sakarya Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 1960 - 2013 yıllarına ait iklim verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık

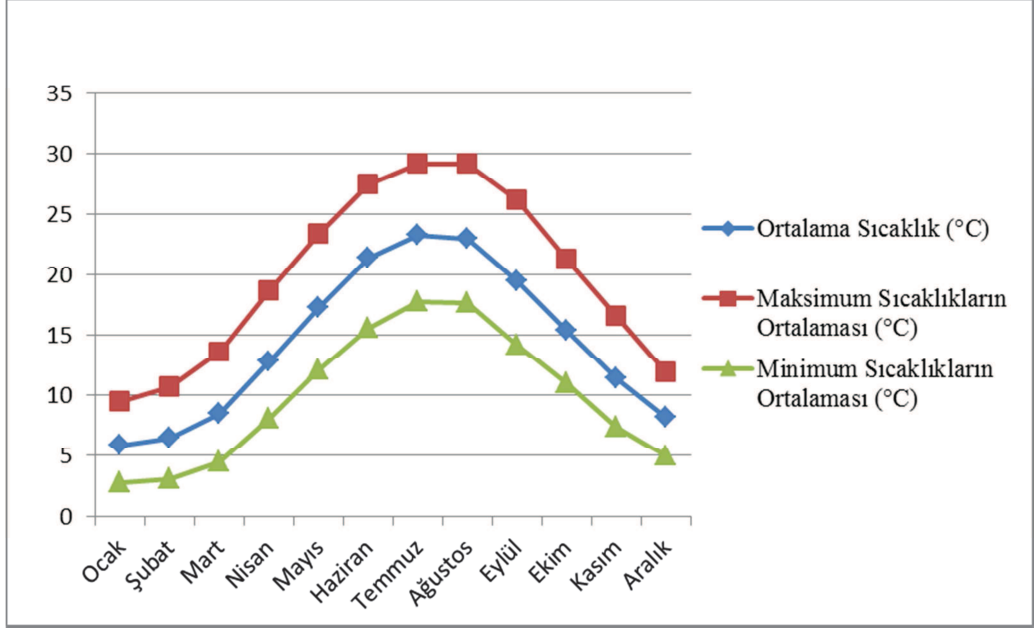
14.4°C, Temmuz ve Ağustos aylarına ait ortalama en yüksek sıcaklık 29.2°C, kışın Ocak ayı en düşük ortalama sıcaklık 2.8°C'dir (Tablo 6). Yıllık ortalama toprak sıcaklığı 50 m derinlikte 16.6°C' dir. Çalışma alanında uzun yılların (1960-2013) ortalama yıllık sıcaklık grafiği Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 6'da ise çalışma sahasında uzun yıllara ait aylık ortalama yağış miktarları verilmiştir.

Tablo 6

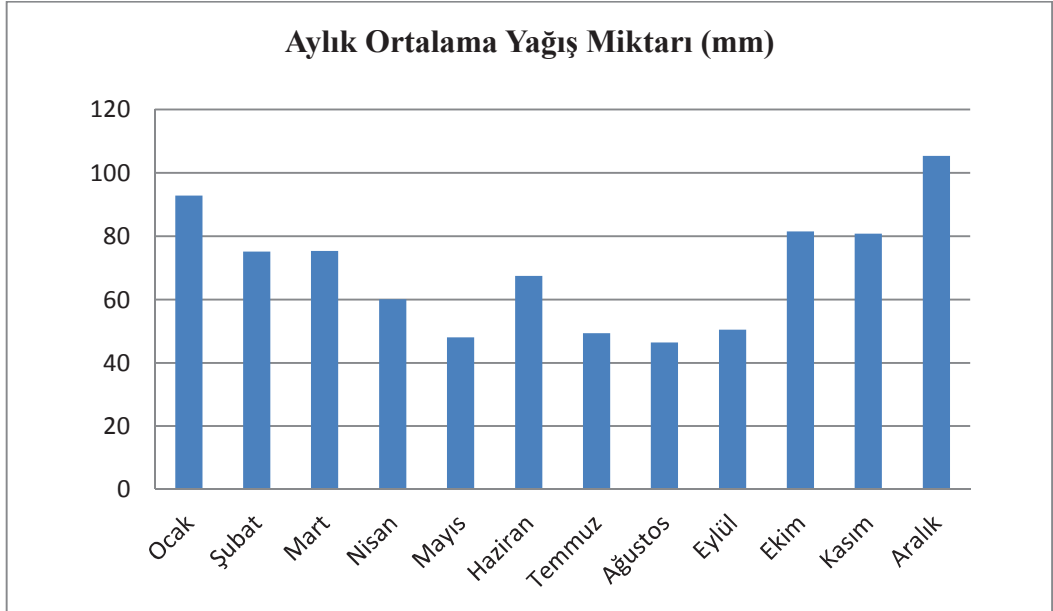
Araştırma Alanının Aylık ve Yıllık Ortalama ile Ekstrem Sıcaklık (°C)
Değerleri

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)	Maksimum Ort Sıcaklık (°C)	Minimum Ort Sıcaklık (°C)
Ocak	5,9	9,5	2,8
Şubat	6,5	10,7	3,1
Mart	8,5	13,6	4,5
Nisan	12,8	18,7	8,1
Mayıs	17,3	23,4	12,1
Haziran	21,4	27,5	15,6
Temmuz	23,3	29,2	17,8
Ağustos	23	29,2	17,7
Eylül	19,5	26,2	14,2
Ekim	15,4	21,3	11
Kasım	11,4	16,6	7,4
Aralık	8,2	11,9	5
Yıllık	14,4	19,8	9,9

Kaynak: MGM (1960-2013).

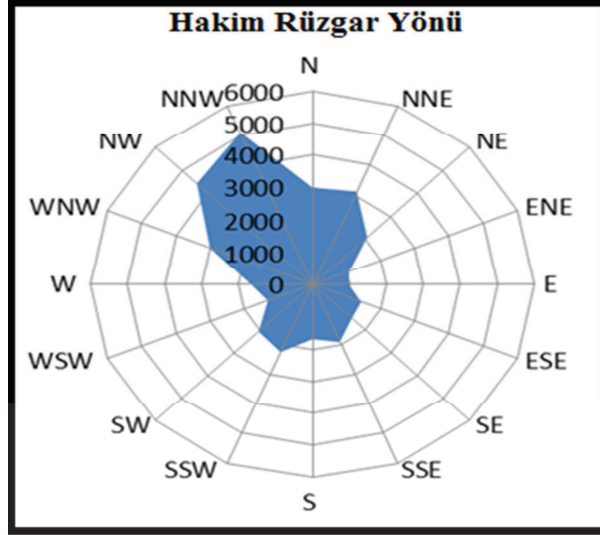


Şekil 5. Çalışma Alanında Uzun Yılların (1960-2013) Ortalama Yıllık Sıcaklık Grafiği
Kaynak: MGM (1960-2013).



Şekil 6. Çalışma sahasında Uzun Yıllara Ait Aylık Ortalama Yağış Miktarları
Kaynak: MGM (1960-2013).

Yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 832 mm' dir (Şekil 6). Güneybatı - kuzeydoğu yönünde 4.5 km, kuzeybatı – güneydoğu yönünde toplam 1 km uzanişa sahip çalışma alanında hakim rüzgar yönü kuzeybatıdır (Şekil 7). Sakarya Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 1960-2013 yıllarına ait ortalama rüzgar esme yönleri kullanılarak oluşturulan hakim rüzgar yönü grafiği Şekil 7' te verilmiştir.



Şekil 7. Çalışma Alanında Yıllık Ortalama Rüzgâr Esme Yönleri

Kaynak: MGM (1960-2013).

2.1.2.3. Bitki Örtüsü

Bitki topluluklarının dağılışı belli ekolojik şartlara bağlıdır. Özellikle iklim bitkilerin dağılışında belirleyici rol oynamaktadır. Buna karşılık günümüz iklim şartlarına uymayan bazı türlerin belli noktalarda bulunması, o bölgenin paleoklimatolojik şartları ile ilgilidir. Bunun yanında bir bölgenin paleoklimatolojik şartlarını anlayabilmek için bitkiler çok yardımcı olmaktadır. Sahanın büyük bir kısmını kaplayan ovalık alanlar ve bu ova içinde bulunan bataklık sahalarında zamanla kurutulularak tarıma açılması, bu sulak alanların asli bitki topluluklarının ortadan kalkmasına veya çok sınırlı alanlarda kalmasına neden olmuştur (Mudurnu bataklığındaki diş budak ormanı gibi). Daha önceleri Mudurnu Suyu ve kollarının Mudurnu Bataklığı olarak bilinen ve içinde dişbudak, söğüt, meşe, kavak, karaağaç, kızılbaş gibi ağaçlardan oluşan bir orman ile kaplı sahaya boşalmakta olduğu ancak daha sonraları DSİ tarafından bu akarsular

kanallara alınmak ve ayrıca kurutma kanalları açılmak suretiyle bu alanların büyük bir kısmı kurutulduğu bilinmektedir (Uludağ, 1998:14,49). Mudurnu Suyu'nun batısında yer alan çalışma alanı yol kenarlarında *Rubus fruticosus* (Böğürtlen), *Xanthium strumarium* (Pıtrak), *Cichorium intybus* (Hindiba), *Equisetum telmateia* Ehrh. (At Kuyruğu), *Cephalaria Transilvanica* (Tarla Pelemiri), *Solanum Nigrum* (Köpek üzümü), *Gastridium scabrium*, *Poaceae* (diğer ismiyle *Gramineae*) türleri, *Convolvulus Arvensis* (Kuzu sarmaşığı veya tarla sarmaşığı) gibi doğal olarak yetişen otsu bitkiler ile bazı kısımlarda ticari amaçlı *Populus tremula* (titrek kavak) yetiştirilmektedir. Çalışma alanı içerisindeki tarlalarda yer yer meşe ve söğütler de bulunmaktadır.

2.1.2.4. Toprak Özellikleri

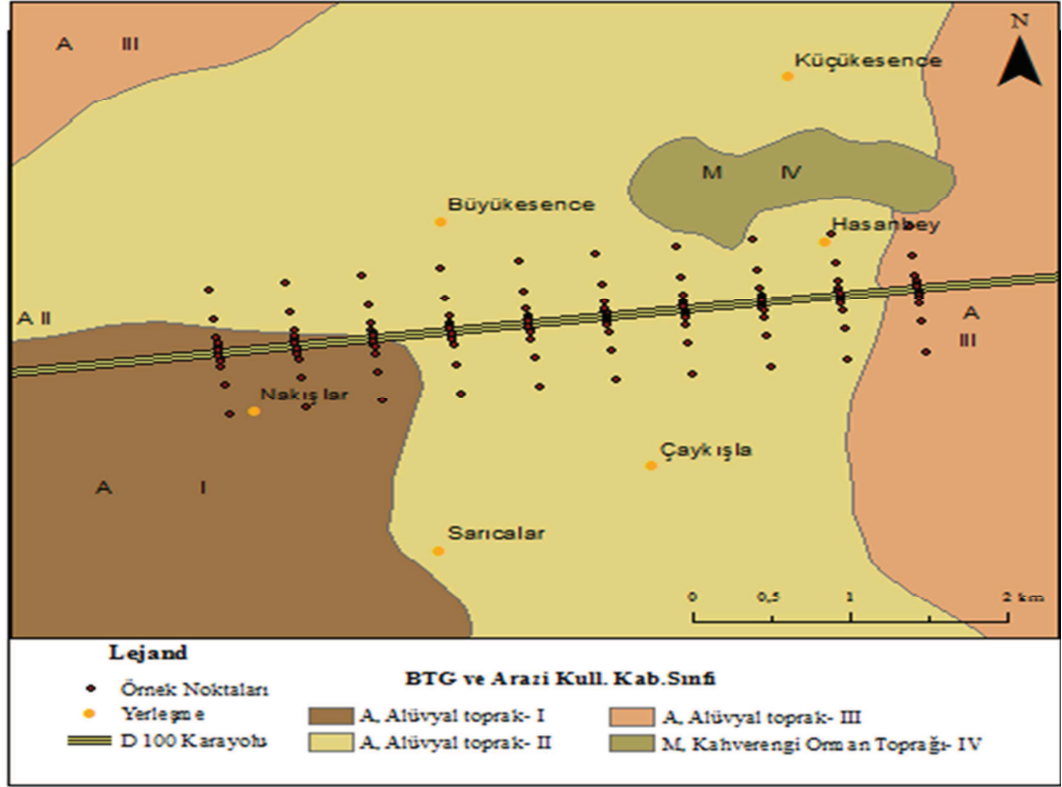
Çalışma sahasının içerisinde yer aldığı Adapazarı ovasında en fazla yayılış gösteren toprak çeşidi alüvyal topraklardır. Çalışma alanı ve yakın çevresinin toprak özelliklerini gösteren harita Şekil 8' de verilmiştir. Toprak grupları için sadece çalışma alanını ilgilendiren alüvyal toprakların açıklamasıyla yetinilmiştir.

Alüvyal Topraklar

Nehir çökeltilerinin sedimentlerinden oluşan topraklara alüvyal topraklar denir. Bu toprakların taban suyu seviyesi, nehir suyu seviyesi ile mevsimlere bağlı olarak alçalır ve yükselir. Alüvyal topraklarda taban suyu, devamlı olarak yüksek seviyede kalırsa gleyleşme gerçekleşir. Taban suyu seviyesi uzun süre alçak seviyede kalırsa iyi havalanmaları nedeniyle kahverengi topraklara, rendzinalara veya çernozemlere dönüşürler. Alüvyal topraklar genellikle periyodik olarak ilkbaharda veya sonbaharda su basmasına uğrarlar (Türüdü, 1992: 63).

Akarsuların biriktirdiği genellikle ince boyutlu (kum ve mil) malzemelerin üzerindeki depolanarak oluşan alüvyal toprakların fiziksel ya da kimyasal özelliklerini, alüvyonun kaynaklandığı ana materyalin özelliği, taşınma ve birikme sırasında meydana gelen değişimler etkiler. Buna bağlı olarak ana materyal kireçli ise alüvyon da kireçli, ana materyal kumlu ise alüvyon da kumlu, ana materyal killi ise alüvyon da killi, ana materyal koyu renkli ise ana materyal açık renkli ise alüvyon da açıktır (Atalay, 2011: 435). Üzerindeki bitki örtüsü iklime bağlıdır. Buldukları iklim şartlarına

uyabilen her türlü kültür bitkisinin yetiştirilmesine elverişli üretken topraklardır. Alüvyal topraklar Sakarya'da daha çok Sakarya Nehri boyunca uzanmaktadır. Bu topraklar akarsular tarafından taşınan depolar üzerinde oluşan A ve C profilli genç topraklardır. Mineral birleşimleri akarsu havzasının litolojik bileşimiyle jeolojik periyotlarda yer alan toprak gelişimi sırasındaki erozyon ve birikme devirlerine bağlı olup heterojendir. Profillerde horizonlaşma ya hiç olmamış ya da çok az belirgindir. Buna karşılık değişik özellikte katlar görülür. Çoğu yukarı arazilerden yıkanan kireççe zengin topraklardır (Sakarya İli Arazi Varlığı, 1995: 13). Toprak şartlarının elverişliliğini morfolojik yapı ve iklimik faktörler de arttırmış ve yetiştirilen ürünlerin çeşitlilik kazanmasına ve randımanın yükselmesine katkıda bulunmuştur. Humus miktarının düşük olması, kalker nispetinin fazla bulunması ve bir miktar da kil içermesi nedeniyle oldukça verimli bir özellik gösteren bu alüvyal ova toprakların bünyesinde bol miktarda karışmış kum da işlemeyi kolaylaştırarak toprak değerini artırmıştır (Emiroğlu, 1965: 1, 8). Şekil 8' de arazi kullanım haritasında gösterilen, çalışma alanı ve yakın çevresinde I,II, III ve IV ile belirtilen yerlerin tamamı "toprak işlemeli tarıma elverişli araziler" dir (Sakarya İli Arazi Varlığı, 1995).



Şekil 8. Çalışma Alanı ve Çevresinin Büyük Toprak Grupları ile Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfları

Kaynak: Sakarya İli Arazi Varlığı (1995).

2.1.2.5. Hidrografik Özellikler

Yeryüzünü şekillendiren dış kuvvetler arasında en geniş sahaya yayılmış olanı akarsulardır (Eriñç, 2012: 373). Türkiye’de akarsu şebekesinin oluşumunun çok yeni olduğu, hatta halen devam ettiği bilinmektedir. Bunlar, aynı zamanda Plio-Kuaternerden daha eski bir devreye de ait değildir ve o zamandan beri oldukça değişmişlerdir. Deta Kuaternere has özel bir akarsu şebekesi kurulmuş gelişmiş ve gelişmektedir (www.journals.istanbul.edu.tr). Çalışma alanının batısında yer alan ve ülkemizin en önemli akarsularından birisi olan Sakarya Nehri, çok geniş bir drenaj (58.000 km²) havzasına sahiptir. Sakarya yatağı esas uzanışı kuzeydoğu olan ve 1,5 km’ye yaklaşan bir menderes kuşağına sahiptir. Geyve Boğazı’ndan çıktıktan sonra önce doğuya yönelen Sakarya daha sonra kuzeye doğu dönerek ova içerisinde menderesler çizerek yoluna devam etmektedir (Uludağ, 1998: 47). Adapazarı ovasını kat ettiği yatağı

boyunca Sakarya, bilhassa menderesler yaptığı kısımlarda yakın zamanlarda meydana gelen yatak değişiklikleri göstermiştir (Bilgin, 1984: 40).

Çalışma alanının doğusunda yer alan Mudurnu Suyu ise kaynağını Abant silsilesi, Kocaman Dağ ve Karadağ kütlelerinden alarak Kuzuluk civarında ve Akyazı batısından ovaya dâhil olmaktadır. Geniş bir alüvyal yatağa giren, 65 km'lik uzunluğa sahip Mudurnu Çayı örgülü bir drenaj özelliği göstermektedir. Bu noktadan itibaren Mudurnu Çayı Sakarya ile birleştiği noktaya kadar kanala alınmıştır ve bu kanal içerisinde akışına devam ederek Mağara Boğazı'na girmeden Sakarya ile birleşirler. Ayrıca ova içerisinde açılmış sayısız kurutma kanalları da bu Mudurnu Çayı kanalına bağlanmak suretiyle bataklık alanlar kurutulmuş ve ovanın suyu drene edilmiştir. Belli bir süre ve Mudurnu Çayı'na paralel akan Kayalar Deresi ise daha sonra Hasanbey civarında Mudurnu Suyu ile birleşmektedir. Kayalar Deresi, Mudurnu Çayı gibi ovaya girdikten sonra yatakları ıslah edilmiş ve kanala alınmıştır. Bu kanala alma işlemi yeni bir yatak açmak açılarak değil eski yatağın kanala dönüştürülmesiyle oluşturulmuştur (Uludağ, 1998: 49, 52).

2.1.2.6. Jeolojik Özellikleri

Sakarya toprakları Kuzey Anadolu fay sistemi üzerinde yer kabuğunun yıkıcı depremlerle sarsıldığı bir kuşakta yer alır. Faylarla sınırlanmış bir çöküntü alanı olan Adapazarı ovasının çevresinde Pliyosen çökelleri ve orta kesiminde kalınlığı 100 m'yi aşan genç alüvyonlar yer alır (Sakarya İli Arazi Varlığı, 1995: 11).

