

**T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KIRKLARELİ'DE TOPRAKTA MEVSİMSEL OLARAK
ISINMA KAYNAKLI METAL KİRLİLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seda Bahar TURHAN

FİZİK ANABİLİM DALI

FİZİK PROGRAMI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi İlker ORUÇ

Eş Danışman: Dr. Hüseyin ÖZDEMİR

EKİM 2019

**T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KIRKLARELİ'DE TOPRAKTA MEVSİMSEL OLARAK
ISINMA KAYNAKLI METAL KİRLİLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Seda Bahar TURHAN
1128201002**

FİZİK ANABİLİM DALI

FİZİK PROGRAMI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi İlker ORUÇ

Eş Danışman: Dr. Hüseyin ÖZDEMİR

EKİM 2019

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında geniş bilgi birikimleri ve değerli görüşleriyle bana her zaman yol gösteren değerli hocalarım Sayın Dr. Öğretim Üyesi İlker ORUÇ'a ve Sayın Dr. Hüseyin ÖZDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim esnasında derslerini almak suretiyle birlikte çalışma fırsatı bulduğum Kırklareli Üniversitesi değerli akademisyenlerine, Kırklareli Üniversitesi çalışanlarına teşekkür ederim.

Her zaman olduğu gibi yüksek lisans eğitimim sırasında da her türlü destekleri, gösterdikleri sabır ve her zaman yanımda oldukları için aileme sonsuz teşekkür eder, saygı ve sevgilerimi sunarım.

Ekim 2019

Seda Bahar TURHAN
(Öğretmen)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. ÇEVRE KİRLİLİĞİ ve ÇEŞİTLERİ	5
2.1 Hava Kirliliği.....	7
2.2 Su Kirliliği.....	13
2.3 Toprak Kirliliği	16
2.3.1 Metallerin Tanımı.....	19
2.3.2 Toprakta Metallerin Kaynakları	20
2.3.3 Toprakta Toksik Olabilen Bazı Metaller.....	20
2.3.3.1 Bakır (Cu).....	20
2.3.3.2 Civa (Hg).....	22
2.3.3.3 Çinko (Zn)	23
2.3.3.4 Kadmiyum (Cd).....	23
2.3.3.5 Krom (Cr).....	25
2.3.3.6 Kurşun (Pb)	25
2.3.3.7 Nikel (Ni)	27
2.3.3.8 Kobalt (Co).....	28
3. YAKITLAR	31
3.1 Katı Yakıtlar	33
3.1.1 Kömür.....	33
3.2 Sıvı Yakıtlar	35
3.2.1 Petrol	35
3.2.1.1 Benzin.....	36
3.2.1.2 Dizel	37
3.2.1.3 Fuel-oil	37
3.3 Gaz Yakıtlar	38
3.3.1 Doğal Gaz.....	38
4. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	41
5. MATERYAL ve METOD	49
5.1 Kırklareli Hakkında Bilgi	49
5.2 Toprak Örnekleme ve Analizleri	53
5.3 Antropojenik Metal	54
5.4 Jeobirikim İndeks (Igeo)	55
5.5 Kirlilik Faktörü (Cf).....	56

5.6 Kirlilik Derecesi (Cd)	57
5.7 Değiştirilmiş Kirlilik Derecesi (mCd)	57
6. BULGULAR ve TARTIşMA	59
6.1 Toprak rnekleinin pH Değişimleri	59
6.2 Toprak rneklelerinde Metal Konsantrasyonları	61
6.3 Toprak rneklelerinde Antropojenik Metallerin Oranları	70
6.4 Toprak rneklelerinde Jeobirikim İndeksi (Igeo)	71
6.5 Toprak rneklelerinde Kirlilik Faktörü (Cf) ve Toplam Kirlilik Faktörü	73
6.6 Toprak rneklelerinde Değiştirilmiş Kirlilik Derecesi (mCd)	77
6.7 İstatiksel Analiz	79
7. SONUÇ ve ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	83
ZGEÇMİş	93