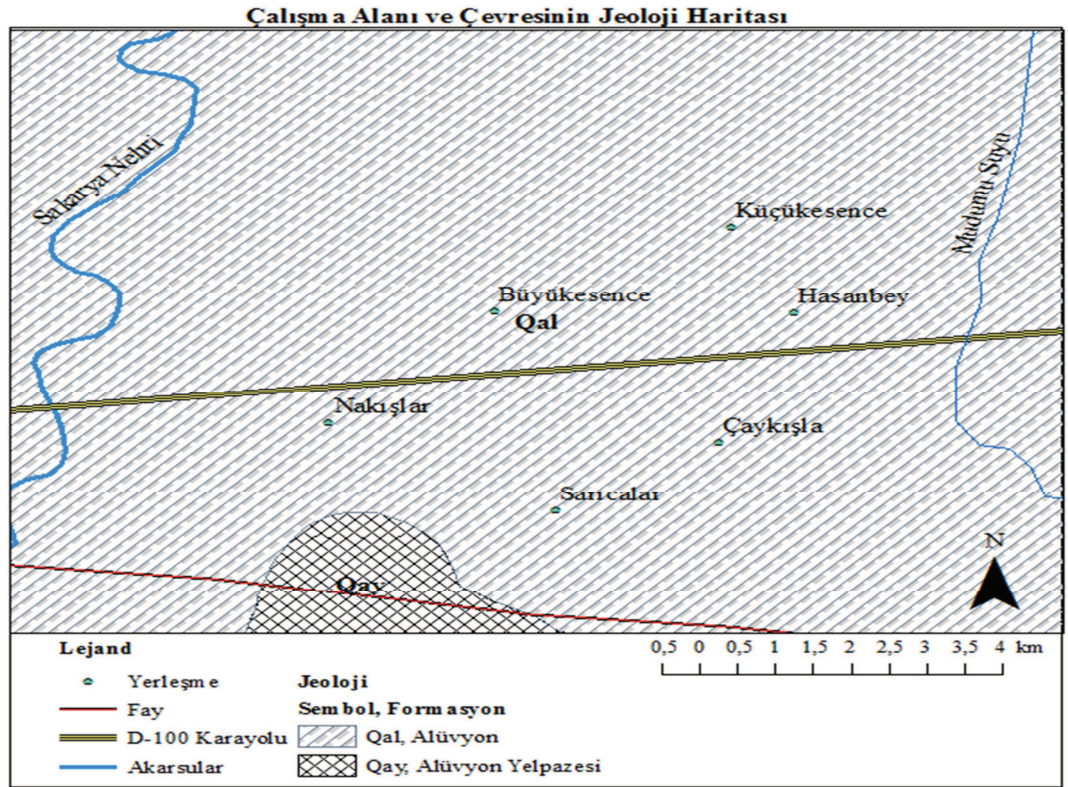
Çalışma sahasının jeolojik yapısı genel olarak örtü birimlerinden oluşmaktadır. Jeoloji haritasında genellikle alüvyonlardan oluşan araştırma alanının genel çevresi de beraberinde gösterilmiştir (Şekil 9). Ancak birimlerin açıklanmasında çalışma alanını ilgilendiren oluşumların açıklamasıyla yetinilmiştir. Aşağıda örneklerin alındığı saha ve çevresindeki jeolojik oluşumlar ifade edilmiştir.

Alüvyon (Qal)

Akarsu yataklarında eski çukurluklar üzerine gelişmiş düz alanlardaki çakıl, kum çamur çökelleridir (Timur, Aksay ve Gedik 2002: 18).

Alüvyon Yelpazesi (Qay)

Akarsu kenarları ve ovalarda görülen çakıl, kum, çamur birikintileridir. Çalışma alanında gözlenen en genç tektonik aktivite ise, iki kol halinde izlenen Kuzey Anadolu fayıdır. Bu kollardan birincisi Adapazarı'nın güneyinde yer alan ve Sapanca Gölü'nü ortalararak devam eden doğu-batı doğrultulu sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu fayının kuzey koludur. Bu kol en son 17 ağustos 1999'da faaliyet göstermiş olup 7.4 büyüklüğünde ve yaklaşık 3 m atımlı bir deprem meydana getirmiştir. İkinci kol ise Pamukova – Geyve güneyinden geçer. Kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu sağ yanal atımlı KAF'ın güney kolu'dur (Timur, Aksay ve Gedik 2002: 19).



Şekil 9. Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeoloji Haritası

Kaynak: TÜBİTAK-ODTÜ-MTA,1999'dan değiştirilerek hazırlanmıştır.

2.1.2.7. Genel Tektonik Özellikler

Adapazarı çevresi ve onun içinde yer alan ovaya ismini veren ve bugün bir sanayi ve ticaret merkezi olarak gittikçe önem kazanarak büyük bir nüfusa sahip olan Adapazarı, batı kısımda kurulmuştur. Farklı istikametlerden gelen yolların birleştiği bu şehir alüvyal dolgu üzerinde yayılmış, fakat bu yayılma daha çok kuzey-güney doğrultusunda gerçekleşmiştir. Adapazarı Sakarya Nehri'nin batısında kalan kısımda tipik bir ova şehri olarak dikkat çekmekte olup farklı tarihlerde meydana gelen şiddetli depremlerden büyük hasar görmüştür. Bu duruma tektonik bakımdan aktif olduğu anlaşılan bir depresyonda ve kalın bir alüvyal dolgu üzerinde yani zayıf bir zeminde yer alması da önemli bir etken olmuştur (Bilgin, 1984: 46).

Kuzey Anadolu boyunca tespih taneleri gibi uzanmış depresyonlardan biri olan çalışma sahasının güneyinden KAF'ın kuzey kolu geçmektedir (Şekil 9). Bu nedenle alanın aktif bir saha olduğunu tarih öncesi ve yakın tarihlerdeki depremler açıkça ortaya koymaktadır. Çalışma sahasında 1967'de Adapazarı - Mudurnu Suyu depremi meydana gelmiştir (Uludağ, 1998: 30).

2.1.3. Çalışma Alanının Beşeri ve Ekonomik Özellikleri

2.1.3.1. İdari Özellikleri

Türkiye genelinde iller ve ilçelerle ilgili 2009 yılında yapılan en son değişiklikle Sakarya'nın ilçelerinde değişiklikler yapılmıştır. Buna göre Merkez ilçe olan Adapazarı, kendi içinde bölünmüş, Serdivan, Arifiye ve Erenler ilçeleri şeklinde yeni ilçeler ortaya çıkmıştır (Sakarya İli Çevre Durum Raporu, 2008).

2.1.3.2. Nüfus ve Yerleşme Özellikleri

Marmara Bölgesinin doğu kısmında, yer alan ve İzmit –Sapanca oluşunu izleyen Adapazarı depresyonu, orta ve güney kısımlarından Anadolu içlerine uzanan en yoğun karayollarının geçtiği, çok eskiden beri nüfus sıklığı ve dağılışı, ayrıca ekonomik faaliyetlerin yaygınlığı açısından oldukça geniş ve oldukça düz bir alüvyal tabana sahiptir (Bilgin, 1984: 22). “Akova” adıyla bilinen ve ülkenin en verimli ovalarından biri olan, tarım ağırlıklı bir gelişme gösteren Adapazarı'na, 1940 ve 1950 yıllarında

bilhassa Karadeniz sahillerinden, Bulgaristan ve Yunanistan'dan yoğun göçler olmuştur (www.adapazari.gov.tr). Sakarya İli çok farklı bölgelerden göç almış ve gelenlerin yerli halkla kaynaşması sonucu zengin bir kültürel tablo ortaya çıkmıştır. İl, Balkanlar'dan, Kafkasya'dan, Orta Asya'dan ve başka bölgelerden gelen insanlarla; ziraatla uğraşan yerli halk (manavlar) ve göçebe yaşayan Türkmenlerden oluşmuş bir nüfus yapısına sahiptir (www.sakaryavdb.gov.tr). Çalışma sahasındaki Nakışlar ve Hasanbey Mahalleleri çoğunlukla manavlardan oluşmaktadır. Çalışma sahasımız içerisinde kalan ve Erenler ilçesine bağlı Nakışlar Mahallesi 2013 yılı adrese kayıtlı nüfus verilerine göre toplam 616, Hasanbey 699 nüfusa sahiptir. Bu mahallelerin yakın çevresindeki Çaykışla 1.399, Büyükesence 1.034, Küçükkesence 834 ve 633 nüfuslu Sarıcalar, ilçeye bağlı diğer mahallelerdir (TÜİK, 2013).

2.1.3.3. Ekonomik Faaliyetler

Sakarya'nın Erenler ilçesindeki çalışma sahasımızdan geçen D100 (Eski E-5) karayolu, yalnız ülkenin en zengin ticaret ve sanayi potansiyeline sahip İstanbul ve Trakya'yı tüm Anadolu'ya bağlamakla kalmaz, Avrupa, Asya ve Afrika kıtalarını da birbirine bağlamaktadır. Bu karayolu çevresindeki tarım toprakları da böylece ekonomik olarak değer kazanmıştır. Verimli ova toprakları üzerine sanayi tesisleri kurulması esasen önemli bir arazi sorunu olmakla beraber örnek aldığımız alanda köylülerle yaptığımız görüşme neticesinde halkın, yolun ve sanayi kuruluşlarının oluşturduğu kirliliğe rağmen tarım alanlarının değerinin artması yönündeki ekonomik getirisi nedeniyle yolun bu alanda yapılmasından memnun oldukları anlaşılmaktadır.

Tarımın en önemli geçim kaynağı olduğu Akova yani Adapazarı ovasına şeker pancarı, 1934 yılında girmiş ve bu yıl içinde birdenbire 1.350 hektar gibi geniş bir sahayı kaplamıştır. Pancar tarımı çalışma sahasımızdaki tarım alanlarında yoğun olarak yapılmaktadır. Şekerpancarının yanısıra mısır ve yonca da ticari amaçlı, yaygın olarak yetiştirilmektedir (Sakarya İli Çevre Durum Raporu, 2008). Sahada sebze tarımı da oldukça yoğundur. Marul, ıspanak, karnabahar gibi sebzelerin yanısıra mısır, şeker pancarı ve yem bitkileri ekonomik amaçlı burada yetiştirilen diğer ürünlerdir. Çalışma alanındaki tarım alanlarında yetiştirilen ürünlerden birkaçı Foto 1, Foto 2, Foto 3 ve Foto 4' te gösterilmiştir.



Foto 1. Marul Tarlasından Bir Örnek



Foto 2. Şeker Pancarı Tarlasından Bir Örnek



Foto 3. Yonca Tarlasından Bir Örnek



Foto 4. Mısır Tarlasından Bir Örnek

Tarım faaliyetlerine ek olarak büyük baş hayvancılık da yapılmaktadır. Ancak bu daha çok köylülerin günlük ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olup ticari anlamda fazla bir değeri yoktur. Adapazarı ovasına tarımla beraber küçük çapta sanayi kuruluşlarının da yer aldığı bir alandır. Sakarya Nehri ile Mudurnu Çayı arasında D100 güzergâhında yer alan sanayi kuruluşları, lâstik, metal, gıda, hayvan yemi, kimyevî maddeler, kauçuk, orman ürünleri sanayisidir (Sakarya İli Arazi Varlığı, 1995: 13). Çalışma sahamızda kauçuk, metal işleme, seramik üretim atölyesi ile yem fabrikası yer almaktadır.

2.2. Yöntem

D100 karayolunun her iki tarafındaki yüzey topraklarından alınan toplam 160 örnekte Pb ve Cd analizleri yapılmıştır. Ayrıca kirliliğe etkisi olduğunu düşündüğümüz alanın topraklarına ait birtakım fiziksel ve kimyasal analizler de (KDK, EC, pH, kireç, organik madde ve tekstür) yapılmıştır. Toprak örnekleri Eylül-Ekim ayları arasında kürek yardımıyla daha önceden Magellan 610 Explorist marka GPS yardımıyla önceden koordinatlandırılmış noktalardaki topraklardan 0-10 cm derinlikten alınmış olup, örnekler poşetlenip etiketlendikten sonra oda sıcaklığında kurutulmuş, 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve analize hazırlanmıştır. Analiz sonuçları İndüktif Coupled Plazma (ICP-OES) ile okunmuştur. Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesi SPSS 18 paket programında yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre belirlenen kirliliğin yol boyunca ve yoldan uzaklaştıkça mesafeye bağlı değişimi Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak haritalandırılmıştır.

2.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Çalışma sahasından Eylül - Ekim ayları arasında hasat sonrası D100 karayolunun her iki tarafındaki yüzey topraklarında 0-10 cm derinlikten ve 500 m'lik aralıklarla yola dik oluşturulan 10 hat üzerinde yola paralel 1, 5, 10, 25, 50,100, 250 ve 500 m mesafelerinden grid sistemine göre belirlenmiş önceden koordinatlandırılmış noktalarda örnek almaya müsait yerlerden toplam 160 toprak örneği Pb ve Cd ağır metal analizleri için alınmıştır. 1.,4., 7. ve 10. hatlar üzerinden toplam 48 noktadan ise toprağın fiziksel ve kimyasal analizleri için örnekler alınmış, poşetlenip etiketlendikten sonra oda sıcaklığında kurutulmuş, 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve analizlere hazırlanmıştır.

2.2.2. Laboratuvar Analiz Yöntemleri

2.2.2.1. Mekanik Analiz

Toprakların mekanik analizi Bouyoucos-hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir (Bouyoucos 1951).

2.2.2.2. Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprakların pH'ları 1:2,5 sulandırma oranında cam elektrotlu pH-metre ile tayin edilmiştir (Richards, 1954).

2.2.2.3. Kireç (CaCO₃) Tayini

Toprak örneklerinin kireç miktarları "Scheibler Kalsimetre" yöntemiyle tayin edilmiştir (Allison ve Moodie 1965).

2.2.2.4. Organik Madde Tayini

Toprak örneklerinin organik madde içerikleri "Walkley-Black" yöntemiyle tayin edilmiştir (Walkley 1947).

2.2.2.5. Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) Tayini

Toprak örneklerinin KDK'sı toprakların değişim komplekslerindeki (-) elektrikli yüklerin nötr 1.0 N NH₄OAC (Amonyum Asetat) çözeltisinde doyurulmasından ve çözelti fazlasının yıkanıp giderilmesinden sonra adsorbe edilmiş amonyum miktarın %10'luk asidik NaCl çözeltisindeki Na ile yer değiştirildikten sonra Na okuması "ICP-OES" te yapılarak tayin edilmiştir (Chapman ve Pratt, 1961).

2.2.2.6. Elektrik İletkenlik (EC) Tayini

Örneklerin EC'si mS/cm olarak 1.2,5 sulandırma oranında tayin edilmiştir (Dellavalle, 1992).

2.2.3.7. Kurşun Tayini

Toprak örnekleri Pb ağır metal analizi için 0,005 M DTPA + 0,1 M TEA + 0,001 M CaCl₂ ile ekstrakte edilmiştir (Lindsay ve Norwell, 1978). Ekstraktaki Pb miktarları “ICP-OES” ile belirlenmiştir.

2.2.3.8. Kadmiyum Tayini

Toprak örnekleri Cd ağır metal analizi için 0,005 M DTPA + 0,1 M TEA + 0,001 M CaCl₂ ile ekstrakte edilmiştir (Lindsay ve Norwell, 1978). Ekstraktaki Cd miktarları “ICP-OES” ile belirlenmiştir.

2.2.3. İstatistik Analiz Yöntemi

D100 karayolu boyunca uzanan topraklarda biriken Pb ve Cd miktarının mesafeyle arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla sonuçlar üzerinde regresyon ve korelasyon analizleri yapılmıştır.

Çalışmada belirlenen Pb ve Cd miktarları ile uzaklık, hatlar ve istikamet arasındaki ilişkinin tespiti için regresyon analizi yapılmıştır. Ayrıca farklı mesafelerde ölçülen Pb ve Cd değerleri arasında farklılıklar olup olmadığının ve 10 farklı hatta ölçülen Pb ve Cd seviyelerinin bu hatlara göre farklı olup olmadığının araştırılması amacı ile varyans analizi uygulanmıştır. Topraktaki Pb ve Cd oranları ve yön arasındaki ilişkinin araştırılması için bağımsız tek örneklem t testi kullanılmıştır.

2.2.4. Mekânsal Dağılım Haritasının Oluşturulması

Çalışma sahasında Pb ve Cd birikiminin mekânsal dağılımı ArcGIS 10.1 yazılımı içerisindeki Geostatistical Analyst modülünde yer alan ve çalışma için en uygun enterpolasyon tekniği olan Ters Ağırlıklı Mesafe (Inverse Distance Weighting - IDW) aracı ile enterpolasyon yapılarak elde edilmiştir.

BÖLÜM 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Bulgular

3.1.1. Çalışma Alanının Toprak Özellikleri

Sakarya İli Erenler İlçesi sınırlarındaki çalışma sahasının içerisinde yer alan Güneybatı- Kuzeydoğu istikametinde uzanan D100 karayolunun kuzey ve güney doğrultularında 1,5 km'lik aralıklardaki 1,4,7 ve 10. hatlar üzerinde belirlenen noktalardan 10 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 7 ve Tablo 8'de görülmektedir.

Tablo 7' ye göre kuzey istikametinde alınan toprak örneklerinin kil içerikleri % 28 ile % 76, silt içerikleri % 22 ile % 50, kum içerikleri % 0 ile % 46 arasında değişmekte olup, genellikle ince bünyelidir. İnceleme alanı içerisindeki toprakların tekstürel bakımdan genel olarak homojen bir dağılım gösterdiği söylenebilmektedir. Karayolunun kuzey istikametinden alınan toprak örneklerinin organik madde içerikleri % 1,08 ile % 6,51 arasında değişmekte olup “az” ve “fazla” sınıfına girmektedir. İncelenen toprakların organik madde içerikleri yeterli olup, farklılık göstermesi arazi kullanımıyla ilişkili olabilir. Bu istikametteki toprakların kireç içeriklerine bakıldığında % 6,2 ile % 20,8 arasında değişmekte ve çoğunlukla “orta kireçli” sınıfına girmektedir. İncelenen toprakların EC'si 0,17 ile 0,5 arasında değişmekte ve çoğunlukla “tuzsuz” sınıfına girmekteyken pH değerleri 7,64 ile 8,24 arasında değişmekte olup tamamı “hafif alkalın” özellik göstermektedir. Toprakların katyon değişim kapasiteleri (KDK) ise 27,46 ile 64,8 meq/100g arasında değişmektedir.

Tablo 8'e göre karayolunun güney istikametinde alınan toprak örneklerinin kil içerikleri % 20 ile % 68, silt içerikleri % 12 ile % 46, kum içerikleri % 2 ile % 62 arasında değişmekte olup, genellikle ince bünyelidir. İnceleme alanı içerisindeki toprakların tekstürel bakımdan genel olarak homojen bir dağılım gösterdiği gözlenmektedir. Tablo incelendiğinde bu istikamette 4. hat üzerinde topraklar kum oranı daha fazla tınlı bir tekstürel yapıdadır. Karayolunun güney istikametinden alınan toprak örneklerinin organik madde içerikleri % 2,11 ile % 7.63 arasında değişmekte olup “orta” ve “fazla” sınıfına girmektedir. Karayolunun güney istikametindeki topraklar kuzeyindeki topraklara kıyasla organik madde içeriklerinin daha yüksek olduğu ve daha az değişiklik gösterdiği söylenebilir (Tablo 7 ve Tablo 8). Güney istikametten alınan toprakların kireç

içeriklerine bakıldığında % 8,7 ile % 27,8 arasında değişmekte ve çoğunlukla “orta kireçli” ve “fazla kireçli” sınıfına girmektedir. İncelenen toprakların kuzey istikametteki topraklara kıyasla daha kireçli olduğu görülmektedir. İncelenen toprakların EC’si 0,18 ile 1,09 arasında değişmekte ve çoğunlukla “tuzsuz” sınıfına girmektedirken pH değerleri 7,44 ile 8,17 arasında değişmekte olup 1 örnek hariç (1. hat 500 metre, 7.44 nötr) diğerleri “hafif alkalin” özellik göstermektedir. KDK’ sı ise 14,26 ile 59,67 meq/100g arasında değişmekte olup kuzey istikametteki topraklara göre daha düşük seviyede olduğu gözlenmektedir (Tablo 7 ve Tablo 8).

Tablo 7

Karayolunun Kuzey İstikametinde Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Örnek Alma Yeri	Yoldan Uzaklık		Derinlik	Mekanik analiz			Tekstür Sınıfı	pH 1:2,5	EC 1:2,5 (mS/cm)	Kireç %	Organik Madde %	KDK meq/100g
	m	cm		Kum %	Silt %	Kil %						
Kuzey 1. Hat	1			19	32	49	Killi	8,04 Hafif alkalin	0,26 Tuzsuz	13,4 Orta Kireçli	3,31 İyi	37,59
	25			16	38	46	Killi	7,99 Hafif Alkalin	0,23 Tuzsuz	12,5 Orta Kireçli	2,96 Orta	42,36
	50		0-10	16	34	50	Killi	8,07 Hafif Alkalin	0,2 Tuzsuz	12,7 Orta Kireçli	3,32 İyi	45,25
	100			14	42	44	Siltli Kil	7,96 Hafif Alkalin	0,22 Tuzsuz	14,4 Orta Kireçli	3,86 İyi	44,84
	250			20	44	36	Siltli Killi Tın	8,19 Hafif Alkalin	0,21 Tuzsuz	14,3 Orta Kireçli	1,78 Az	36,36
	500			6	44	50	Siltli Kil	8,1 Hafif Alkalin	0,19 Tuzsuz	13,2 Orta Kireçli	3,72 İyi	50,22
Kuzey 4. Hat	1			16	26	58	Killi	7,88 Hafif Alkalin	0,29 Tuzsuz	12,9 Orta Kireçli	5,25 fazla	57,28
	25			16	40	44	Siltli Kil	7,75 Hafif Alkalin	0,27 Tuzsuz	7,9 Orta Kireçli	6,08 Yüksek	61,71
	50		0-10	3	50	47	Siltli Kil	8,24 Hafif Alkalin	0,17 Tuzsuz	11 Orta Kireçli	2,43 Orta	52,13
	100			9	32	59	Killi	8,02 Hafif Alkalin	0,21 Tuzsuz	11,1 Orta Kireçli	3,93 İyi	53,65
	250			7	34	59	Killi	7,92 Hafif Alkalin	0,24 Tuzsuz	8,8 Orta Kireçli	2,95 Orta	50,29
	500			14	28	58	Killi	8,17 Hafif Alkalin	0,21 Tuzsuz	13,2 Orta Kireçli	3,81 İyi	50,78
Kuzey 7. Hat	1			46	26	28	Kumlu Tın	7,55 Hafif Alkalin	0,5 Hafif Tuzlu	20,8 Fazla Kireçli	4,91 Yüksek	27,46
	25			10	26	64	Killi	7,99 Hafif Alkalin	0,25 Tuzsuz	10,2 Orta Kireçli	3,48 İyi	59,58
	50		0-10	10	24	66	Killi	8,02 Hafif Alkalin	0,27 Tuzsuz	10,7 Orta Kireçli	3,37 İyi	58,03
	100			6	26	68	Killi	7,89 Hafif Alkalin	0,49 Hafif Tuzlu	12,8 Orta Kireçli	3,89 İyi	57,41
	250			12	24	64	Killi	7,85 Hafif Alkalin	0,26 Tuzsuz	15,7 Fazla Kireçli	2,71 Orta	53,11
	500			16	22	62	Killi	7,69 Hafif Alkalin	0,2 Tuzsuz	6,2 Orta Kireçli	3,59 İyi	64,8
Kuzey 10. Hat	1			46	22	36	Killi Tın	7,82 Hafif Alkalin	0,22 Tuzsuz	13,7 Orta Kireçli	4,1 Yüksek	30,04
	25			25	36	39	Killi Tın	8,02 Hafif Alkalin	0,21 Tuzsuz	15,7 Fazla Kireçli	3 Orta	33,36
	50		0-10	16	40	44	Siltli kil	7,93 Hafif Alkalin	0,2 Tuzsuz	20,8 Fazla Kireçli	1,08 Az	34,89
	100			0	24	76	Killi	7,95 Hafif Alkalin	0,25 Tuzsuz	16,9 Fazla Kireçli	4,17 Yüksek	49,04
	250			16	26	58	Killi	7,79 Hafif Alkalin	0,24 Tuzsuz	18 Fazla Kireçli	4,81 Yüksek	48,46
	500			28	30	42	Killi	7,64 Hafif Alkalin	0,35 Tuzsuz	13,5 Orta Kireçli	6,51 Yüksek	50,6

Tablo 8

Karayolunun Güney İstikametinden Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Örnek Alma Yeri	Yoldan Uzaklık m	Derinlik cm	Mekanik analiz				Tekstür Sınıfı	pH 1:2,5	EC 1:2,5 (mS/cm)	Kireç %	Organik Madde %	KDK meq/100g
			Kum %	Silt %	Kil %	Kumlu %						
Güney 1. Hat	1	0-10	30	40	30	Killi Tın	8,15 Hafif Alkalin	0,24 Tuzsuz	14,8 Orta Kireçli	2,74 Orta	31,05	
	25		36	24	40	Killi Tın	8,02 Hafif Alkalin	0,2 Tuzsuz	16,9 Fazla Kireçli	2,11 Orta	33,42	
	50		10	30	60	Killi	7,98 Hafif Alkalin	0,29 Tuzsuz	13,4 Orta Kireçli	5,51 Yüksek	58,56	
	100		6	34	60	Killi	7,92 Hafif Alkalin	0,22 Tuzsuz	10,8 Orta Kireçli	2,74 Orta	53,29	
	250		16	34	50	Killi	7,96 Hafif Alkalin	0,23 Tuzsuz	12,7 Orta Kireçli	3,18 İyi	46,01	
	500		22	36	42	Killi	7,44 Nötr	1,09 Orta Tuzlu	12,2 Orta Kireçli	7,63 Yüksek	53,75	
Güney 4. Hat	1	0-10	56	24	20	Kumlu Tın	7,52 Hafif Alkalin	0,72 Hafif Tuzlu	27,8 Çok Fazla Kireçli	5,4 Yüksek	25,74	
	25		61	12	27	Kumlu Killi Tın	7,91 Hafif Alkalin	0,21 Tuzsuz	8,9 Orta Kireçli	2,37 Orta	26,12	
	50		41	38	21	Tınlı	8,1 Hafif Alkalin	0,2 Tuzsuz	10,3 Orta Kireçli	2,59 Orta	14,26	
	100		62	14	24	Kumlu Killi Tın	8,17 Hafif Alkalin	0,25 Tuzsuz	12,9 Orta Kireçli	2,9 Orta	25,35	
	250		28	24	48	Killi	8,02 Hafif Alkalin	0,29 Tuzsuz	10,3 Orta Kireçli	3,2 İyi	48,8	
	500		10	35	58	Killi	8,1 Hafif Alkalin	0,22 Tuzsuz	13,7 Orta Kireçli	3,1 İyi	55,15	
Güney 7. Hat	1	0-10	28	30	42	Killi	7,6 Hafif Alkalin	0,63 Hafif Tuzlu	19,6 Fazla Kireçli	5,62 Yüksek	40,1	
	25		6	30	64	Killi	7,99 Hafif Alkalin	0,22 Tuzsuz	11 Orta Kireçli	3,35 İyi	54,51	
	50		12	46	42	Siltli Kil	7,67 Hafif Alkalin	0,33 Tuzsuz	8,7 Orta Kireçli	6,91 Yüksek	59,67	
	100		6	28	66	Killi	7,89 Hafif Alkalin	0,2 Tuzsuz	11,9 Orta Kireçli	2,54 Orta	56,71	
	250		8	24	68	Killi	8,16 Hafif Alkalin	0,23 Tuzsuz	15 Orta Kireçli	2,58 Orta	53,79	
	500		30	20	50	Killi	7,93 Hafif Alkalin	0,28 Tuzsuz	13 Orta Kireçli	3,39 İyi	43,57	
Güney 10. Hat	1	0-10	10	26	64	Killi	7,99 Hafif Alkalin	0,27 Tuzsuz	17,7 Fazla Kireçli	4,64 Yüksek	43,3	
	25		6	28	66	Killi	7,94 Hafif Alkalin	0,38 Tuzsuz	16,7 Fazla Kireçli	4,14 Yüksek	47,7	
	50		4	28	68	Killi	7,98 Hafif Alkalin	0,24 Tuzsuz	17,2 Fazla Kireçli	3,69 İyi	44,96	
	100		2	30	68	Killi	8,15 Hafif Alkalin	0,21 Tuzsuz	17,7 Fazla Kireçli	2,99 Orta	43,34	
	250		6	34	60	Killi	7,96 Hafif Alkalin	0,2 Tuzsuz	20,9 Fazla Kireçli	2,97 Orta	41,6	
	500		7	28	65	Killi	8,1 Hafif Alkalin	0,18 Tuzsuz	10,8 Orta Kireçli	3,97 İyi	51,18	

3.1.2. İnceleme Alanı Topraklarında Kurşun Miktarı

D100 karayolunun her iki yakasından ve anayola belli uzaklıklardaki mesafelerden alınan toprak örneklerinde ölçülen Pb miktarları Tablo 9 ve Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 9

Karayolunun Kuzey İstikametindeki Kurşun Miktarları (ppm)

Mesafe (m)	1. HAT	2. HAT	3. HAT	4. HAT	5. HAT	6. HAT	7. HAT	8. HAT	9. HAT	10. HAT
1	88,337	123,323	113,902	142,078	83,631	153,281	161,792	61,684	128,385	102,092
5	84,14	91,357	96,389	104,326	81,791	108,325	159,894	38,114	124,298	70,420
10	91,618	88,822	78,078	95,387	83,905	103,926	102,296	102,989	199,034	69,55
25	93,321	73,531	77,601	79,47	80,907	97,563	100,487	43,357	54,47	66,088
50	163,058	86,346	65,013	75,069	80,23	85,017	109,164	141,107	71,408	146,997
100	87,049	92,199	82,878	69,68	64,3	93,869	69,417	101,057	79,822	60,931
250	82,487	70,227	71,356	91,294	71,899	89,067	64,134	174,705	44,448	45,953
500	98,664	57,122	61,285	83,721	102,726	74,221	66,671	83,809	59,647	91,856

Karayolunun kuzey istikametindeki toprak örneklerinin Pb miktarları 1. hatta 82,487 - 163,058 ppm, 2. hatta 57,122 - 123,323 ppm, 3. hatta 61,285 - 113,902 ppm, 4. hatta 69,68 - 142,07 ppm, 5.hatta 64,3 - 102,726 ppm, 6. hatta 74,221 - 153,281 ppm, 7.hatta 64,134 - 161,792 ppm, 8. hatta Pb miktarı 38,114 - 174,705 ppm, 9. hatta 44,448 - 199,034 ppm ve 10.hatta ise 45,953 - 146,997 ppm arasında değişmektedir. Ayrıca kuzey istikametindeki topraklardan ölçülen en düşük Pb değeri 38,114 ppm iken en yüksek 199,034 ppm’ dir.

Tablo 10**Karayolunun Güney İstikametindeki Kurşun Miktarları (ppm)**

Mesafe (m)	1. HAT	2. HAT	3. HAT	4. HAT	5. HAT	6. HAT	7. HAT	8. HAT	9. HAT	10. HAT
1	106,962	123,82	144,278	165,098	257,579	135,934	158,132	114,894	107,003	110,559
5	98,735	121,472	82,968	273,4	162,507	132,655	109,925	123,68	121,287	102,495
10	98,093	154,48	145,792	138,059	181,177	149,444	132,863	117,402	104,86	98,263
25	104,434	107,621	114,379	206,328	102,569	100,281	125,487	105,47	71,307	89,166
50	220,992	103,163	87,777	356,967	112,547	100,89	124,221	105,321	78,505	83,068
100	121,095	99,915	89,486	126,544	107,113	93,223	86,553	103,037	77,465	84,877
250	146,859	112,68	107,136	98,721	101,641	98,646	114,979	86,19	81,738	80,947
500	149,415	95,185	97,908	104,282	113,433	86,752	115,265	78,542	78,395	101,008

Karayolunun güney istikametindeki toprak örneklerinin Pb miktarları 1. hatta 98,093 - 220,992 ppm, 2. hatta 95,185 - 123,82 ppm, 3. hatta 82,968 - 145,792 ppm, 4. hatta 98,721 - 356,967ppm, 5.hatta 101,641 - 257,579 ppm, 6. hatta 86,752 - 149,444 ppm, 7.hatta 86,553 - 158,132 ppm, 8. hatta Pb miktarı 78,542 - 123,68 ppm, 9. hatta 71,307 - 121,287 ppm ve 10. hatta 80,947 - 110,559 ppm arasında değişmektedir. Ayrıca güney istikametindeki topraklardan ölçülen en düşük Pb değeri 71,307 ppm iken en yüksek 356,967 ppm' dir.

3.1.3. İnceleme Alanı Topraklarında Kadmiyum Miktarı

D100 karayolunun her iki yakasından ve anayola belli uzaklıklardaki mesafelerden alınan 160 adet toprak örneklerinde ölçülen Cd miktarları Tablo 11 ve Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 11

Karayolunun Kuzey İstikametindeki Kadmiyum Miktarları (ppm)

Mesafe (m)	1. HAT	2. HAT	3.HAT	4. HAT	5. HAT	6. HAT	7. HAT	8. HAT	9. HAT	10. HAT
1	0,664	0,64	0,707	0,681	0,692	0,73	0,703	0,626	0,679	0,784
5	0,668	0,648	0,682	0,654	0,69	0,757	0,697	0,581	0,736	0,747
10	0,675	0,711	0,656	0,713	0,668	0,738	0,695	0,761	0,738	0,694
25	0,678	0,653	0,637	0,713	0,693	0,626	0,715	0,668	0,745	0,685
50	0,661	0,792	0,7	0,692	0,679	0,651	0,696	0,9	0,581	0,769
100	0,64	0,723	0,674	0,691	0,683	0,651	0,647	0,776	0,76	0,813
250	0,603	0,702	0,62	0,754	0,689	0,674	0,63	0,785	0,765	0,82
500	0,744	0,667	0,697	0,721	0,707	0,704	0,677	0,695	0,779	0,789

Karayolunun kuzey istikametindeki toprak örneklerinin Cd miktarları 1. Hatta 0,603 - 0,744 ppm, 2. hatta 0,64 - 0,792 ppm, 3. Hatta 0,62 - 0,707 ppm, 4. hatta 0,654 - 0,754 ppm, 5.hatta 0,668 - 0,707 ppm, 6. hatta 0,626 - 0,757 ppm, 7.hatta 0,63 - 0,715 ppm, 8. hatta 0,581 - 0,785 ppm, 9. hatta 0,581 - 0,779 ppm ve 10.hatta 0,685 - 0,82 ppm arasında değişmektedir. Ayrıca güney istikametindeki topraklardan ölçülen en düşük Cd değeri 0,581 ppm iken en yüksek 0,82 ppm’ dir.

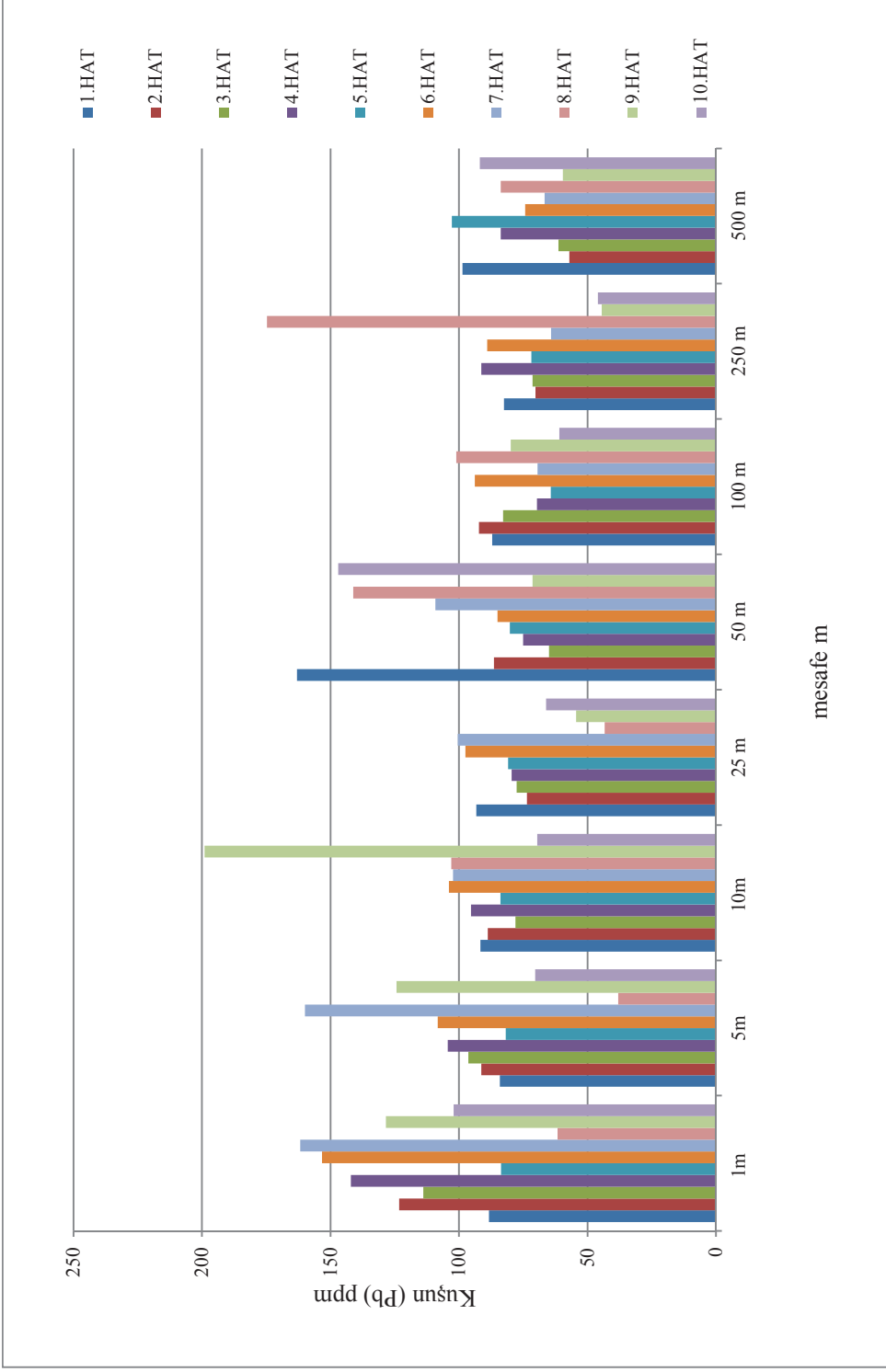
Tablo 12**Karayolunun Güney İstikametindeki Kadmiyum Miktarları (ppm)**