KISALTMALAR

AAS	: Atomik Absorpsiyon Spektrofotometri
Ag	: Gümüş
As	: Arsenik
B	: Bor
Ba	: Baryum
Br	: Brom
Btu	: British Thermal Unit
Ca	: Kalsiyum
Cd/Cd	: Kadmiyum/Kirlilik Derecesi
Cd	: Kirlilik Derecesi
Ce	: Seryum
Cf	: Kirlilik Faktörü
Cr	: Krom
Co	: Kobalt
Cs	: Sezyum
Cu	: Bakır
CFC	: Kloroflorokarbon
ÇDR	: Çevre Değerlendirme Raporu
ÇMO	: Çevre Mühendisleri Odası
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
ÇŞİM	: Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü
DAP	: Diamonyum Fosfat
EC	: European Commission
Eu	: Evropiyum
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
Fe	: Demir
GIS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
Hf	: Hafniyum
Hg	: Civa
I	: İyot
Igeo	: Jeobirikim İndeks
In	: İndiyum
K	: Potasyum
La	: Lantan
mCd	: Değiştirilmiş Kirlilik Derecesi
Mn	: Manganez
Na	: Sodyum
Nd	: Neodimyum
NEED	: National Energy Education Devolopment Project
Ni	: Nikel
NO_x	: Azot Oksit
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü

ppm	: Parts per million/Milyonda bir birim
Pb	: Kurşun
PAHs	: Polisiklik Aromatik Hidrakerbon
PCBs	: Poliklorlu Bifenil
PM	: Partikül Maddeler
Rb	: Rubidyum
Sb	: Antimon
Sc	: Skandiyum
Sm	: Samaryum
Sn	: Kalay
SO_x	: Kükürt Oksit
Sr	: Stronsiyum
Ta	: Tantal
Tb	: Terbiyum
Th	: Toryum
Ti	: Titanyum
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TSP	: Triple Süper Fosfat
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
U	: Uranyum
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
V	: Vanadyum
W	: Tungsten
WEC	: World Energy Council
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
Y	: İtiryum
Zn	: Çinko

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 : Başlıca hava kirleticileri.....	9
Çizelge 2.2 : Başlıca hava kirleticilerin sağlık ve çevreye etkileri.....	11
Çizelge 2.3 : Su kirleticileri ve kaynakları.....	15
Çizelge 2.4 : Toprak kirleticilerinin kaynakları.....	18
Çizelge 2.5 : Topraktaki ağır metallerin antropojenik kaynakları.....	20
Çizelge 5.1 : Kırklareli ilinde 2015 ve 2016 yıllarında sanayide kullanılan katı yakıtların cinsi ve yakıtların özellikleri.....	51
Çizelge 5.2 : Kırklareli ilinde 2015 yılında evsel ısınmada kullanılan katı yakıtların cinsi ve yakıtların özellikleri.....	51
Çizelge 5.3 : Kırklareli ilinde 2016 yılında evsel ısınmada kullanılan katı yakıtların cinsi ve yakıtların özellikleri.....	52
Çizelge 5.4 : Kırklareli ilinde 2015 ve 2016 yıllarında kullanılan doğalgaz miktarı.....	52
Çizelge 5.5 : Kırklareli ilinde 2015 ve 2016 yıllarında kullanılan fuel-oil miktarı.....	52
Çizelge 5.6 : Toprakların pH değerlerine göre sınıflandırılması.....	54
Çizelge 5.7 : Isınma öncesi ve ısınma sonrası referans değerlerinin ortalama konsantrasyonları.....	54
Çizelge 5.8 : Jeobirikim indeksinin sınıflandırılması.....	56
Çizelge 5.9 : Kirlilik faktörü değerlerinin sınıflandırılması.....	56
Çizelge 5.10 : Kirlilik derecesi değerlerinin sınıflandırılması.....	57
Çizelge 5.11 : Değiştirilmiş kirlilik derecesi değerlerinin sınıflandırılması...	58
Çizelge 6.1 : Isınma öncesi ve ısınma sonrası metaller arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.....	79