Mesafe (m)	1. HAT	2. HAT	3. HAT	4. HAT	5. HAT	6. HAT	7. HAT	8.HAT	9. HAT	10. HAT
1	0,852	0,74	0,752	0,779	0,762	0,842	0,806	0,845	0,839	0,924
5	0,835	0,766	0,686	0,767	0,774	0,799	0,901	0,879	0,409	0,99
10	0,676	0,754	0,706	0,745	0,804	0,908	0,869	0,92	0,858	1,047
25	0,817	0,75	0,882	0,798	0,747	0,899	0,924	0,885	0,861	0,929
50	0,863	0,869	0,817	0,801	0,838	0,822	0,962	0,937	0,887	0,876
100	0,801	0,861	0,863	0,898	0,941	0,838	0,909	0,879	0,945	1,002
250	0,822	0,834	0,866	0,879	0,883	0,845	5,023	0,871	1	0,861
500	0,871	0,861	0,767	0,828	0,861	0,815	1,1	0,929	0,974	0,909

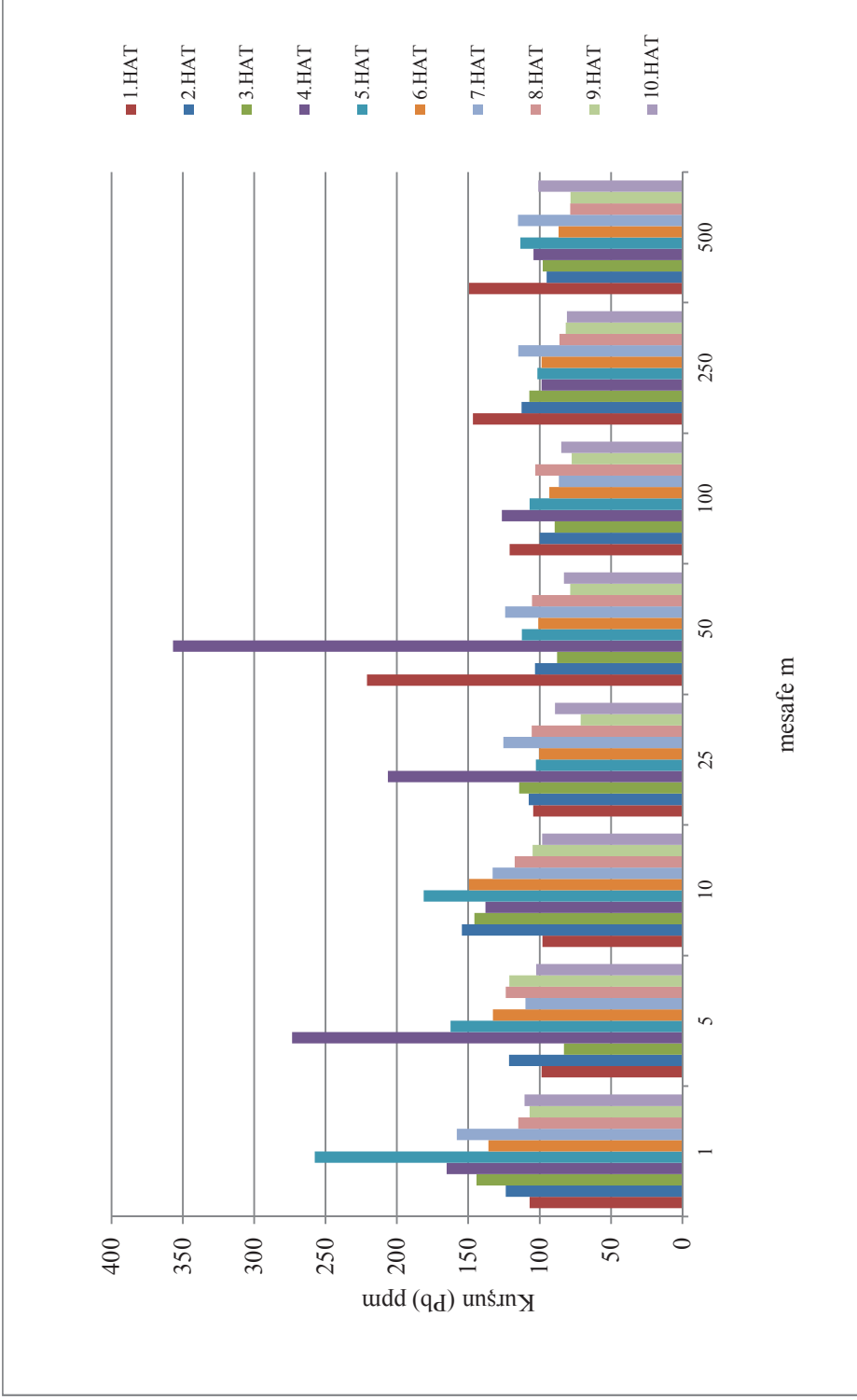
Karayolunun güney istikametindeki toprak örneklerinin Cd miktarları 1. hatta 0,676 - 0,871 ppm, 2. hatta 0,74 - 0,869 ppm, 3. hatta 0,686 - 0,882 ppm, 4. hatta 0,745 - 0,898 ppm, 5.hatta 0,747 - 0,941 ppm, 6. hatta 0,799 - 0,908 ppm, 7.hatta 0,806 - 5,023 ppm, 8. hatta 0,871 - 0,937 ppm, 9. hatta 0,409 - 1 ppm ve 10.hatta 0,861 - 1,047 ppm arasında değişmektedir. Ayrıca güney istikametindeki topraklardan ölçülen en düşük Cd miktarı 0,409 ppm iken en yüksek değer 5,023 ppm' dir.

3.1.4. Toprakta Ölçülen Kurşun Miktarının Karayolundan Olan Mesafeye Değişimi

Karayolunun kuzey ve güney istikametlerindeki Pb' nin yola olan mesafeye bağlı olarak değişimini gösteren dağılım grafikleri Şekil 10 ve Şekil 11' de verilmiştir.



Şekil 10. Karayolunun Kuzey İstikametinde Kurşunun Dağılım Grafiği

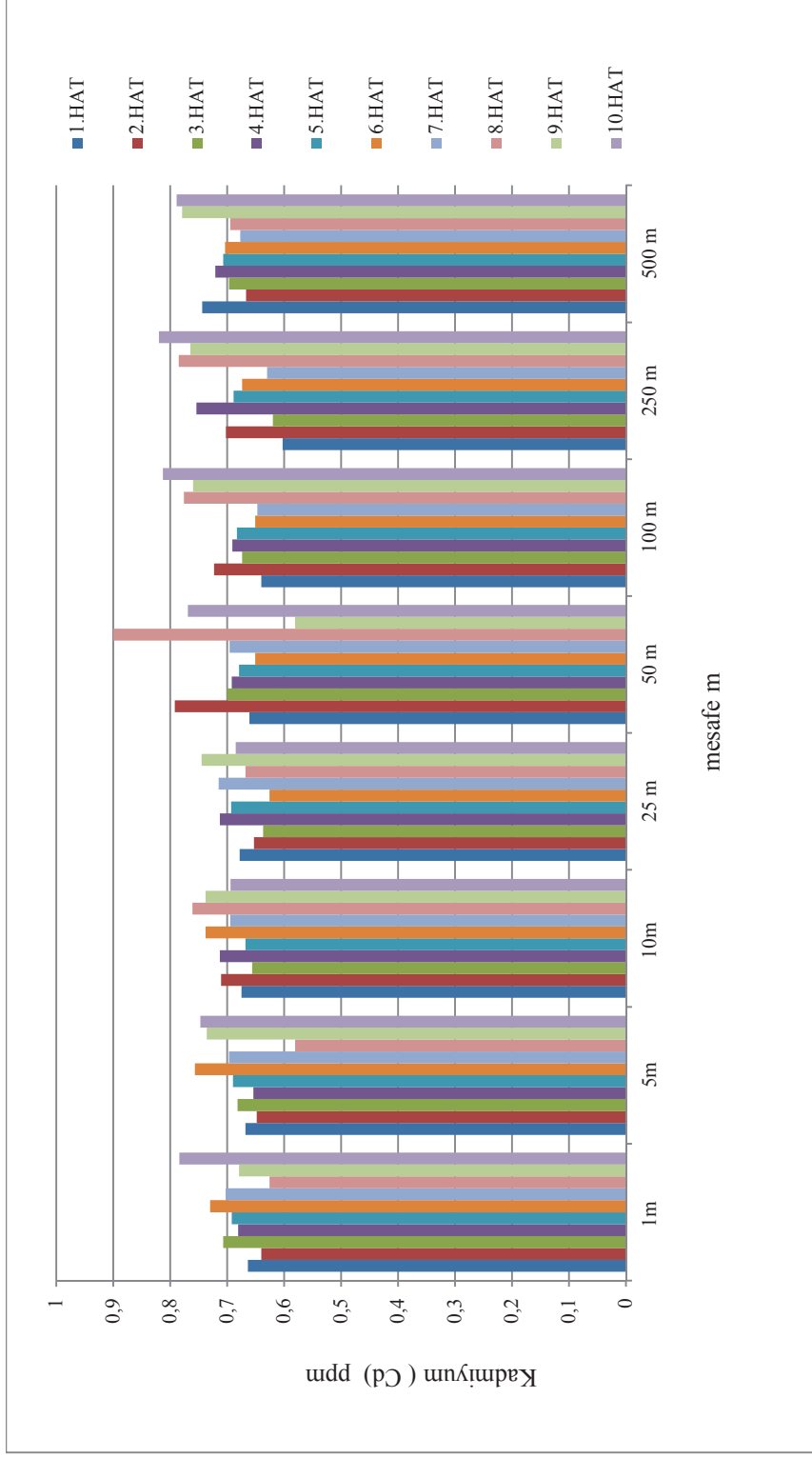


Şekil 11. Karayolunun Güney İstikametinde Kurşunun Dağılım Grafiği

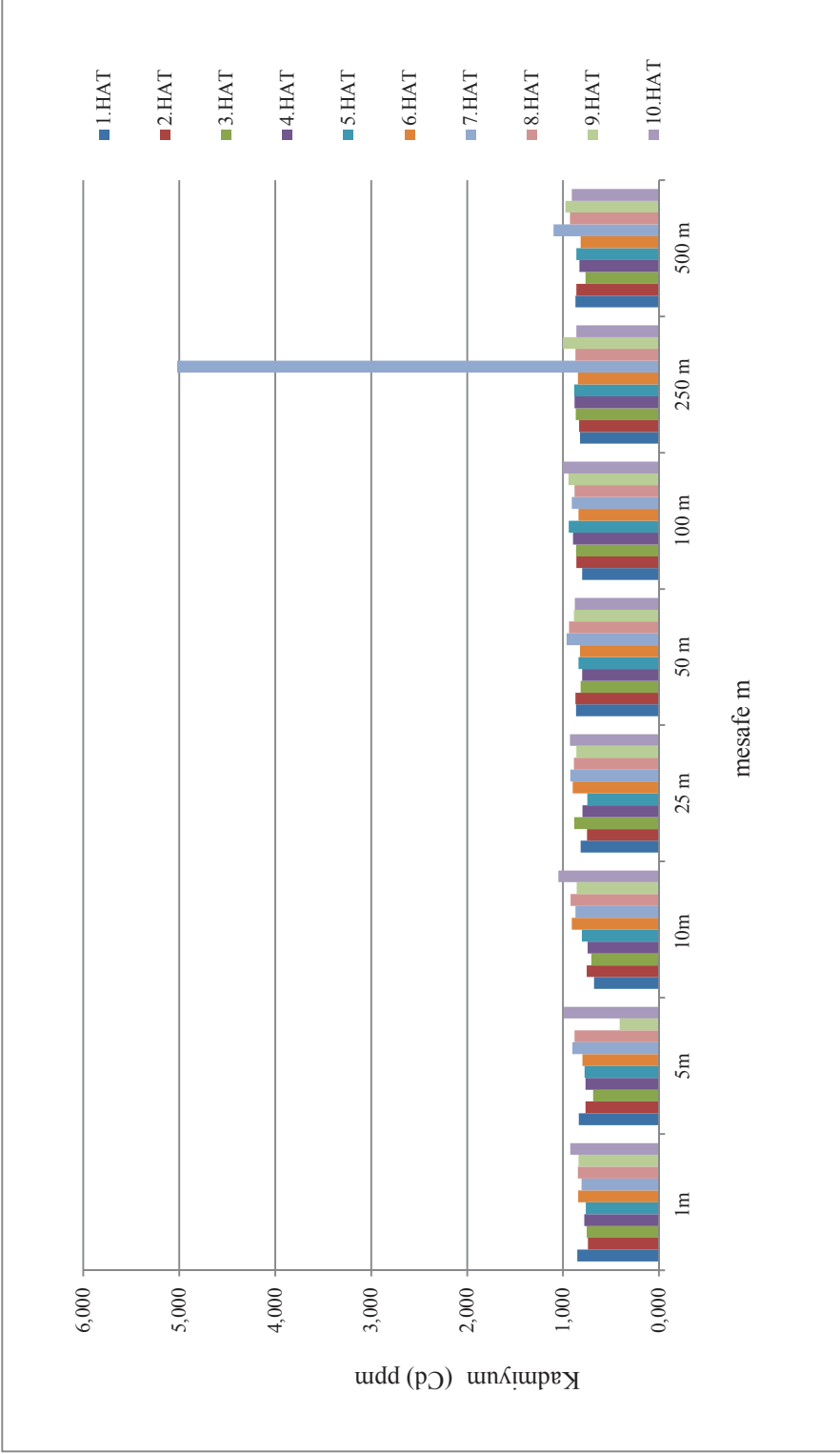
Çalışma sonuçları incelendiğinde hatlar arasında Pb değerlerinin farklılık gösterdiği gözlenmektedir (Şekil 10 ve Şekil 11). Karayolunun güneyinde 4. hattın 50 m mesafedeki noktasında toprakta müsaade edilen üst sınır değerinden oldukça yüksek bir değer tespit edilmiştir (356,967 ppm) (Tablo 10). Ayrıca karayolunun güneyinde bulunan Pb miktarlarının karayolunun kuzeyine göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 9 ve Tablo 10).

3.1.5. Toprakta Ölçülen Kadmiyum Miktarının Karayolundan Olan Mesafeye Değişimi

Karayolunun kuzey ve güney istikametlerindeki Cd' nin yola olan mesafeye bağlı olarak değişimini gösteren dağılım grafikleri Şekil 12 ve Şekil 13' te verilmiştir.



Şekil 12. Karayolunun Kuzey İstikametinde Kadmiyumun Dağılım Grafiği



Şekil 13. Karayolunun Güney İstikametinde Kadmiyumun Dağılım Grafiği

Çalışmada Cd sonuçları incelendiğinde hatlar arasında değerlerinin çok farklılık göstermediği gözlenmektedir (Şekil 12 ve Şekil 13). Karayolunun güneyindeki 7. hattın 250 m mesafedeki noktasında toprakta müsaade edilen üst sınır değerinden oldukça yüksek bir değer tespit edilmiştir (5.023 ppm) (Tablo 12). Ayrıca karayolunun güneyinde bulunan Cd miktarlarının karayolunun kuzeyine göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 11 ve Tablo 12).

3.1.6. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmamızda ölçülen Pb ve Cd miktarlarının toprak örneğin alındığı istikamet (yolun kuzeyi, güneyi), hat numarası ve yola olan mesafe ile ilişkilerinin olup olmadığını varsa bu ilişkinin yönünü tespit etmek amacı ile korelasyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ölçülen Pb miktarı ile istikamet ve yola olan mesafe arasında anlamlı ve negatif bir ilişki olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Ölçülen Pb miktarları yolun güneyinden kuzeyine gidildikçe düşüş eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde ölçülen Pb miktarı mesafe attıkça düşüş eğilimindedir. Bunlara ek olarak farklı hatlarda, farklı istikametlerde ve farklı mesafelerde ölçülen Cd ve Pb miktarları arasında herhangi bir anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Kadmiyum miktarı ile istikamet arasında anlamlı ve negatif bir ilişki elde edilmiştir ($p < 0,05$). Buna karşın Cd miktarı ile mesafe ile arasında herhangi anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). Ölçülen Cd miktarlarının yolun güneyinden kuzeyine gidildikçe düşüş eğiliminde olduğu görülmüştür. Karayolunun güneyinde ise ölçülen Cd miktarı tam tersine artış eğilimindedir.

Tablo 13' te bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonun matrisi verilmiştir.

Tablo 13

Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler Arasındaki Korelasyon Matrisi

Ölçüm Değerleri (ppm)		Kurşun miktarı	Kadmiyum miktarı	Hat no	İstikamet	Mesafe (m)
Kurşun miktarı	r		0,060	-0,117	-0,292	-0,267
	P		0,447	0,141	0,000	0,001
Kadmiyum mktarı	r	0,060		0,126	-0,286	0,140
	P	0,447		0,112	0,000	0,076

Çalışmamızda ölçülen Pb, Cd miktarları ile mesafe, hat ve istikamet arasındaki ilişkinin tespiti için regresyon analizi yapılmıştır. Elde edilen analiz değerleri Tablo 14’te verilmiştir. Şekil 14’te ise Pb miktarı ile bağımsız değişkenler arasındaki regresyonun grafiği gösterilmiştir.

Tablo 14

Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler Arasındaki İlişkinin Modellenmesi

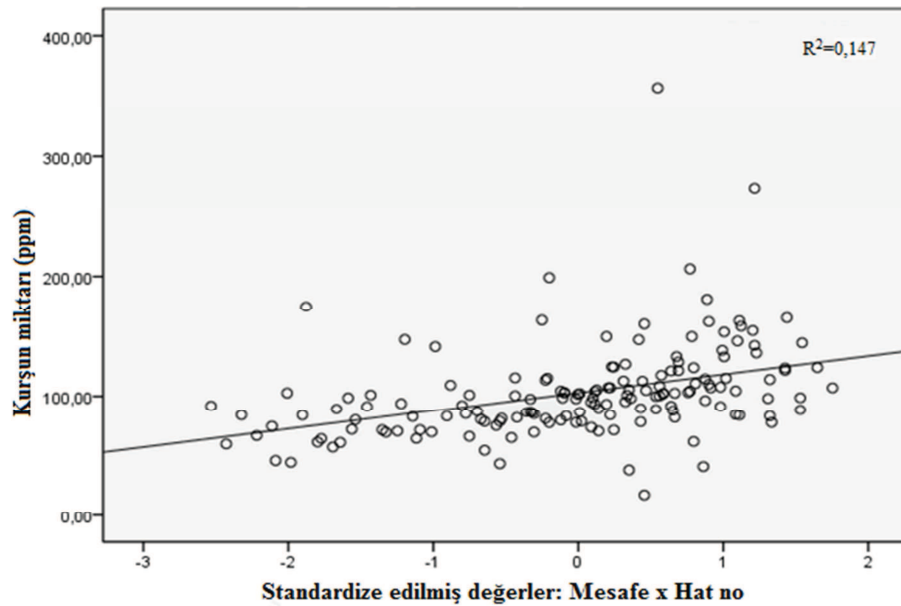
Bağımlı değişkenler	Modelin test edilmesi			Bağımsız değişkenler		
	R ²	Katsayılar (p<0,05)	Model (p<0,05)	Hat no	Mesafe x İstikamet	Mesafe (m)
Kurşun miktarı (ppm)	0,147	Anlamlı	Anlamlı	0,149	-0,368	Modelde yok
Kadmiyum miktarı (ppm)	0,012	Anlamsız	Anlamlı	Modelde yok	-0,296	Modelde yok

*Model 1: Kurşun miktarı (Y) = -0,368 (Mesafe x İstikamet)-0,149 (Hat no)

**Model 2: Kadmiyum miktarı (Y) = -0,296 (Mesafe x İstikamet)

R^2 değerlerine bakıldığında bu oranın 0,147 olarak tespit edildiği görülmektedir. Bu duruma göre toprakta ölçülen Pb miktarlarını, yola olan mesafe, istikamet ve farklı hatlardan yapılan ölçümler tek başlarına yaklaşık %15 oranında açıklamaktadır. R^2 değerinin oldukça düşük olduğu görülebilir. Fakat topraktaki Pb miktarına etki eden birçok bağımsız değişken olduğu düşünüldüğünde oranın oldukça yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen modelin istatistiksel ve matematiksel olarak anlamlı olup olmadığının test edilmesi için varyans analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre çıkan matematiksel model anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Modelde R^2 değerini yükseltmek amacıyla bağımsız değişkenlerin, matematiksel olarak dönüşümleri ve birbirleri ile etkileşiminin tespiti için çarpımları modele dâhil edilmek zorunda kalmıştır (Tablo14).

Modele göre, topraktan ölçülen Pb miktarının numunenin alındığı yerin yoldan uzaklığı ve yolun kuzey veya güney tarafından olup olmadığının bir birimlik değişiminin ölçülen Pb miktarını yaklaşık olarak 0,368 oranında azaltacağı görülmektedir. Mesafe ve istikamet katsayısı artarsa (güney = 1, kuzey = 2) topraktan ölçülen Pb oranının azalacağı görülebilir. Yine aynı şekilde 1'den 10 'a kadar olan hatların katsayıları arttıkça ölçülen Pb miktarının azalacağı yani hat 1'den hat 10'a gidilirken ölçülen Pb oranı daha yüksek oranda azalacağı söylenebilir (Tablo14).



Şekil 14. Kurşun Miktarı ile Bağımsız Değişkenler Arasındaki Regresyonun Grafiği

Modelde Cd miktarları ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin araştırıldığı modelden elde edilen sonuçlara göre Cd miktarlarının yola olan mesafe, istikamet ve farklı hatlardan yapılan ölçümler ile arasında anlamlı bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Modelin R^2 değerinin çok düşük olduğu ve modelin katsayılarının anlamsız olduğu görülmektedir (Tablo 14).

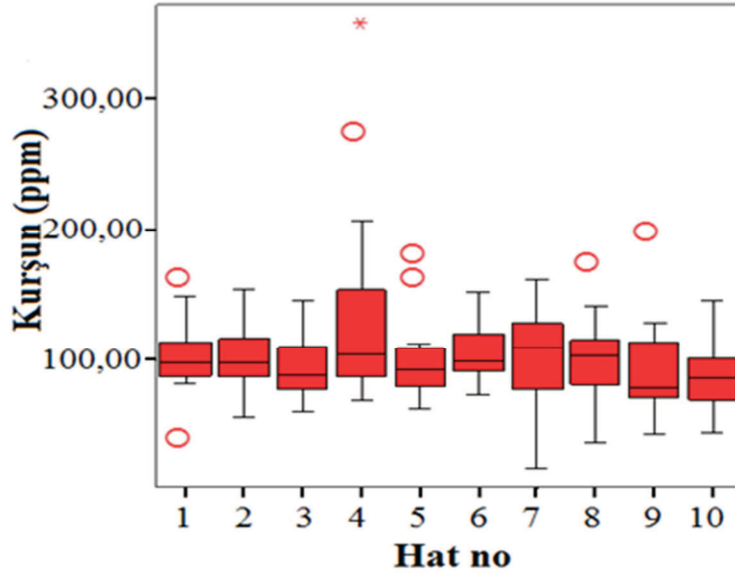
3.1.6.1. Hatlara Göre Kurşun ve Kadmiyum Miktarının Değişimi

Çalışmada 10 farklı hatta ölçülen Pb ve Cd seviyelerinin ölçüm yapıldığı hatlara göre farklı olup olmadığının araştırılması için varyans analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hatlarda ölçülen Cd seviyeleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

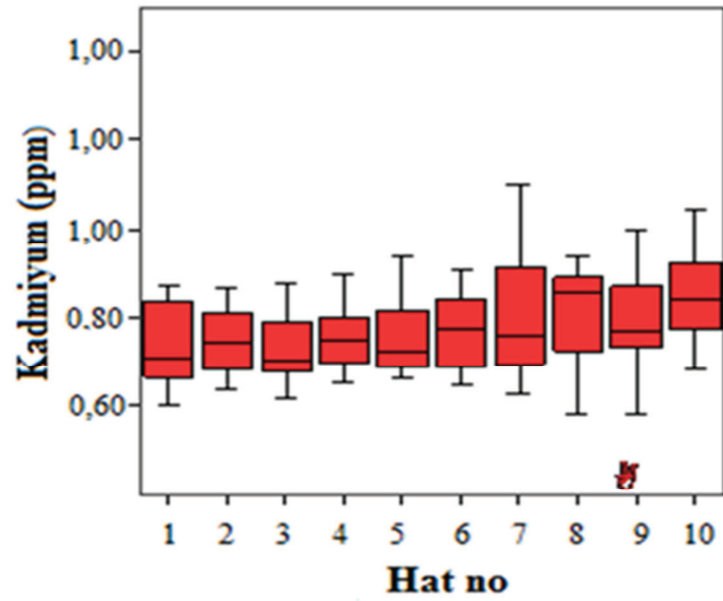
Farklı hatlarda ölçülen Pb miktarlarının birbirlerinden önemli ölçüde farklı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Yapılan post-hoc analizlerde 3, 8, 9 ve 10 numaralı hatların diğer hatlara göre oldukça düşük seviyede Pb değerlerine sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Ayrıca 4 no' lu hatta tespit edilen ortalama Pb miktarının diğer hatlara göre oldukça yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Elde edilen Pb ve Cd analiz sonuçlarına ait ve tanımlayıcı istatistikler Tablo 15' te verilmiştir. Şekil 15 ve Şekil 16' da hatlara göre Pb ve Cd miktarlarının değişim grafikleri verilmiştir.

Tablo 15**Kurşun ve Kadmiyum Sonuçlarına Ait Tanımlayıcı İstatistikler**

Ağır metal	Hatlar	Örnek sayısı	Ortalama	Standart sapma	P değeri
Kurşun miktarı (ppm)	1	16	103,4537	29,89095	0,0372
	2	16	100,0964	24,01183	
	3	16	94,7641	25,10788	
	4	16	138,1515	79,43179	
	5	16	100,4972	31,70581	
	6	16	106,4742	23,55163	
	7	16	105,8446	39,05735	
	8	16	98,8349	34,47854	
	9	16	92,6306	37,82894	
	10	16	87,7669	23,66747	
	Total	160	102,8514	39,43402	
Kadmiyum miktarı (ppm)	1	16	0,7430	0,09364	0,2744
	2	16	0,7482	0,07802	
	3	16	0,7320	0,08380	
	4	16	0,7571	0,07038	
	5	16	0,7569	0,08530	
	6	16	0,7730	0,08644	
	7	16	1,0596	1,06553	
	8	16	0,8086	0,11385	
	9	16	0,7848	0,14910	
	10	16	0,8524	0,10847	
	Total	160	0,8016	0,35222	



Şekil 15. Hatlara Göre Kurşun Miktarı



Şekil 16. Hatlara Göre Kadmiyum Miktarı

3.1.6.2. İstikamete Göre Kurşun ve Kadmiyum Miktarının Değişimi

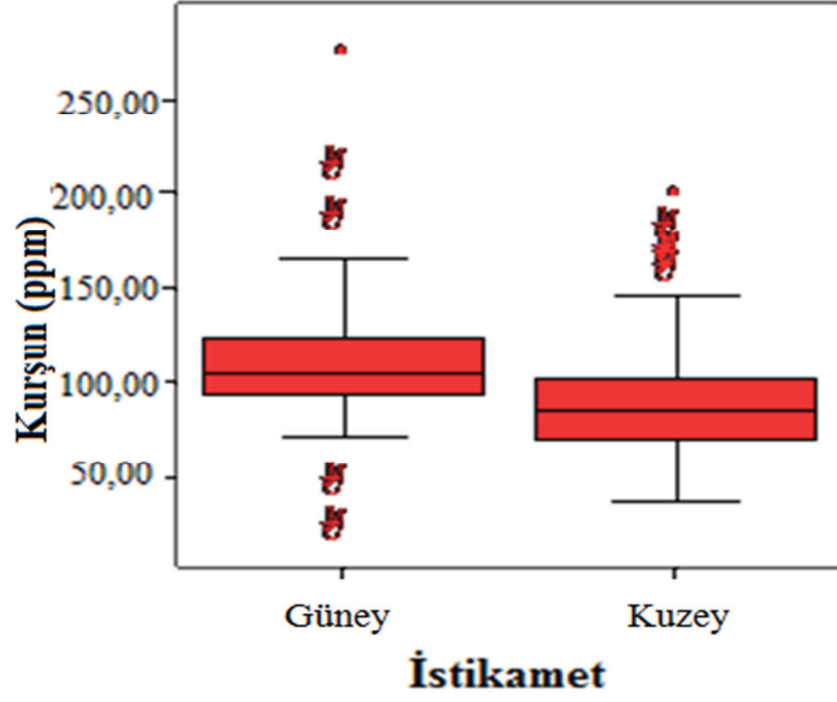
Topraktaki Pb ve Cd miktarı ve istikamet arasındaki ilişkinin araştırılması için bağımsız tek örneklem t testi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ölçülen Pb ve Cd oranları yolun güneyinden veya kuzeyinden olmak üzere farklı düzeylerde olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Kurşun miktarları için güneyden ölçülen miktarın kuzeyden ölçülen miktarlara göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kadmiyum ölçümlerinde yine aynı şekilde güneyden alınan örneklerden yapılan ölçümlerde kuzeyden alınan örneklerden elde edilen ölçümlere göre daha yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Kısacası topraktaki Pb ve Cd oranı yolun kuzeyine ve güneyine göre farklılıklar göstermektedir. Kurşun ve Cd miktarları ile istikamet arasındaki ilişki Tablo 16’ da verilmiştir. Şekil 17 ve Şekil 18’de istikamete göre Pb ve Cd miktarlarının değişim grafiği gösterilmiştir.

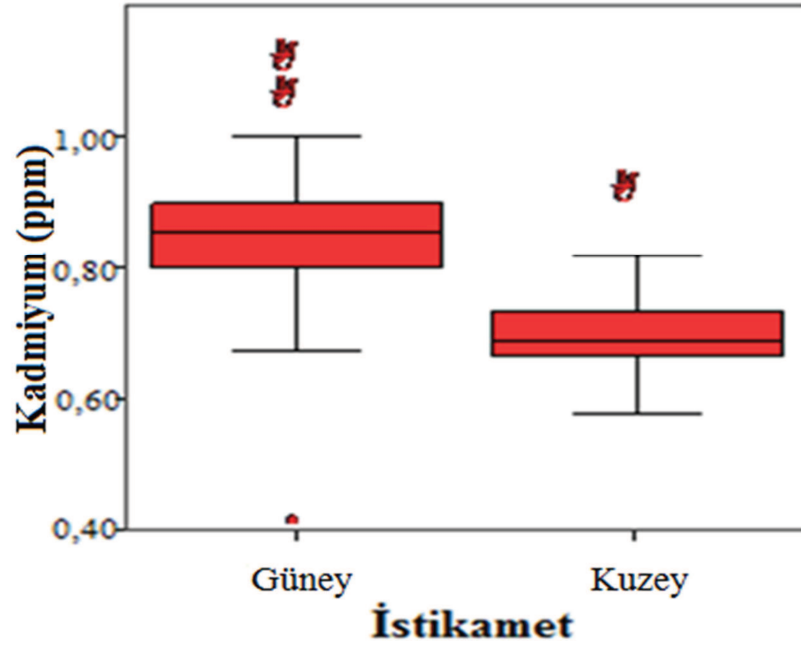
Tablo 16

Kurşun ve Kadmiyum Miktarları ile İstikamet Arasındaki İlişki

Ölçümler	İstikamet	Örnek sayısı	Ortalama	Standart sapma	p
Kurşun miktarı (ppm)	Güney	80	114,32	43,60711	0,000
	Kuzey	80	91,38	31,01124	
Kadmiyum miktarı (ppm)	Güney	80	0,90	0,475	0,000
	Kuzey	80	0,70	0,055	



Şekil 17. İstikamete Göre Kurşun Miktarı



Şekil 18. İstikamete Göre Kadmiyum Miktarı

3.1.6.3. Mesafeye Göre Kurşun ve Kadmiyum Miktarının Değişimi

Çalışmada farklı mesafelerde ölçülen Pb ve Cd değerleri arasında farklılıklar olup olmadığının belirlenmesi amacı ile varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre farklı mesafelerde (1 ile 500 m arası) ölçülen Cd miktarları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Farklı mesafelerde ölçülen Pb miktarları ise birbirlerinden önemli ölçüde farklı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Yapılan post-hoc analizlerde 25, 100, 250 ve 500 m’de yapılan ölçümler diğer mesafelere göre oldukça düşük seviyede Pb değerlerine sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Ayrıca 1, 5 ve 10 metre ölçümlerde tespit edilen ortalama Pb miktarı diğer mesafelere göre oldukça yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Elde edilen analiz sonuçları ve betimsel istatistikler Tablo 17’ de verilmiştir.