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : 2016 yılı illerin birincil öncelikli çevre sorunları haritası.....	7
Şekil 2.2 : 2016 yılı illerin hava kirliliğine neden olan birinci öncelikli kaynakları.....	12
Şekil 3.1 : Enerji kaynaklarının sınıflandırılması.....	32
Şekil 5.1 : Örneklem noktaları.....	50
Şekil 6.1 : Toprak örneklerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası pH değerleri.....	59
Şekil 6.2 : Toprak örneklerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası pH değerlerinin frekans dağılımı.....	60
Şekil 6.3 : Zn ve Cu metallerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası konsantrasyon değerleri	61
Şekil 6.4 : Co ve Pb metallerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası konsantrasyon değerleri.....	62
Şekil 6.5 : Ni ve Cr metallerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası konsantrasyon değerleri	63
Şekil 6.6 : Hg ve Cd metallerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası konsantrasyon değerleri.....	64
Şekil 6.7 : Isınma öncesi ve ısınma sonrası toprak örneklerinin ortalama konsantrasyon değerleri.....	65
Şekil 6.8 : Isınma öncesi ve ısınma sonrası toprak örneklerinde göreceli olarak metallerin yüzde dağılım değerleri.....	69
Şekil 6.9 : Isınma öncesi ve ısınma sonrası metallerin doğal ve antropojenik yüzde değerleri	70
Şekil 6.10 : Isınma öncesi ve ısınma sonrası metallerin Jeo birikim indeksinin minimum, ortalama ve maksimum değerleri.....	72
Şekil 6.11 : Isınma öncesi ve ısınma sonrası örneklem noktalarındaki metallerin Cf değerleri	75
Şekil 6.12 : Isınma öncesi ve ısınma sonrası örneklem noktalarındaki metallerin toplam Cf değerleri	76
Şekil 6.13 : Örneklem noktalarında ısınma öncesi ve ısınma sonrası mCd değerleri.....	78

KIRKLARELİ'DE TOPRAKTA MEVSİMSSEL OLARAK ISINMA KAYNAKLI METAL KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, Kırklareli il sınırları içerisinde toprakta mevsimsel olarak ısınma kaynaklı metal kirliliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Kırklareli'de şehir merkezinde belirlenen lokasyonlardan ısınma öncesi dönemde 43 adet ve ısınma sonrası dönemde 43 adet olmak üzere toplam 86 adet toprak örneği, 0-10 cm derinlikten alınmıştır.

Isınma öncesi toprak örnekleri 2015 yılı Eylül ayında, ısınma sonrası toprak örnekleri 2016 yılı Nisan ayında toplanmıştır. 50 cm derinlikten ısınma öncesi 5 adet ve ısınma sonrası 5 adet olmak üzere toplam 10 adet toprak örneği kirlenme kalitesi ve kirlilik derecesini değerlendirmek için referans değer olarak kullanılmıştır.

Toprak örneklerindeki Zn, Cu, Co, Pb, Ni, Cr, Hg, Cd metallerinin konsantrasyonları yapılan analizler sonucunda belirlenmiş ve toplanan örneklerin pH değerleri ölçülmüştür. Analiz sonucu bulunan metal konsantrasyonları referans toprak numunelerinin metal konsantrasyonları ile karşılaştırılmıştır. Metallerin ısınma öncesi ve ısınma sonrasında antropojenik girdileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Metal kirliliğinin derecesini değerlendirmek için jeobirikim indeksi (Igeo), seviyesini belirlemek için kirlilik faktörü (Cf) kullanılmıştır. Genel kirlilik derecesini belirlemek için ise kirlilik derecesi (Cd) ve değiştirilmiş kirlilik derecesi (mCd) kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen toprak örneklerinde ısınma öncesi ve ısınma sonrasında metallerin ortalama konsantrasyon büyüklüklerinin birbirine benzer özellik gösterdiği, metallerin ortalama konsantrasyon büyüklüklerinin $Zn > Cr > Ni > Cu > Co > Pb > Cd > Hg$ şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, Kırklareli ilinde konutlarda ve sanayide ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtların toprakta ağır metal birikimini arttırdığı, incelenen metallerin konsantrasyonlarının şimdilik insan, hayvan ve bitki sağlığını tehdit edecek düzeyde olmadığı görülmüştür.

SEASONALLY INVESTIGATION of HEATING RELATED METAL POLLUTION in SOIL in KIRKLARELİ

SUMMARY

In this study, investigation of the seasonally metal pollution of soils caused by burning of fuels for heating purposes in Kırklareli was aimed. For this purpose 43 soil samples before burning of fuels for heating purposes and 43 soil samples after burning of fuels for heating purposes in total 86 soil samples from 0-10 cm depth were taken from the locations determined in Kırklareli province.

Soil samples before burning of fuels for heating purposes were collected in September 2015, and soil samples after burning of fuels for heating purposes were collected in April 2016. 5 soil samples before burning of fuels for heating purposes and 5 soil samples after burning of fuels purposes in total 10 soil samples were taken as the reference value from 50 cm depth, in order to evaluate the pollution quality and degree of pollution.

Concentrations of Zn, Cu, Co, Pb, Ni, Cr, Hg, Cd metals in soil samples were determined and the pH values of the collected samples were measured. The metal concentrations found in the analysis were compared with the metal concentrations of the reference soil samples. Anthropogenic inputs of metals before and after burning of fuels for heating purposes were tried to be determined.

Geoaccumulation index (I_{geo}) was used to evaluate the degree of metal pollution and pollution factor (C_f) was used to determine the level of metal pollution. The degree of pollution (Cd) and the modified degree of pollution (mCd) were used to determine the overall degree of pollution.

In the soil samples examined, it was found that the metal average concentration values of metals before and after burning of fuels for heating purposes showed similar properties and the metal average concentration values were Zn > Cr > Ni > Cu > Co > Pb > Cd > Hg.

According to the results obtained in this study, fossil fuels used for heating in houses and industry in Kırklareli province increased the accumulation of heavy metals in the soil, and the concentrations of the metals examined were not at a level that would threaten human, animal and plant health for the time being.

1. GİRİŞ

Çevre kirliliği, kısa veya uzun vadede Dünya'nın ekolojik dengesinin bozulmasına; canlıların yaşam kalitesinin düşmesine neden olan ve buna neden olabilecek madde veya enerjinin suya, toprağa ya da havaya herhangi bir şekilde karışmasıdır. Kirleticiler, çevre üzerinde doğrudan belirlenebilir etkiye sahip birincil hasara sebep olabilir veya besin zincirinin hassas dengesinde bozulmalara sebep olabilecek uzun zaman dilimlerinde tespit edilebilen dolaylı hasarlara sebep olabilir. Toplumumuzun sanayileşmesi, motorlu taşıtların kullanımının artması ve insan nüfusunun her geçen gün hızla artması, mal ve hizmetlerin üretiminin katlanarak büyümesine neden olmuştur. Bu büyüme ile birlikte atık yan ürünlerde de muazzam artışlar meydana gelmiştir. Arıtılmamış endüstriyel ve evsel atıkların su kaynaklarına bırakılması, binlerce ton parçacık ile havadan gazın atmosfere yayılması, katı atıkların kontrolsüz bertarafı ve yeni geliştirilen kimyasalların çevreye potansiyel etkileri gözetilmeksizin kullanılması sonucu dünya çapında pek çok çevre felaketi ortaya çıkmıştır. Çevre kirliliği, genellikle enerji dönüşümleri ve yan ürünlerini su, toprak veya havada geride bırakan kaynakların kullanılması sonucu ortaya çıkmaktadır (Coker, 2011).