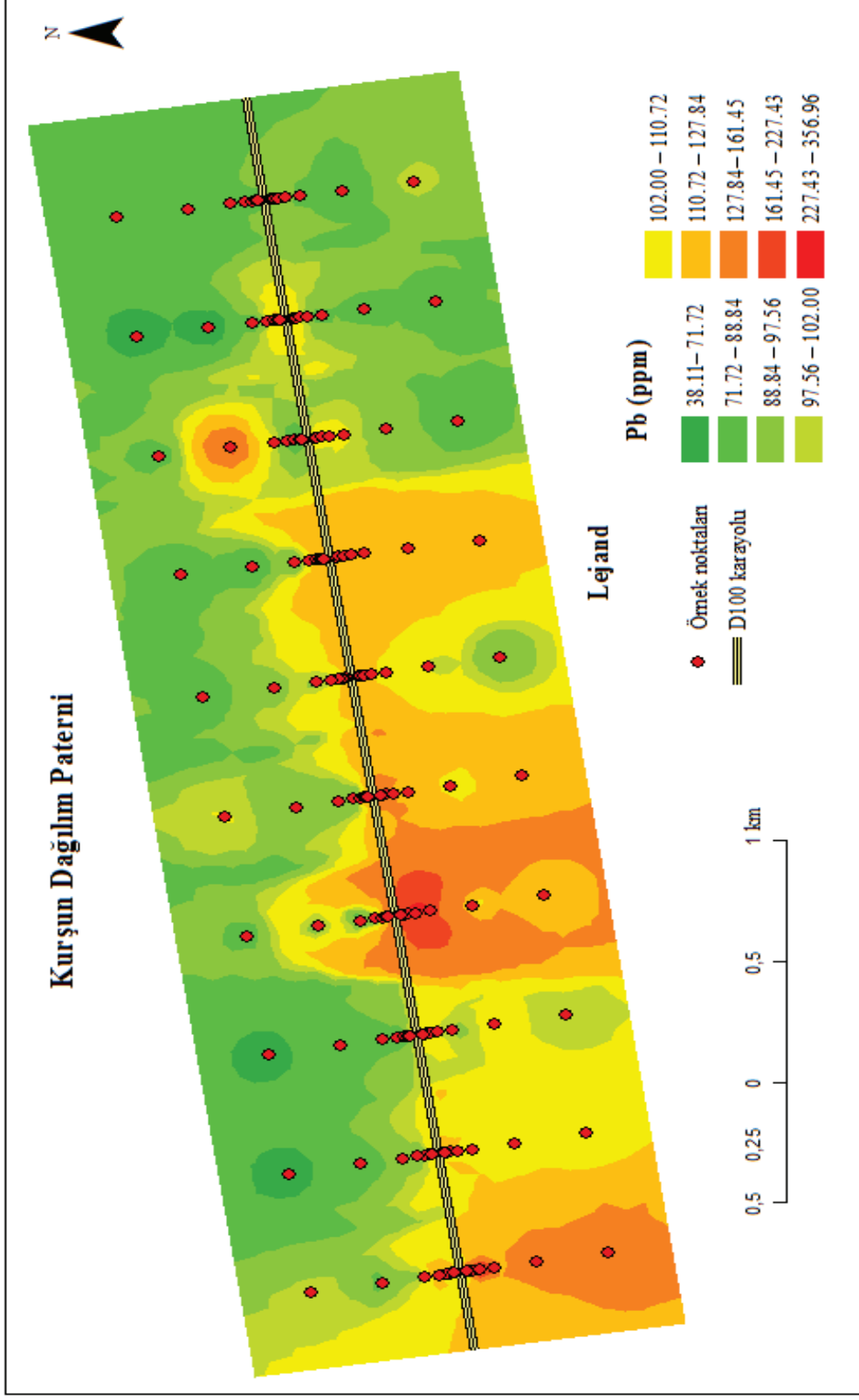
Tablo 17

Mesafeye Göre Kurşun ve Kadmiyum Değerleri ve Tanımlayıcı İstatistikler

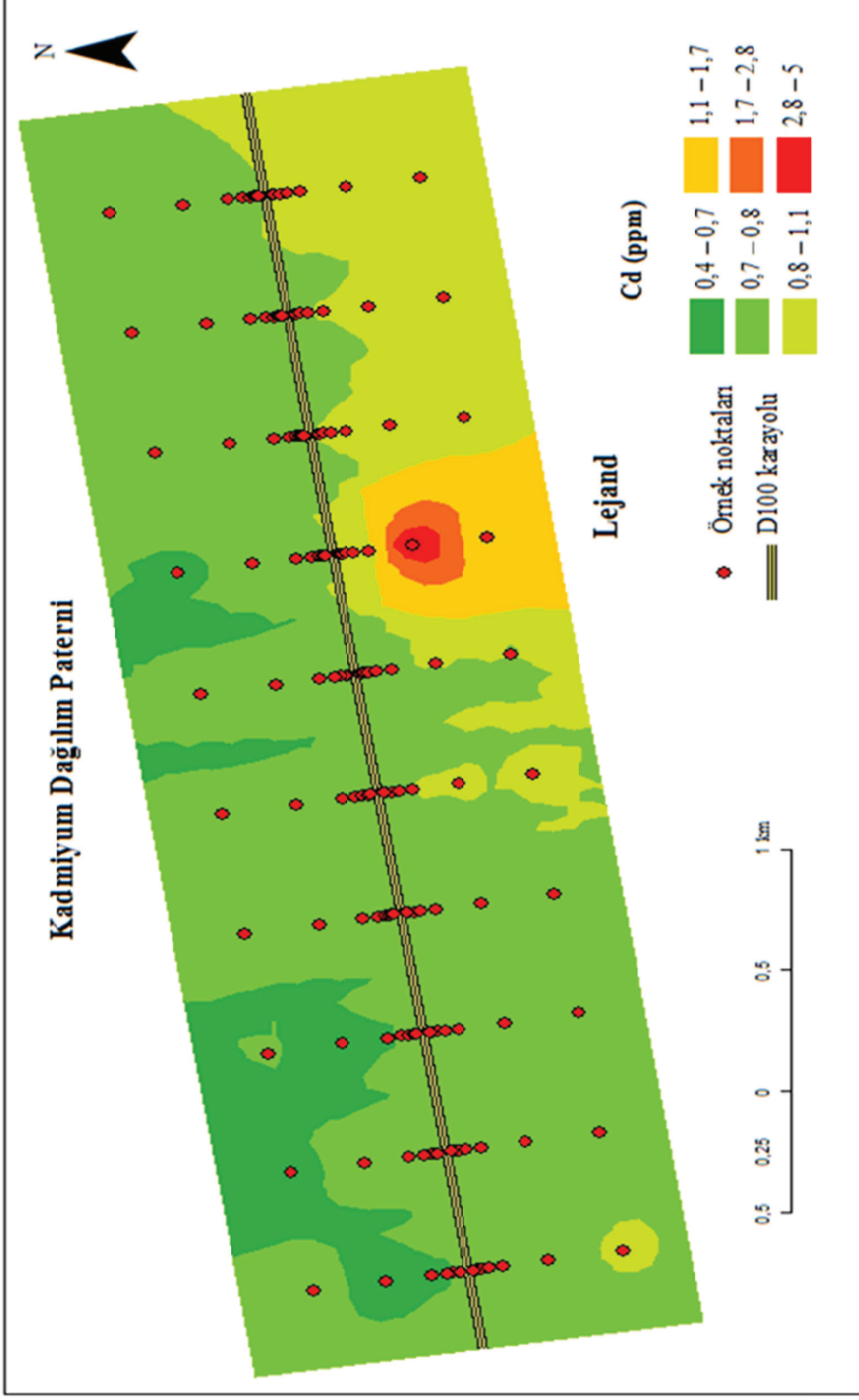
Ağır metal	Mesafe (m)	Örnek sayısı	Ortalama	S.sapma	P değeri
Kurşun miktarı (ppm)	1	20	120,1382	29,11496	0,01327
	5	20	114,4134	47,23987	
	10	20	116,8054	34,81771	
	25	20	89,2919	36,67286	
	50	20	110,8525	64,99906	
	100	20	89,5368	17,34064	
	250	20	91,7675	30,80350	
	500	20	90,0057	22,17133	
	Total	160	102,8514	39,43402	
Kadmiyum miktarı (ppm)	1	20	0,7524	0,08074	0,36157
	5	20	0,7333	0,12328	
	10	20	0,7668	0,10343	
	25	20	0,7678	0,09800	
	50	20	0,7906	0,10669	
	100	20	0,7998	0,11227	
	250	20	0,9972	0,95336	
	500	20	0,8048	0,11360	
	Total	160	0,8016	0,35222	

3.1.7. Çalışma Alanı İçerisindeki Topraklarda Kurşun ve Kadmiyumun Mekânsal Dağılımı

D100 Karayolunun araştırmaya konu olan kesiminde yolun kuzey ve güneyindeki alanlarda Pb ve Cd miktarının dağılım paterni ArcGIS 10.1' de Geostatistical Analyst aracıyla enterpolasyon yapılarak haritalandırılmıştır. Enterpolasyon yöntemiyle yapılan haritalandırma işleminde IDW yani "Ters Ağırlıklı Mesafe" metodu kullanılmıştır. Şekil 19 ve Şekil 20' de Pb ve Cd dağılım haritaları verilmiştir.



Şekil 19. Çalışma Alanı İçerisindeki Topraklarda Kurşun Miktarının Dağılımı



Şekil 20. Çalışma Alanı İçerisindeki Topraklarda Kadmiyum Miktarının Dağılımı

3.2. Tartışma

İstatistik sonuçlarına göre Pb miktarı ile istikamet ve yola olan mesafe arasında anlamlı ve negatif bir ilişki tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ölçülen Pb miktarları yolun güneyinden kuzeyine gidildikçe düşüş eğiliminde olduğu görülmüştür. Ayrıca hatlar arasında, Pb miktarları birbirlerinden önemli ölçüde farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca 3, 8, 9 ve 10 numaralı hatlar diğer hatlara göre oldukça düşük bulunurken ($p<0,05$), 4 numaralı hatta tespit edilen ortalama Pb miktarının diğer hatlara göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca 1, 5 ve 10 metre ölçümlerde tespit edilen ortalama Pb miktarının diğer mesafelere göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Yapılan post-hoc analizlerde 25, 100, 250 ve 500 m'de yapılan ölçümler diğer mesafelere göre oldukça düşük Pb değerlerine sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Kadmiyum miktarı ile istikamet arasında anlamlı ve negatif bir ilişki elde edilmiştir ($p<0,05$). Mesafe ile arasında ise herhangi anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Kadmiyum ölçümlerinde yine aynı şekilde güneyden alınan örneklerden yapılan ölçümlerde kuzeyden alınan örneklerden elde edilen ölçümlere göre daha yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ölçülen Cd miktarlarının yolun güneyinden kuzeyine gidildikçe düşüş eğiliminde olduğu görülmüştür. Karayolunun güneyine gidildikçe ölçülen Cd miktarı ise tam tersine artış eğilimindedir. Kısacası topraktaki Pb ve Cd oranı yolun kuzeyine ve güneyine göre farklılıklar göstermektedir. Farklı hatlarda ölçülen Cd miktarları arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Varyans analizi sonuçlarına göre farklı mesafelerde (1 ile 500 m arası) ölçülen Cd miktarları arasında da anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Yapılan arazi gözlemleri analiz sonuçlarıyla birlikte yorumlandığında, karayolunun güneyinde yer alan 1. hat 500 m mesafesindeki Pb konsantrasyonu (149,415 ppm) diğer tüm hatlardaki aynı mesafelerin en yüksek değeri olup kirlilik değeri yolun güneyinden itibaren düzenli artış göstermiştir (Tablo 9 ve Tablo 10). Pb kirliliğinin karayolun güneyinden itibaren düzenli olarak arttığı tek hat 1. hat olup, yoldan itibaren yerleşmelerin başlaması ve Nakışlar Mahallesi'nin merkezine uzanan yolun kirliliğe etkisinden söz etmek mümkündür. Bu noktadaki toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine bakılacak olursa hem egzoz emisyonunun fazla olmasının yanı sıra hem toprağın killi yapıda olması hem de organik madde oranının yüksek olması etkili olduğu

söylenbilir (Tablo 8). Karayolunun güney istikametindeki 5. hattın yola yakın kısımdaki yer alan bir seramik üretim alanı çevresinde; gerisinde daha çok tarla alanlarıyla kaplı olan 6. hatta kıyasla, Pb kirliliğinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, 7. hattın yola yakın mesafedeki alanda yer alan metal işleme atölyesi çevresinde de Pb kirliliği yüksek bulunmuştur.

Karayolunun kuzeyindeki 7. hattın yola çok yakın alanda, daha önce arazi çalışması sırasında da kişisel görüşmede bulunduğumuz şahısların yaşadığı ev çevresinde de kirlilik maalesef yüksek çıkmıştır. Bu da bu alanda yer alan evlerde yaşayan insanların özellikle küçük çocuklarının sağlık açısından risk altında olduklarını göstermektedir. Çocuklarda kandaki Pb düzeyiyle ilgili yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Yapıcı, Can ve Şahin, 2002). Kurşun değerlerinin en yüksek çıktığı yerler yolun güneyinde 4. hat çevresindeki petrol istasyonu çevresi olduğu görülmektedir. Şekil 11’de de görüldüğü gibi karayolunun güney istikametinde en yüksek değer aynı zamanda çalışma alanındaki en yüksek Pb konsantrasyonu olup 4. hattın 50 metresinde 356,967 ppm bulunmuştur (Tablo 9 ve Tablo 10). Benzin istasyonu çevresinde olması dolayısıyla, bu alana istasyona uğrayan araç sayısının fazla olması ve taşıtların kaynaklanan emisyonlar nedeniyle Pb birikiminin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Karayolunun kuzey istikametinde de 4. hattaki kirlilik fazla olup diğer hatlara kıyasla kirliliğin yüksek çıkmasında Büyükesence Mahallesi’ne giden yolun bulunması etkili olduğunu düşündürmüştür.

Karayolunun kuzey istikametindeki 8 hattın 5. metresi en düşük Pb değerinin bulunduğu (38,114 ppm) noktadır (Tablo 9). Bu hat üzerindeki noktalarda arazi gözlemleri sırasında toprak alınan yerin çevresinin kumlu dolgu alan olması ve toprağın fiziksel yapısı gereği kirliliğin tutulmadığı düşünülmektedir. Aynı hattın 250 metresinde alınan örneklerin laboratuvar sonucuna göre Pb düzeyinin burada yola daha yakın kısma rağmen yüksek çıkmıştır. Bu alanın Hasanbey Mahallesi’ndeki dört tali yolun birleştiği kavşakta yer almasının etkili olduğunu düşündürmektedir (Tablo 9). Aynı zamanda, 7. hattın yola yakın kısımları da yine Hasanbey Mahallesi’nin girişi olup burada da Pb kirlilik düzeyi yüksektir.

Karayolunun her iki tarafında da 10. hattın Pb kirlilik değerleri diğer hatlara göre oldukça düşük bulunmuştur. Bunun nedeni olarak bu kısımda kavaklık alanların geniş yer tutması ve yolun bitişiğinde yer alan otsu bitkilerin (*Rubus fruticosus* (Böğürtlen), *Xanthium strumarium* (Pıtrak), *Cichorium intybus* (Hindiba), *Equisetum telmateia*

Ehrh. (At Kuyruğu), *Cephalaria Transilvanica* (Tarla Pelemiri), *Solanum Nigrum* (Köpek üzümü), *Gastridium scabrium* ve *Poaceae* diğer ismiyle *Gramineae* türleri ile *Convolvulus Arvensis* (kuzu sarmaşığı veya tarla sarmaşığı)'in kirliliği tutmuş olabileceği düşünülmektedir (Tablo 9 ve Tablo 10). Kirliliğin genele kıyasla yine düşük çıktığı bir başka alan, karayolunun kuzey istikametindeki 1. hat olup burada Pb konsantrasyonunun düşük çıkmasında yolun bitişiğindeki otsu bitkilerin kirliliğin bu kısımdaki tarım alanlarına nüfuz etmesini engellemiş olabileceğinin yanı sıra rüzgâr yönünün de etkili olabileceğini söylemek mümkündür (Tablo 9).

D100 karayolunun kuzey istikametinde bazı noktalarda Cd değerlerinin aynı mesafelerdeki diğer noktalara göre yüksek çıkmasında mevcut tarım alanlarında kullanılan gübrelerin neden olduğu söylenebilir. Çalışma alanı içerisinde örnek alınan yerlerden bu noktanın dışında kalan noktaların çoğunda Cd değerleri maksimum sınır değerlerin altında bulunmuştur.

Karayolunun güneyinde kalan kısımdaki topraklarda ölçülen Cd değerleri arasında fazla değişiklik olmaması bu alanların tarım toprakları olmasıyla ilgili olduğu söylenebilir. Yolun güneyinde 7. hat 250 m mesafesinde Cd değeri en yüksek (5,023 ppm) düzeyde ve maksimum sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. Bu durumda rüzgâr yönünün etkisine bağlı olarak taşınmanın yanı sıra toprakta gübre kullanımında bir artış olduğu da söylenebilir (Şekil 13). Genel olarak kuzeyden güneye doğru Cd miktarının artmasında hâkim rüzgâr yönünün etkisi görülmektedir (Şekil 20). Dolayısıyla motorlu taşıtlardan kaynaklanan Cd kirliliğinin rüzgâr yönüne göre taşınması söz konusudur.

Çalışma sahasındaki ağır metal birikimine gerek istatistiksel bulgular gerekse arazi gözlemlerine bağlı olarak; sahada yer alan metal işleme, lavabo üretim fabrikası gibi küçük sanayi faaliyetlerinin yer almasının yanı sıra, ağırlıklı olarak tarım yapılması dolayısıyla tarımda verimi artırmak ve zararlılardan kurtulmak amacıyla kullanılan gübre ve pestisit gibi kimyasalların neden olduğu sonucuna varılmaktadır. Ancak, çalışma sahasında araç trafiğinin daha fazla olduğu yerleşmelerin çevresi (karayolunun güneyinde 1. hat) ve benzin istasyonunun bulunduğu (4. hat) yerlerde Pb birikiminin belirgin şekilde yüksek çıkması buna karşılık trafiğin daha az, tarım alanları ve ağaçlıkların fazla olduğu 9. ve 10. hatlar çevresinde Pb miktarının daha düşük olması topraklarda Pb birikiminde ağırlıklı olarak trafiğin etkisi olduğu sonucunu çıkarmıştır (Şekil 19). Bu hatlar çevresinde yol kenarlarındaki mevcut bitkilerin (böğürtlen, kavak

vs) de egzoz emisyonlarını iç kesimlerdeki tarla alanlarına taşınmasına engel olduğunu göstermektedir. Bu çevredeki tarım alanlarında Cd kirliliğindeki artışta tarımsal uygulamaların etkisinin de olduğu belirgin olmakla birlikte Cd'nin mekânsal dağılımında kirliliğin genel olarak karayolunun güneyine doğru artmasında da hâkim rüzgâr yönünün etkisi bariz bir şekilde görülmektedir (Şekil 20).

Benzer şekilde Güney, Onay ve Copty (2010), İstanbul'da yol kenarı toz ve topraklarında Pb birikimini incelemişler, çalışma alanı içerisinde sanayi alanların da bulunmasına rağmen kirletici unsur olarak ana kaynağın trafik olduğu sonucuna varmışlardır. Pivić, Stanojković ve Jošić (2013), toprak ve bitki örneklerinde Pb birikimini inceledikleri çalışmada antropojen kirliliğin yanı sıra pestisit, gübrelerin aşırı kullanımı ve motorlu araçların oluşturduğu hava kirliliğinin etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Yine benzer şekilde, Hamzeh, Aftabi ve Mirzaee (2011), çalışmalarında benzin istasyonları, yol kavşakları ve araçların yoğun olarak geçtiği alışveriş merkezlerini yoğun kirlilik alanları olarak belirlemişlerdir. Aynı zamanda toprakların kil minerallerinin fazlalığı ve orta seviyede alkali pH özelliğinde olmasının ağır metal hareketliliğinin düşük olmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Ayrıca karayolu kenarındaki topraklarda ağır metal kirliliğinin; yol kenarı, yola olan mesafe, toprak derinliği ve hâkim rüzgâr yönü ile olan ilişkisinin incelendiği birçok çalışmada ise hâkim rüzgâr yönünün çevredeki Pb birikimine etkisinin önemli olduğu belirtilmiştir (Rodriguez 1982; Jaradat ve Momani 1999; Öztaş ve Ata 2002; Özkul 2008; Ölgen ve Gür 2012; Kluge ve Wessolek 2012). Viard ve diğerleri (2004), yaptıkları çalışmada toprak örneklerinde Pb birikimine otoyolun yüksek düzeyde etki yaptığını, en yüksek değerlerin 5 - 20 m arasında olduğunu ve yoldan uzaklaştıkça kirliliğin azaldığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Manzak (2006) çalışmasında yoldan itibaren ilk 20 m' lik kuşakların Pb ve Cd için riskli alanlar olduğunu belirlemiştir. Toprak ve bitkideki Pb miktarının yoldan mesafeyle azaldığını ve 33 m' de normal konsantrasyona düştüğünü belirtildiği bir çalışma da mevcuttur (Rodriguez, 1982). Çalışmamızda ise 1, 5 ve 10 metrelerdeki ölçümlerde tespit edilen ortalama Pb miktarları diğer mesafelere göre oldukça yüksek; 25, 100, 250 ve 500 m' de yapılan ölçümler ise diğer mesafelere göre oldukça düşük bulunmuştur.

Trafiğin yoğun olduğu yol kenarlarındaki yüzey topraklarından alınan örneklerde Pb miktarının yoldan uzaklaştıkça azaldığını dolayısıyla kirliliğin ağırlıklı olarak motorlu

taşıtlardan kaynaklı olabileceğini gösteren birçok çalışma mevcuttur (Rodriguez 1982; Haktanır, Erpul ve Arcak 1995; Jaradat ve Momani 1999; Sezgin ve diğerleri 2003; Massadeh ve diğerleri 2004; Güney 2006; Manzak 2006; Bilge ve Çimrin 2013). Yol kenarlarındaki topraklarda ve bitkilerdeki Pb ve Cd birikimin incelendiği çalışmalar da bulunmaktadır (Rodriguez 1982; Bingöl ve diğerleri 2010; Osmar ve diğerleri 2013). İnceleme alanı topraklarında pH genel olarak alkaline olduğundan (Tablo 7 ve Tablo 8). ağır metallerin toprakta çözünerek suya karışması olasılığını düşürmektedir ve bu durum ise ağır metallerin toprakta ve bitkilerde birikmesine neden olmaktadır. Topraklarda pH oranı azaldıkça ağır metaller çözünerek yıkanıp yeraltı suyuna karışmaktadır (Çınar, 2013: 94). Kluge ve Wessolek (2012), benzer bir çalışmada pH değerleri ve adsorpsiyon kapasitesi yüksek topraklarda Pb ve Cd değerlerinin yoldan uzaklaştıkça azaldığını tespit etmişlerdir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde endüstrileşmenin artmasına paralel olarak çevrede ve toprakta ağır metal kirliliği yüksek düzeylere ulaşmıştır. Trafikteki araçların egzozlarından çevreye yayılan Pb ve Cd gibi ağır metaller gerek insanlar gerekse de bitki ve hayvanlar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. İnsan aktiviteleri sonucu ekolojik sisteme zarar veren ilk metal olan ve atmosfere metal veya bileşik olarak yayılan Pb toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir (Çepel, 1997: 28; Kahvecioğlu ve diğerleri, 2003). Kurşun ve bileşikleri topraklarda birikme ve böylece uzun süre toprakta kalabilme özelliği taşımaktadır (Alloway 2013: 396). Özellikle otoyolların yakınındaki tarlalarda yetiştirilen lahana, turp, marul gibi kültür bitkilerinde önemli oranda Pb birikimi olmaktadır (Mater 2004: 220). Yol kenarı tarım alanlarında yapılan bir çalışmada en yüksek Pb miktarlarının, lahana (72.48 µg/g kuru ağırlık), maydanoz (79.89 µg/g kuru ağırlık) ile pazıda (87.00 µg/g kuru ağırlık) olduğu tespit edilmiştir (Osma ve diğerleri 2013). Çalışma alanında ağır vasıta araçlarının ve yük taşıtlarının yoğun (20800 taşıt/gün) olarak kullandığı D 100 karayolunun her iki tarafındaki tarım arazilerinde tarım faaliyetleri yol kenarlarından itibaren başlamakta olup marul, karnabahar, mısır ve şeker pancarı (Foto 1, 2, 3 ve 4) tarımı ağırlıklı yapılmakta olup ıspanak tarımı da yapılmaktadır. Bu durum ise söz konusu besinleri tüketen insanlarda önemli sağlık sorunlarına yol açma riski taşımaktadır.