Atmosferde biriken kirleticilerin taşınım sonucunda yeryüzüne ulaşması atmosferik birikim yoluyla gerçekleşir. Atmosferik birikim gaz, duman, kül, partiküller içerir ve toprağa bırakılır. Aerosollerin ana gaz bileşenleri kükürt ve azot oksitleri (SO_x, NO_x), kloridler, florürler, amonyum vb.'dir. Aerosoller toz, duman, kül, deniz tuzu, su damlacıkları ve bazı organik maddeleri içerir. Volkanik patlama, biyokütle ve fosil yakıtların yanması, sülfat bileşikleri içeren aerosolleri üretir. Aerosollerin oluşumu, endüstriyel aktivitenin yoğunlaştığı kuzey yarımkürede en yüksek seviyededir. Havadaki asılı toz parçacıkları rüzgarla yüzlerce kilometre uzağa taşınır ve toprağa yerleşir. Atmosferik birikim, PCBs ve PAHs gibi kalıcı organik kirleticiler ile ağır metaller içerebilir. Atmosferik birikim üç farklı süreçte gerçekleşir: (1) yağ birikim, yağış ile materyallerin birikimi; (2) kuru birikim, atmosferik parçacıkların ve gazların bitki örtüsüne, topraklara ve yüzey suyuna doğrudan birikimi; ve (3) bulut birikim, yağış meydana gelmeden bulut ve sis

damlacıklarının karasal yüzeylerde birikmesidir (Fowler 1980; Lovett ve Kinsman 1990).

Endüstriyel faaliyetlerde kullanılan kimyasalların çeşitliliği, çevre üzerindeki etkileri gibi büyüktür. Endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan kirleticiler atmosfere, suya ve toprağa karışmaktadır. Gaz halindeki kirleticiler ve radyonüklidler atmosfere salınır ve toprağa doğrudan asit yağmuru veya atmosferik birikim yoluyla girebilir; eski sanayi arazileri yanlış kimyasal depolama ya da atıkların toprağa doğrudan boşaltılmasıyla kirlenebilir; termik santrallerde ve diğer pek çok endüstriyel süreçte soğutma için kullanılan su ve diğer akışkanlar nehirlerle, göllere ve okyanuslara geri gönderilerek, termal kirlenmeye neden olur ve ağır metaller ile kloru sürükleyerek sudaki yaşamı ve diğer su kütlelerinin olumsuz etkilenmesine sebep olur (Alloway, 2013).

Sanayileşme, savaşlar, madencilik ve tarımdaki yoğunlaşma, tüm dünyada kirlenmiş toprakların oluşmasına neden olmuştur (Bundschuh vd., 2012; DEA, 2010; EEA, 2014; Luo vd., 2009; SSR, 2010). Kentsel genişlemeden bu yana toprak, katı ve sıvı atıkları boşaltmak için bir yutak olarak kullanılmıştır. Gömüldüklerinde ve yaşam alanlarının dışında kaldıklarında kirleticilerin insan sağlığı veya çevre için herhangi bir risk oluşturmayacağı ve bir şekilde ortadan kaybolacağı düşünülüyordu (Swartjes, 2011). Toprak kirliliğinin başlıca kaynakları antropojeniktir ve endişelere neden olacak kadar kirletici maddelerin topraklarda birikmesine neden olmaktadır (Cachada vd., 2018).

Toprak kirliliği, söylendiği gibi, hem amaçlanan hem de istenmeyen faaliyetlerden kaynaklanabilir. Bu faaliyetler, kirleticilerin toprakta doğrudan birikmesini, ayrıca su veya atmosferik birikim yoluyla dolaylı kirlenmeye yol açabilecek karmaşık çevresel süreçleri içerebilir (Tarazona, 2014).

Karasal ekosistemin ana parçası olan toprak, çok sayıda organizma için bir yaşam alanıdır; ancak aynı zamanda, sanayi, tarım gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanan çeşitli kirleticilerden etkilenmeye açık, belki de çevremizin en fazla tehlike altındaki bileşenidir (Djingova ve Kuleff, 2000; Morton-Bermea vd., 2002).

Kentsel topraklarda ağır metallere kaynaklı kirlenme, geniş kaynakları, toksisiteleri, biyolojik olarak bozunmayan özellikleri ve birikme davranışları nedeniyle büyük endişelere sebep olmaktadır. Kentsel topraklar, genellikle çeşitli

sanayi faaliyetlerinden, kömür ve yakıt yanmasından, taşıt emisyonlarından ve belediye atıklarından kaynaklanan ağır metaller ve diğer kirleticiler için yutak olarak kabul edilir (De Kimpe ve Morel, 2000; Luo vd., 2012; Paterson vd., 1996; Poggio vd., 2009; Wei ve Yang, 2010; Wong vd., 2006).

Ağır metallere kaynaklanan çevre kirliliği birçok faaliyetten kaynaklanırken, toprak sisteminde ağır metallere kaynaklanan kirlilik esas olarak minerallerin ayrışması gibi doğal süreçten ve endüstri, tarım, fosil yakıtların yakılması, taşıt emisyonları, madencilikte metalürjik faaliyetler ile onların atık bertarafı gibi antropojenik faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Likuku vd., 2013).

Toprak kirliliğinin önlenmesi ve zararlı etkileri, toprak hakkında bazı temel bilgiler gerektirir. Toprak çok karmaşık bir yapıya sahiptir ve toprağın özellikleri bir bölgeden diğer bir bölgeye farklılıklar gösterir. Her bölgede, toprak farklı özelliklere sahiptir ve bir bölgenin, bir kısmının kirlenip kirlenmediğine karar vermek her zaman kolay değildir. Bununla birlikte, ilgilenilen bölge için jeokimyasal özellikler, insan faaliyetleri ve atmosferik kirlenme vb. gibi bilgilerin bilinmesi, o bölgede kirlilik derecesinin belirlenmesini kolaylaştıracaktır (Coşkun vd., 2006).

Kentsel topraklarda aşırı ağır metal birikimi, toprak ekosisteminin bozulmasına neden olabilir, insan sağlığını tehdit edebilir ve birçok başka çevresel problemler yaratabilir. Bu nedenle, ağır metallerin toprakları kirletmesi, kentsel çevre yönetiminde artan bir endişe kaynağıdır (Qing vd., 2015).

Bu çalışmanın amacı, Kırklareli şehir merkezindeki topraklarda ısınma kaynaklı mevsimsel metal kirliliğini incelemektir. Çalışma kapsamında Kırklareli şehir merkezinde ısınma öncesi ve ısınma sonrasında toplanan toprak örneklerinde Zn, Cu, Co, Pb, Ni, Cr, Hg, Cd metallerinin antropojenik etkisi, jeobirikim indeksleri (Igeo), kirlilik faktörleri (Cf), değiştirilmiş kirlilik dereceleri (mCd) kullanılarak toprak kirliliği değerlendirilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın, toprakta metal kaynaklı kirliliğin çevre ve canlılar üzerindeki zararlı etkilerinin azaltılması için gelecekte yapılacak çalışmalara öncülük etmesi hedeflenmektedir.

2. ÇEVRE KİRLİLİĞİ ve ÇEŞİTLERİ

Kirlilik, bir kaynağın kullanılabilirliğini olumsuz yönde etkileyen herhangi bir maddenin çevreye girmesi olarak tanımlanır. Çevreye giren ve çevreyi olumsuz etkileyen madde ise kirleticidir (Osman, 2014).

Eski çağlarda kullanılan enerji kaynakları günümüzde kullanılanlar kadar kirletici değildi, kirlenmenin nedenleri az sayıda ve önemsizdi. Çünkü barajlar, yel değirmenleri ve yakacak olarak sadece odun kömürü kullanılıyordu ve bu enerji kaynakları ise az kirleticiydi. 18. yüzyılın sonuna doğru büyük imalathaneler ve fabrikalar olmasına rağmen endüstriyel kirlenme çok sınırlı kalmıştır. 18. yüzyılda endüstriyel kirlenme genellikle civa, bakır, çinko ve kurşun gibi demir olmayan mineralleri üreten fabrikaların toprağa verdiği zehirli maddeler ile fabrikaların çevresindeki bitki örtüsünün yok olması şeklinde görülmüştür (Akman vd., 2012).

19. Yüzyılda odun kömürü elde etmek için Avrupa'daki ormanların büyük kısmının yok edilmesi ve endüstri devrimi sonucu kömür ve petrol gibi fosil yakıtlar, fabrikaların işletilmesinde ve ulaşımda kullanılmaya başlanmıştır. 19. Yüzyılın başında kömürün enerjideki payı % 90, petrolün % 5 iken ilerleyen zamanlarda doğalgazın bulunması ve yeni petrol kaynaklarının işletilmeye açılması ile kömürün enerjideki payı zamanla giderek azalmıştır (Akman vd., 2012).