Gündüz (2012), tarım topraklarının hektarında bulunabilecek toplam ağır metal miktarlarının, belirli bir sınırı geçmemesi gerektiğini ve bu konuda Avrupa Birliği tarafından tespit edilen maksimum değerlerin, Pb için 300 mg/kg, Cd için 3 mg/kg olduğunu, on yıl içinde en çok artma miktarının ise 15 kg/ha olduğunu belirtmiştir. Başka bir çalışmada Pb' nin topraklarda 10-100 ppm arasında, Cd'nin ise 1 ppm 'in altında bulunuyorsa bu miktarların normal seviyeler olarak kabul edilebileceğini belirtilmiştir (Mattigod ve Page 1983). Bu durumda araştırma sahasında en yüksek Pb değerleri 4. hat üzerinde yer alan benzin istasyonu çevresinde tespit edilmiş olup maksimum sınır değerinin üzerindedir (356 mg/ kg). Yukarıda belirtilen sınır değerler birlikte ele alındığında çalışma alanımızdaki toprakların genel olarak Pb kirliliğine maruz kaldığı tespit edilmiştir (Tablo 9 ve 10). Kadmiyum açısından ise özellikle tarlaların yoğun olarak yer aldığı kısımlarda önemli tehlike oluşturduğu belirlenmiştir (Tablo 11 ve 12). Topraklarda pH düşmesiyle ekstrakte edilebilen ağır metal derişimi

yükselmekte olup ayrıca ağır metallerin topraktaki toplam derişimlerinden çok, mobil formlarının derişimlerinin önemli olduğu, toksik etkinin mobil-alınabilir formların etkisi sonucu ortaya çıktığı ve farklı ağır metallerin mobil formlara dönüşmelerinin de farklı pH değerlerinde başladığı bilinmektedir. Kadmiyum 6.5 pH' dan küçük, Pb ise 4 - 4.5 pH değerlerinde mobil formda bulunabilmektedir (Yağdı, Kaçar ve Azkan, 2000). Çalışma alamızda toprakların genel olarak alkalın olduğu göz önünde bulundurulduğunda topraklardaki ağır metal derişiminin mobilitesinin düşük yani bitkilerce alımının az olduğu ya da henüz olmadığı yorumuna ulaşabiliriz. Buna karşın topraktan bitkiye geçiş oranı çok yüksek olan ve toprakta oldukça hareketli olan Cd, çok düşük konsantrasyonlarda bile özellikle de Zn noksanlığında bitkiler tarafından kolaylıkla alınmakta ve bitkinin yenen kısımlarında birikmektedir. Bu durum bu metalin çevre sağlığı açısından büyük bir potansiyel riske sahip olduğunu göstermektedir (Sönmez, Kaplan ve Sönmez, 2008). Dolayısıyla sınır değerlerin üzerinde Cd miktarına rastlanması çalışma alanı topraklarındaki Cd birikiminin dikkatle kontrol edilmesi gerektiğini göstermektedir. Kimyasal gübreye fazla miktarda maruz kalmış alanlarda yetiştirilen bitkilerin insan ve hayvanlar tarafından tüketilmeleri bu alanlardaki zararlı bileşiklerin canlı bünyelerine geçmesine neden olacağından çalışma alanındaki Cd birikiminin belirli zaman aralıklarında kontrol edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Karayolu kenarlarında yer alan topraklar; trafik yoğunluğu, rüzgârın şiddeti ve yönü, yola olan mesafe, bitki örtüsü ve yağmur gibi faktörlere göre farklı derecelerde ağır metal kirlenmesinden etkilenmektedir (Şişman 1999: 3). Çalışma sahasında yer alan topraklarda ise Pb miktarlarının karayolundan uzaklaştıkça azaldığı, ayrıca karayolunun güneyindeki toprakların Pb miktarlarının kuzeyindeki topraklardan daha yüksek olduğu tespit edilmiş olup bu farklılıkta hâkim rüzgâr yönünün belirgin etkisi açık şekilde görülmüştür (Şekil 19).

Tarım topraklarındaki verimi artırmak amacıyla kullanılan fosforlu gübreler, ağır metal birikiminin (özellikle de Cd birikiminin) önemli bir kaynağı olup toprağa fosforlu gübre uygulanması, toprağın özellikle üst kısmındaki toksik ağır metal birikimini artırmaktadır (Köleli ve Kantar 2005; Sönmez, Kaplan ve Sönmez, 2008). Günümüzde topraklara eklenen arıtma çamurları da toksik metallerin bir başka kaynağıdır (Rowell 1994: 309). Çalışma sahasında incelenen topraklarda Cd miktarları arasında fazla değişiklik olmaması bu alanların tarım toprakları olmasıyla ilgili olduğu söylenebilir.

Çalışma sahasındaki Pb ve Cd birikimine; bu alanda faaliyet gösteren küçük sanayi kuruluşlarının (metal işleme, lavabo üretim gibi) bulunması, verimi artırmak ve zararlılardan kurtulmak amacıyla kullanılan gübre ve pestisit gibi kimyasalların kullanıldığı intensif tarımın yapılmasının yanı sıra D100 karayolu ile yerleşimlerdeki ara yolları ve hâkim rüzgâr yönünün etkisi neden olmuştur. Araştırma sahasında gerek Pb gerekse Cd birikiminin mekânsal dağılımını gösteren haritaları incelendiğinde kirliliğin yolun güneyinde daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 19 ve Şekil 20). Özellikle Şekil 19' a göre sahada etkili olan kuzeybatı istikametindeki hâkim rüzgârı ile karayolunun konumu (güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda) birlikte dikkate alındığında Pb miktarındaki farklılığın nedeni olarak hâkim rüzgâr yönünün etkisi belirgin şekilde söz konusudur. Dolayısıyla çalışma alanı topraklarında motorlu taşıtlardan kaynaklanan ve rüzgâr yönünde taşınmış olan mevcut bir Pb ve Cd kirliliği olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Çalışma alanındaki D100 karayolunun yakın çevresinde yerleşmelerin bulunması, bu yerlerde yaşayan insanlar ve özellikle de büyüme dönemindeki küçük çocuklar üzerinde önemli sağlık riskleri taşımaktadır. Yapılan birçok araştırma da Pb kirliliğinin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğu vurgulanmıştır (Furman ve Laleli 1999; Yapıcı ve diğerleri 2002; Mormontoy ve diğerleri 2004; Zhang 2006; Bakar ve Baba 2009; Guagliardi ve diğerleri; 2010; Beşkaya ve diğerleri 2008). Tarım faaliyetlerinin yoldan itibaren başladığı çalışma alanında diğer mesafelere göre en yüksek Pb miktarları yola en yakın olan 1, 5 ve 10 mesafelerinde bulunmuş olup 25 m'den itibaren yapılan ölçümlerin diğer mesafelere göre oldukça düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Bitkilerin doğrudan ya da dolaylı şekilde insan ve hayvanların besin maddeleri olmaları nedeniyle bitki ve toprak bünyesindeki ağır metal kapsamlarının bilinmesi büyük önem taşımaktadır (Kaçar, 2009: 375). Çalışma alanında D 100 karayolunun güneyinde 7. hattın 250 m mesafesinde Cd değeri en yüksek (5,023 ppm) olan ve üst sınır değerinin aşıldığı alanın çevresi dikkate alındığında gübrelerden veya pestisitlerden kaynaklanan bir kirlenme olduğu kanatine varılmıştır. Kimyasal gübreye maruz kalmış topraklarda yetiştirilen ürünlerin canlılar tarafından tüketilmeleri yoluyla zararlı bileşiklerin bu canlıların bünyelerine geçmesine neden olacağı için bu toprakların da ıslah edilmeleri oldukça önemlidir (Sönmez, Kaplan ve Sönmez, 2008).

Çalışma alanında daha önce böyle bir kirlilik çalışması yapılmamış olması nedeniyle bu çalışma, bu konuda alanda yapılmış ilk çalışma olup bundan sonraki yapılacak çalışmalara da örnek olabilecek ve ışık tutabilecektir.

Bu çalışmanın sonuçları itibariyle toprakların çevre ve insan sağlığına zarar veren ağır metal kirliliği (Pb, Cd vd.)'nden etkilenmesini önlemek için 5 grupta toplanan önerilerimiz aşağıdaki gibidir:

1- Tarım alanlarında:

- Toprak kirliliğini önlemeye yönelik yapılacak yeni düzenlemeler, sanayinin gelişmesinin çevreye verdiği zararı en aza indirecek ve tarım topraklarını koruyacak, kentsel gelişmeler sonucunda oluşan tarım topraklarının kaybını en aza indirecek, verimli tarım alanlarının amaç dışı kullanımına karşı denetim ve önlemler getirecek biçimde olmalıdır (Yıldız ve Özbay, 2008). Bu nedenle çalışma alanının alüvyal karakterli ve yüksek verimli olan tarım arazileri korunmalı ve tarım dışı amaçlarla kullanılmasının önüne geçebilecek etkili hukuki düzenlemeler mutlaka yürürlüğe konmalıdır.
- Tarım alanlarının toplum sağlığı açısından yerleşim, sanayi ve trafiğin yoğun yaşandığı karayollarından etkilenmeyecek uzaklıkta olmasına önem verilmelidir.
- Bitkisel üretimle uğraşan üreticilerin faaliyetlerinin toprak kirliliğine neden olmaması için uygulayacakları gübrelerin ve pestisidlerin hangi çeşidini, ne miktarda, nasıl ve ne zaman verilmesi gerektiği konularında Tarım Bakanlığı tarafından teknik desteğin sağlanması ve üreticilerin denetiminin yapılması gerekmektedir.
- Üreticiler, yol kenarlarındaki mevcut tarım alanlarında ise ağır metalleri yumrularında ve yapraklarında biriktiren bitki çeşitlerini yetiştirmemesi açısından uyarılmalıdır.
- Otoyolların kenarlarında hayvan otlatılmasına izin verilmemelidir.
- Gübre kullanımını en aza indiren ve en etkin şekilde gübreleme sağlayan damla sulama yöntemi, uygun alanlarda yaygınlaştırılmalıdır (Sönmez, Kaplan ve Sönmez, 2008). Ayrıca tarım alanlarının yakınlarında yaşayan ve yer altı sularını içme suyu olarak kullanan insanların da bu suları kullanmak yerine alternatif su kaynaklarına yönelmeleri, kimyasal gübrelerden yeraltı sularına karışabilecek sağlığa zararlı bileşiklerden korunmalarında önemli katkı sağlayacaktır.
- Topraklarda ağır metal kirliliği denetiminin yetkililerce belirli aralıklarla gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

- Toprak kirliliği öneminin anlaşılması için bu konuda yapılan çalışmaların sayısının artması ve öncelikli olarak kirlilik potansiyeline sahip, kimyasal gübrelerin fazla kullanıldığı tarım alanlarının incelenmesi ve remediasyon gerektirecek bölgelerin tespit edilmesi gerekmektedir.
- Üreticiler organik tarım için teşvik edilmelidir.

2- Karayollarında:

- Sakarya ilinde trafikteki araçların egzoz gazı emisyon ölçümü, egzoz emisyon yetki belgesi almış 22 adet araç muayene istasyonu tarafından yürütülmektedir. Ölçüm İstasyonlarının denetimleri İl Müdürlüğü Teknik Personellerince ve Karayolunda seyreden araçların denetimi ise İl Emniyet Müdürlüğü ve Jandarma Komutanlığı ile ortaklaşa yapılmaktadır (Sakarya İl Çevre Durum Raporu, 2011). Trafikteki araçların egzoz gazı ölçümlerinin daha sıklıkla yapılması ve kirliliğe neden olan araçların denetiminin yapılması sağlanmalıdır.
- Yol kenarlarına taşıt emisyonlarının karayolundan içeri kesimlere taşınmasının engellenebilmesi amacıyla taşınmayı önemli ölçüde engellediği bilinen ağaç ve çalılıkların dikilmesinin (Yağdı, Kaçar ve Azkan, 2000) yanısıra, trafiğin yoğun olduğu yol kenarı topraklarına en çok Pb tutan bitki türlerinden *Atriplex* ve *Xanthium*, *Sinapis arvensis*, *Agrostis tenois*, *Deschamsia flexuosa* ve *Festuca ovina* veya *Cupressus sempervirens* L. ve *Cedrus Libani* A. Rich. (Çavuşoğlu, 2005) gibi bitki çeşitlerinin doğal olarak yetişmesine olanak sağlanmalıdır.
- “Kentsel Dönüşüm Projeleri” yapılırken insanların solunum yoluyla ağır metal kirliliğinden etkilenmemeleri için trafiğin yoğun olduğu yerlerde yerleşim alanlarının oluşturulmaması gerekmektedir.
- Yoğun ve hızlı trafiğe hizmet verecek yollar mümkün olduğunca şehirlerin ve tarım alanlarının oldukça uzağından geçirilmelidir.
- Araçların iki yıl aralıklarla yapılan muayene zamanlarını bir gün dahi geçirmemeleri ve geçirenler için cezaların arttırılması gerekmektedir.
- Sürücülerin kurşunsuz benzin kullanımını yaygınlaştırmak için fiyatının düşürülerek kullanılması teşvik edilmelidir. Süper benzin ise tamamen kullanımdan kaldırılmalıdır (Öztürk, 2004).

- Kurşunsuz benzin kullanan eski tip araçların trafiğe çıkmasının önlenmesi gerekmektedir. Trafikteki bu tip araçların sık sık egzoz ve lastik kontrollerinin yapılması gerekmektedir. Zaman içerisinde sadece çevre dostu olarak üretilen araçların trafiğe çıkması sağlanmalıdır.
- Araç sürücülerinin araçlarını yüksek devirde kullanmaları, gereksiz yere uzun süre rölantide çalıştırmaları, aşırı yüklenme, hız, ani fren, durmalar ve kalkışlar yapmaları (Öztürk, 2004) ayrıca ağır metal içeren aşırı yakıt kullanmaları önlenmeli yine bu nedenlerle sürtünmeye bağlı olarak zamanla yıpranan lastiklerini uzun müddet kullanmamaları için trafikte denetimlerinin yapılması gerekmektedir.
- Karayollarının kalitesi açısından yapım, bakım ve onarım işlemlerine yetkililerce gereken azami dikkat gösterilmelidir.

3- Endüstri kuruluşlarında:

- Eski kuruluşların hava, su ve toprağı ağır metallerle kirlenmelerini önlemek için bacalarına filtre takmaları yine katı ve sıvı atıkları için arıtma sistemlerini oluşturmaları ve sürekli olarak denetlenmeleri gerekmektedir.
- Yeni kuruluşların ise ÇED raporu hazırlamaları ve uygulamaya sokmaları gerekmektedir. Bu durum Çevre Bakanlığının kontrolü altında olmalıdır.

4- Çevre bilinci oluşturulmasında:

- İnsanlar, gerek medya gerek seminer, panel ve çeşitli eğitim programlarıyla gerekse billboardlarla ağır metaller ve etkileri konusunda bilinçlendirilmelidir.

5- Bilimsel araştırmalarda:

- Araştırmamızda elimizdeki imkânlar ölçüsünde çalışma sahasını temsil etmesi için oluşturulan hatlar üzerinden alınan toprak örneklerinden elde edilen veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojisi kullanılarak Pb ve Cd kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen veriler, daha sonraki yıllarda yapılacak olan detaylı araştırmalar için bir kaynak teşkil etmesi açısından önemlidir. Ayrıca imkanların elverdiği ölçüde tüm Sakarya ilini içine alan, sık hatlar oluşturularak ve toprak örnek sayısı artırılarak daha hassas toprak ağır metal kirlilik haritaları oluşturulabilir.

KAYNAKÇA

Kitaplar:

- Allison, L. E. ve Moodie, C. D., 1965, Carbonate. In C.A.Black et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2. 2nd edition.
- Alloway, B.J., 1990, *Heavy Metals in Soils*, ed, Alloway B.J., John Wiley and Sons. Inc. New York. pp:101, 177.
- Alloway, B. J., 2013, *Heavy Metals in Soils Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*, Springer, Third Edition p.15, 299, 396.
- Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y., Delibacak, S., 2004, *Toprak Bilimi*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 557, İzmir, 2004, s: 341.
- Atalay, 2011, *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, s:435.
- Barlas, N., 2013, *Küresel Krizlerden Sürdürülebilir Topluma Çağımızın Çevre Sorunları*, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, İstanbul, s:31.
- Bilgin, T., 1984, *Adapazarı Ovası ve Sapanca Oluğunun Alüvyal Morfolojisi ve Kuaternerdeki Jeomorfolojik Tekamülü*, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 2572, İstanbul, s: 22,40,46.
- Chapman, H. D. Ve Pratt, P. F., 1961, *Methods of analysis for soils, plants and waters*. p:1-309. University of California, Division of Agricultural Sciences. USA.
- Çepel, N., 1997, *Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar*, Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları s: 28, 34, 56-57.
- Çepel, N., 2000, *Toprak ile Söyleşi. Tanımı, Sorunları ve Koruma Çareleri*. Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıklarını Koruma Vakfı yayınları 31, İstanbul, s:34.
- Çınar, Ö., 2013, *Çevre kirliliği ve Kontrolü*, Nobel Akademik Yayıncılık, 2.baskı, Ankara, s:94,154.
- Dellavalle, N. B., 1992, *Determination Of Specific Conductance in Supertanat 1:2 Soil:Water Solution in Handbook on Reference Methods For Soil Analysis*. Soil and Plant Analysis Council, Inc. Athens, GA.
- Emiroğlu, M., 1965, *Sakarya'nın Zirai Durumu* , Ankara Üniversitesi Dil Tarih Coğrafya fakültesi, Altmışınca Konferans, s: 1,8.
- Erinç, S., 2012, *Jeomorfoloji 1*, Güncelleştirilmiş Yeni basım, Der Yayınları: 284, İstanbul, s:373.

- Ergene, A., 2012, *Toprak Biliminin Esasları*, Geliştirilmiş 5. Baskı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, s:8.
- Gündüz, 2012, *Çevre Kimyası*, Gazi Kitabevi, 2.baskı, Ankara, s: 135, 136,144,146, 569-570.
- Güney, E., 2013, *Genel Ortam Kirlenmesi*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, s: 138.
- Goldsmitt, V.M., 1958, *Geochemistry*, Oxford Univ.Pres, London.
- Haktanir, K., 1987, *Toprak Kirliliği ve Bu Konuda Hazırlanacak Yönetmelikler Üzerine Düşünceler*, TÇSV. Çalışma Grubu Raporu, s: 75.
- Kabata-Pendias, A.,1995, *Agricultural problems related to excessive trace metal contents of soils*, in Salomons, W., förstner, U., and Made, P. (Editors) Heavy metals: Problems and Solutions, Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg. pp. 3.
- Kabata-Pendias, A., 2001, *Trace Elements in Soils and Plants*, CRC Press, Third Edition, p.10, 208, 212.
- Kaçar, B., 2009, *Toprak analizleri*, 3. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, s: 351,352,375.
- Lodenus, M., 1989. *Heavy Metals in the Soil, Interaction and Long Term Changes*, In: Szabolcs, (I. Edit), 1987, Ecological İmpact of Acidification. Budapest, p:131-136.
- Mater, B., 2004, *Toprak Coğrafyası*, Çantay Kitabevi, İstanbul , s: 216, 220.
- Mattigod, S.V. ve Page, A.L., 1983, *Assessment of metal pollution in soils*. Applied Environmental Geochemistry (ed. Thornton, I) Academic Press, Chap.12, pp.355-394.
- Namlı, A., 2013, “Toprak Kirliliğinin Biyolojik Yöntemlerle İyileştirilmesi”, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ders Notları.
- Richards, L.A., 1954, *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. Handbook 60. Department of Agriculture, United State.
- Rowell, D.L.1994, *Soil Siennce Methods and Applications*, p: 309.
- Toröz, İ., 2009, *Çevre Görevlisi Eğitim Programı*, TC. Çevre ve Orman Bakanlığı, s:1,5.
- Türüdü, A., 1992, *Toprak Bilgisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları No:İ04, 2.baskı, Trabzon, s:63.
- Yaron, B., Calvet R. ve Prost, R., 1996, *Soil Pollution Processes and Dynamics*, Springer,p.3,42.
- Yıldız, D. ve Özbay, Ö., 2008, *Su ve Toprak*, Ulusal sanayici ve İşadamları Derneği (USİAD) A.Ş., İstanbul, s: 272.