Endüstri devrimi ile birlikte şehirleşme hızlanmış ve endüstrileşmiş Avrupa ve Asya ülkelerinde halkın yarıdan fazlası kırsal bölgelerden göç ederek büyük şehirlerde yaşamaya başlamıştır. Nüfus artışı ile birlikte endüstri faaliyetleri ve ürünleri giderek artmıştır (Akman vd., 2012).

Son 60 yılda, kentlerde yaşayan insan sayısı inanılmaz bir hızla artmıştır. Birleşmiş Milletler Çevre Programının (UNEP, 2006) istatistik belgelerine göre, 1900'de dünyada 1 milyon nüfusa sahip şehir sayısı 15, 1950'de dünyada 1 milyondan fazla nüfusa sahip şehir sayısı 83 iken, günümüzde dünyada 1 milyondan fazla nüfusa sahip şehir sayısı 350 olmuştur. Kentsel bölgelerdeki nüfus, dünya nüfusunun

yaklaşık % 50'sidir ve kentsel bölgelerdeki nüfus gelecekte de hızla artmaya devam edecektir. Kentleşme süreci, dünya genelinde sanayileşme ve otomasyon sürecinin hızla artmasının bir sonucudur. Kentsel bölgelerde insanlar yüksek ekonomik refahtan etkilenmektedir; çünkü kentler insanlar için daha fazla istihdam, eğitim olanağı ve daha iyi yaşam standartı sağlamaktadır. Bununla birlikte, kentleşme süreci yüksek oranda sokak ağı, bina, nüfus ve sanayi gibi diğer faaliyetleri yaratmaktadır. Bu faaliyetler fosil yakıt tüketiminin yüksek olmasına sebep olmaktadır; çünkü şehirlerdeki insanların yemek pişirme, iklimlendirme, ulaşım vb. faaliyetleri ile sanayi üretimi için daha fazla enerjiye ihtiyaçları vardır. Sonuç olarak, bu yüksek enerji tüketim aktiviteleri hava, su ve gürültü kirliliği ile atıklar gibi birçok çevre sorununu meydana getiren, çok miktarda kirlenici madde yaymaktadır (Ho, 2012).

Çevre kirliliğinin sürekli artması, son elli yılda bilim ve toplum için en büyük endişelerden biri haline gelmiştir. Tarımın hızlı endüstrileşmesi, kimya endüstrisinin genişlemesi ve ucuz enerji formları üretme ihtiyacı, insan yapımı organik kimyasalların doğal ekosistemlere sürekli salınımına neden olmuştur. Sonuç olarak, atmosfer, su kaynakları ve birçok toprak ortamı, çok çeşitli toksik bileşikler tarafından kirlenmiştir. Bu bileşiklere yüksek konsantrasyonlarda ve/veya uzun süre maruz kalındığında, insanlar ve diğer organizmalar üzerinde ciddi olumsuz etkileri olmaktadır. İnsanlar ve diğer organizmalar için bu olumsuz etkiler, akut zehirlenme, mutajenez (genetik değişiklikler), kanserojen ve teratogenez (doğum kusurları) tehlikesidir. Bu insan yapımı toksik bileşiklerin bazıları ayrıca fiziksel, kimyasal veya biyolojik bozunmaya karşı dirençlidir ve bu nedenle önemli büyüklükte bir çevresel yük oluşturmaktadır (Mishra vd., 2016).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2018 yılında Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu'nda illerin birincil öncelikli çevre sorunlarını harita şeklinde hazırlanmış ve bu çevre sorunları Şekil 2.1'de verilmiştir. Çevre Şehircilik İl Müdürlüklerinin illerin çevre sorunlarını 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 rakamlarını kullanarak numaralandırmaları sonucu hazırlanan harita incelendiğinde Türkiye'nin 81 ilinin 30'unda su kirliliğinin (% 37), 26'sında hava kirliliğinin (% 32), 21'inde atıkların (% 26), 3'ünde gürültü kirliliğinin (% 4) ve 1'inde erozyonun (% 1) birinci öncelikli çevre sorunu olduğu görülmektedir.