Makale ve Tezler:

- Adiloglu, A., O. Pak, S. Adiloglu, M.R. Karaman, 2013, "An Investigation of Some Heavy Metal Pollution Along the TEM Motorway Soils in Kırklareli, Turkey". *1st Central Asia Congress on Modern Agricultural Techniques and Plant Nutrition*, 1-3 October, Bishkek, Kyrgyzstan, *Soil Water Journal*, ISSN: 2146-7072, 2(2): 1897-1994.
- Asri, F.Ö., S. Sönmez ve S. Çıtak. 2007, Kadmiyumun Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Derim Dergisi*, 24, 34-41.
- Ata, S., 2000, Erzurum İlica Karayolu Güzergahında Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Kurşun Kirliliği, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s: 9,11.
- Bakar, C. ve Baba, A., 2009, Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu, *1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*, Ürgüp Nevşehir.
- Başkaya, H.S. ve Teksoy, A., 1997. Topraklarda Ağır Metaller ve Ağır Metal Kirliliği, *1. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu*, s: 763-771, Bursa.
- Beşkaya, A., Yıldız, K., Başalan, M. , Us, M.F., 2008, Kırıkkale’de endüstri bölgesi civarında toprak, yem, su ve bu yörede yetiştirilen koyunlar ile parazitlerinde bazı ağır metallerin (Cd, Cu, Pb, Zn) belirlenmesi, *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 19: 39 – 46.
- Bingöl, M.Ü, Geven,F., Güney,K., Ketenoğlu,O., Erdoğan, N.,2010, Egzoz Gazlarının Bitkilere Etkileri ve Koruma Önerileri, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 3 (2): 63-67.
- Bilge, U. ve Çimrin, K M., 2013, Viranşehir-Kızıltepe Karayolu Kenarındaki Topraklarda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği, *Tarım Bilimleri Dergisi, Journal of Agricultural Sciences*, 19:323-329.
- Bouyoucus, G. D.,1951, A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. *Agronomy Journal* 43: 434- 438.
- Çağlarırnak, N., ve Hepçimen A. Z., 2010, Ağır metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi, *Akademik Gıda* 8(2) 31-35.
- Çavuşoğlu, K. ve Çavuşoğlu, K., 2005, *Cupressus sempervirens L. ve Cedrus Libani A. Rich.* Yapraklarında Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması, *Baü Fen Bil. Enst. Dergisi* 7(2):37-56.
- Çavuşoğlu K., Budak, A., ve Arıca Çakır, Ş., 2008, "Kırklareli- Kırşehir Karayolunda Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun Kirliliğinin Araştırılması" *Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(2), 223-231.
- Çavuşoğlu K., Kınalıoğlu, K., Yapar, K., Türkmen, Z., Yalçın., E., Duyar, Ö., Özdoğan, S., 2009,"Giresun–Ordu Karayolunda Taşıt Trafikinin Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması", *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 13. Cilt, 1.Sayı, s: 54-59.

- Çilali, E., 2012, “Amasya-Tokat Karayolu Çevresinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnunda (*Rosa spp*) Mesafeye Bağlı Olarak Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi”, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Çubukçu, A., ve Tüysüz, N., “KBİ İzabe, Tügsaş ve Organize Sanayi Bölge Tesislerinin (Samsun, Tekkeköy) Çevresel Etkileri” . (www.jmo.org.tr/resimler/ekler/820bff1a819b190_ek.pdf?dergi (Erişim tarihi: 6.05.2014).
- Dağdeviren, Ş., 2007, Çorlu ve Civarındaki Topraklarda Ağır Metal Konsantrasyonunun Belirlenmesi ve Sonuçlarının Yapay Sinir Ağları İle Değerlendirilmesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi Yüksek Lisans Tezi, s: 25.
- Dede, G., 2010, Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metallerin Bitkilerle Giderimi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s:121.
- Dökmeci, A.H., 2005, Gala Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s: 2.
- Duru, N., Turkmen Z., Çavuşoğlu, K., Yalçın E., Yapar, K., 2011” *Verbascum Sinuatum* L. (Scrophulariaceae) (Sığırkuyruğu) Türü Kullanılarak Karadeniz Sahil Şeridinde Taşıtların Sebep Olduğu Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması”,2011, *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 15. Cilt 2. Sayı, s. 89-96.
- Elik, A., 1995, Çevresel Ağır Metal Kirliliğinin İzlenmesinde Yeni Bir Örnek Hazırlama Yaklaşımı: Ultrasonik Leaching, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, s:10.
- Farid, S.ve Kaleem Baloch, M., 2012, Heavy metal ions in milk samples collected from animals feed with city effluent irrigated fodder, *Greener Journal of Physical Sciences* ISSN: 2276-7851 Vol. 2 (2), pp. 036-043)
- Güney, M., 2006, Heavy Metal Determination In Roadside Soils and Highway Dust from the Major Highways of Istanbul, Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Guney, M., Onay, T.T. ve Copty, N.K., 2010, Impact of overland traffic on heavy metal levels in highway dust and soils of Istanbul, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, May 2010, Volume 164, Issue 1-4, pp 101-110
- Ertugay, M.F., Başlar M. ve Sallan, S.,2010, “Determination of Contamination Levels of Lead (Pb) and Cadmium (Cd) in Wheat Grown Around Beyşehir - Isparta Highway” Determination of contamination levels of lead (pb) and cadmium (cd) in wheat grown around Beyşehir - Isparta highway” *1st International Congress on Food Technology*; November 03-06, 2010 Antalya.
- Furman, A. ve Laleli, M., 1999, Analysis of lead body burden in Turkey, *The science of the Total Environment* Vol.234: 37-42.

- Guagliardi, I., Buttafuoco, G., Cicchella, D., De Rosa, R.V.,2010, Assessment of lead contamination in urban soils in an area of southern Italy,*19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, Brisbane, Australia
- Guo,Y. B., Feng, H., Chen,C., et al. 2013, Heavy Metal Concentrations in Soiland Agricultural Products Nearan Industrial District, *Pol. J. Environ. Stud.* Vol. 22, No. 5: 1357-1362.
- Haktanır K, Arcak ve Erpul G (1995). Yol kenarındaki topraklarda trafikten kaynaklanan ağır metal birikimi. *Engineering and Science* 19: 423-431.
- Hamzeh, M.A., Aftabi, M.M., ve Mirzaee, M., 2011, “Assessing geochemical influence of traffic and other vehicle related activities on heavy metal contamination in urban soils of Kerman city, using a GIS-based approach”, *Environ Geochem Health* 33:577–594.
- Jaradat, Q. M., ve Momani, K.A, 1999, Contamination of Roadside Soil, Plants, and Air With Heavy Metals in Jordan, A Comparative Study ,*Turkish Journal of Chemistry* , TÜBİTAK, 23 :209 – 220.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2003, "Metallerin Çevresel Etkileri-I", *TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Metalurji Dergisi*, No. 136, 2003, s. 47-53, (http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf) Erişim tarihi: 12.05.2014
- Karaçağal, D., 2013 “İstanbul’da Belirlenmiş Sahil Şeritlerinde Toprak Kalitesi Ve Ağır Metal Kirliliği” Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s:9.
- Kartal, G., Kahvecioğlu, Ö., Güven, A. Timur, S., 2004, "Metallerin Çevresel Etkileri-II", *TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Metalurji Dergisi*, No.137,2004,s.46-51, (http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4651.pdf).
- Keleş, C.,T., 2007, “Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği”, Selçuk Üniversitesi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Kızıloğlu, F.T. ve Bilen, S., 2005, Toprak Kirlenmesi ve Biyolojik Çevre, *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (1), 83-88.
- Kocabiyik, N. ve Doğan F., 1993, İzmir’ de trafiğin yoğun olduğu kavşaklarda çalışan genç trafik polislerinde egzoz kurşununa maruziyet. *III.Halk Sağlığı Günleri*, Mayıs, 374-378.
- Kocaer, F. O. ve Başkaya, H.S., 2003, Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknolojiler, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 8, Sayı 1:121-131.
- Köleli, N. ve Kantar, Ç., 2005, Fosfat kayası, Fosforik Asit ve Fosforlu Gübrelerdeki Toksik ağır Metal (Cd,Pb,Ni, As) Konsantrasyonu, *Ekoloji Dergisi* (55): 1-5.
- Massadeh A. M., Tahat, M., Jaradat, Q. M., Al-Momani I. F.,2004, Lead and Cadmium Contamination in Roadside Soils in Irbid City, Jordan: A Case Study, *Soil & Sediment Contamination*, 13:347–359.

- Mclean, J.E. ve Bledsoe, B. E., 1992. Behavior of Metals in Soils, *Ground Water Issue, EPA/540/S-92/018*.
- Méline, J., Wicherek, S., Laferrière, B. J., Oudinet, J. P., 2011, "Assessment of Exposure to Air Pollution from Road Traffic: Use of Air Dispersion Model CALINE4 at A Fine Scale in Cracow", *Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Prace Geograficzne, Krakow 2011*, 127: 87-113.
- Mcdermott, S., Bao, W., Tong, X., Cai, B., Lawson, A., Marjorie, C., 2014, Are different soil metals near the homes of pregnant women associated with mild and severe intellectual disability in children?, *Developmental Medicine & Child Neurology*, p: 1-10.
- Mormontoy, W., Gastanaga, C., Gonzales, G. F., 2004, Blood levels among police officers in Lima and Callao. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. Volume 209, Issue 6, 15 November 2006, Pages 497–502.
- Muhammet, S., 2000, Bazı Doğal Bitkilerde Kurşun Adsorpsiyonunun İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Lindsay, W. L., Norvell, W. A. 1978, Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42: 421-428.
- Ok, G., 2008, Sakarya Bölgesindeki Topraklardaki İnorganik Kirleticilerin Araştırılması, Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği, Yüksek Lisans tezi.
- Osmay, E., Serin, M., Leblebici. Z., Aksoy, A., 2013, Assessment of Heavy Metal Accumulations (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn) in Vegetables and Soils, *Pol. J. Environ. Stud.* Vol. 22, No. 5: 1449-1455.
- Ölgen, M. K. ve Gür, F., 2012, Yatağan Termik Santrali Çevresinden Toplanan Likenlerde (*Xanthoria parietina*) Saptanan Ağır Metal Kirliliğinin Coğrafi Dağılışı, *Türk Coğrafya Dergisi* (57): 43-54, İstanbul.
- Özkul, C., 2008, "İzmit (Kocaeli) Civarında Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Değişimine Etkisi" *Uygulamalı Yer Bilimleri Dergisi*, Sayı: 2, 1-9 (Ekim-Kasım 2008).
- Öztaş, T. ve Ata, S., 2002, Distribution Patterns of Lead Accumulation in Roadside Soils: A case study from Erzurum, Turkey, *International Journal of Environment and Pollution* 18(2):190-196.
- Öztürk, M., 2004. Kurşunlu Benzin Tüketimi Kurşunun Etkileri, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara. (<http://www2.cevreorman.gov.tr/belgeler/kursunlu211.pdf> (Erişim tarihi 12.03.2014)).
- Pivić, R. N., Stanojković Sebić, A.B., Jošić, D., 2013, Assessment of Soil and Plant Contamination by Select Heavy Metals Along a Major European Highway, *Pol. J. Environ. Stud.* Vol. 22, No. 5: 1465-1472.

- Rodriguez-Flores, M. Ve Rodriguez-Castellon, E., (1982). Lead and cadmium levels in soil and plants near highways and their correlation with traffic density. *Environmental Pollution* 4: 281-290.
- Sarı, T., 2009, Edirne ve Çevresinde Otoban Kenarlarındaki Topraklarda Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Sarıgül, M. ve Kazan, T. K., Egzos Gazlarının E-5 Karayolunun Bolu-Ankara Kesiminde Orman Toprağı ve Ağaçlarına Etkileri Üzerine Araştırmalar, *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları* , Teknik Bülten No: 243.
- Sezgin, N., Özcan, H. K., Demir G, Nemlioğlu S, Bayat, C., 2003. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in İstanbul E-5 Highway. *Environment International* 29: 979-985.
- Sönmez, O., Aydemir, S., Saygan.E., 2007, Kurşun ve Kurşun- Biyo-Alınabilirliğinin Belirlenmesi, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(3/4):1-8.
- Sönmez, İ., Kaplan, M., ve Sönmez, S., 2008, Kimyasal Gübrelerin Çevre kirliliği Üzerine Etkileri ve Çözüm Önerileri, *Batı Akdeniz Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 2008, 25(2):24-34.
- Sümer, A., Adiloğlu, S., Çetinkaya, O., Adiloğlu, A., Sungur,A., Akbulak, C., 2013, Karamenderes Havzası Topraklarında Bazı Ağır Metallerin (Cr, Ni, Pb) Kirliliğinin Araştırılması, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1):83-89.
- Şişman, İ., 1999, Sapanca Bölgesinde Tem Otoyolundan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s: 2,3.
- Tosyalı, K., 2006, Araç Egzozlarından Kaynaklanan Ağır Metallerin Tayini, Marmara üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s:3,5.
- Uludağ, M.,1998, Adapazarı Ovası ve Çevresinin Geç Kuaternerdeki jeomorfolojik Gelişimi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Fiziki coğrafya Bilim dalı , Doktora tezi, İstanbul s: 14,16,30,47,49,52.
- Uluocak, G.E., 2006, Ağır Metallerin Bitkilerce alımı, Kahramanmaraş Sütçü İmam üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s:5.
- Wao, A.A., Khare, S., Ganguli, S.,2014,Extraction and Analysis of Heavy Metals from Soil and Plants in the Industrial Area Govindpura, *Bhopal Journal of Environment and Human*, Volume 1, Number 2: 2373-8324.
- Viard, B., Pihan, F., Promeyrat, S., Pihan,J.C., 2004,Integrated assessment of heavy metal (Pb, Zn, Cd) highway pollution: bioaccumulation in soil, Graminaceae and land snails, *Chemosphere* 55:1349–1359.
- Yağdı, K., Kaçar, O., Azkan, N., 2000, Topraklardaki Ağır Metal Kirliliği ve Tarımsal Etkileri, OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(2):109-115).

- Yakupoglu, D., Güray, T.,1, Yurtsever Sarıca, D., Kaya, Z., 2008, Kent Ortamında YetiŒen *Cichorium intybus L.*'de Atmosferik KurŒun Kirliliğinin Belirlenmesi, *Turkish Journal of Botany, TÜBİTAK*, 32 : 319-324.
- Yalcin, M. G., Narin, İ., Ve Soylak, M., 2008, Multivariate analysis of heavy metal contents of sediments from Gumusler Creek, Nigde, Turkey, *Environmental Geology* , 54:1155–1163.
- Yapıcı, G., Can, G., Sahin, ., 2002, Çocuklarda KurŒun Zehirlenmesi, *CerrahpaŒa Tıp Dergisi Cilt (Sayı) 33 (3)*.
- Yılmaz, E. ve Alagöz, Z., 2008, Topraklarda Kolloid Pestisit İliŒkisi, Gazi OsmanpaŒa Üniversitesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2008, 25(2), 69-78.
- Zhang, C., 2006, Using multivariate analyses and GIS to identify pollutants and their spatial patterns in urban soils in Galway, Ireland, *Environmental Pollution* 142: 501-511.
- Walkley, A., 1947, A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: effect of varations in digestion conditions and inorganic soil constiuents. *Soil Science* 63: 251-263.

Diğer:

- KGM, 2013, Karayolları Genel Müdürlüğü, D100 Karayolu 17. Bölge Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri (YOGT).
- MGM, 2013, Sakarya Meteoroloji Genel Müdürlüğü (1960-2013 Yılları Arası İklım Verileri).
- Sakarya İli Arazi Varlığı, 1995, BaŒbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü yayınları, Ankara, s:10, 11,13.
- Sakarya İl Çevre Durum Raporu, 2008, Çevre ve Œehircilik Bakanlığı, T.C. Sakarya Valiliği Çevre ve Œehircilik İl Müdürlüğü.
- Sakarya İl Çevre Durum Raporu, 2011, Çevre ve Œehircilik Bakanlığı, T.C. Sakarya Valiliği Çevre ve Œehircilik İl Müdürlüğü s:36, 37.
- Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2005, Resmi Gazete 25831 Sayı.
www.ibb.gov.tr/_.../download.aspx?...TR%2Fkurumsal%2FBirimler%2F... (EriŒim tarihi: 15.08.2014).
- Timur, Aksay ve Gedik, 2002. MTA Yayınları, s:18,19.
- TÜBİTAK, ODTU, MTA, 1999, '17 Ağustos 1999 Gölcük-Arifıye (Kuzeydoğu Marmara) Depremleri Sonrasi Sakarya İli ve Ona Bağlı YerleŒkeler için YerleŒim Alanları AraŒtırma Raporu', Ankara, Kasım 1999.
- TÜİK, 2013, Adrese Dayalı Nüfus İstatistikleri. (<http://rapory.tuik.gov.tr/04-04-2015-22:58:13-9679937015191712522134724193.html>).

TÜİK, 2013, Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri (2004-2013).

<http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sdugeo/article/view/2703/2422> (Erişim tarihi 13.07.2014).

<http://www.adapazari.gov.tr> (Erişim tarihi: 14.8.2014).

<http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=15> (Erişim tarihi 08.03.2014).

<http://www.dicle.edu.tr/...ages/metallerintoksiketkileri.ppt> (Erişim tarihi: 3.09.2014).

<http://www.journals.istanbul.edu.tr/iucografya/article/view/1023016607/1023v1579> (Erişim tarihi : 5.07.2014).

<http://www.sakaryavdb.gov.tr/default.asp?sayfa=ilimiz.asp> (Erişim tarihi: 14.8.2014).

ÖZGEÇMİŞ

Fehmiye ÇELENK, 1979 yılında Amasya'nın Taşova ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Alpaslan İlköğretim Okulu'nda, lise öğrenimini ise Taşova Lisesi'nde tamamladı. 2002 yılında burslu olarak öğrenim gördüğü Fatih Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya bölümünden mezun oldu. 2012 yılında ÖYP kapsamında Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya bölümünde Araştırma Görevliliğine başladığı dönemde aynı zamanda Sosyal Bilimler Enstitüsünde Coğrafya Anabilim Dalında Yüksek Lisans programına başladı. Halen araştırma görevlisi olarak çalıştığı kurumda görevine devam etmektedir.