Şekil 2.1: 2016 yılı illerin birincil öncelikli çevre sorunları haritası (ÇŞB, 2018).

Tüm dünyada ve Türkiye’de canlı sağlığını olumsuz yönde etkileyen çevre sorunları hava, su, toprak, gürültü kirliliği ve atıklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Aşağıda çevre kirliliği türlerinden hava, su ve toprak kirliliği hakkında kısa bilgi verilmiştir.

2.1 Hava Kirliliği

Dünyamız su, kaya ve toprakla kaplı, gazların karışımı ile çevrili dev bir küredir. Bu gazlar genellikle hava diye adlandırılır. Yerçekimi, bu hava tabakasını, atmosferi, yerinde tutar. Yerçekimi olmazsa bu gazlar uzaya sürüklenir. Yeryüzünde az miktarda bulunan saf veya temiz hava, yaklaşık olarak % 78.1 azot, % 20.9 oksijen, % 0.9 argon ve % 0.1 oranında diğer bileşenlerden oluşur. Diğer bileşenler, karbondioksit, neon, helyum, metan ve çok az miktarda diğer gazlardan oluşur. Hava ayrıca su damlacıkları, buz kristalleri ve toz içerebilir; ancak bunlar hava bileşiminin bir parçası olarak kabul edilmez (Choudhary ve Garg, 2013).

Hava kirliliği; gaz, toz parçacıkları, duman veya kokunun insanlara, hayvanlara ve bitkilere zarar verecek şekilde atmosfere girmesiyle oluşur. Hava kirliliği, insanlarda rahatsızlığa, hastalığa ya da ölüme neden olan, gıda ürünleri gibi diğer canlı organizmalara, doğal çevreye veya yapılı çevreye zarar veren kimyasalların, partiküllerin veya biyolojik materyallerin atmosfere girmesidir (Choudhary ve Garg, 2013).

Sırayla hava, su ve yiyecek insan yaşamı için temel metabolik şartlardır. Bu temel kaynaklardan herhangi birinin niteliğinde veya miktarında bir azalma, insan sağlığı için büyük tehdit oluşturmaktadır. Endüstriyel üretim ve enerji ihtiyaçlarının küreselleşmesi ve dünya genelinde birçok şehirde artan, çok sayıda hava kirliliğinin oluşturduğu sağlık problemleri, hava kirliliğini son yıllarda en önemli çevre sorunu haline getirmiştir. Hava kirliliği, günümüzde Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından dünyanın en ciddi çevresel sağlık riski olarak kabul edilmektedir. Çok sayıda çalışma, hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini göstermiştir. Kirli havanın 2016 yılında dünya genelinde 6 milyondan fazla insanın ölümüne sebep olduğu, bu sayının AIDS, tüberküloz ve sıtmadan ölen insan sayısının iki katı kadar olduğu tahmin edilmektedir (Li ve Mallat, 2018).

Hava kirliliği, dünyadaki insanların ve diğer canlıların sağlığını tehdit etmektedir. Hava kirliliği, duman ve asit yağmuru oluşturur, kanser ve solunum yolu hastalıklarına neden olur, ozon tabakası atmosferini azaltır ve küresel ısınmaya sebep olur (Li ve Mallat, 2018).

Temiz hava, doğal kaynaklardan veya insan faaliyetleriyle atmosfere karışan gaz, sıvı ve katı kirleticiler tarafından kirlenebilir (Çizelge 2.1). Doğal kirletici kaynakları arasında bitkilerden, okyanus biyokütlesinden, volkanik gazlardan ve çöl gibi kurak bölgelerden tozun atmosfere karışmasından kaynaklanan emisyonlar bulunur. İnsan etkisi ile oluşan kirletici kaynakları arasında yanma motorları (dizel, benzinli), enerji üretimi için evsel ve endüstriyel yakıt yanması (kömür, linyit, petrol yağı ve biyokütle), diğer endüstriyel faaliyetler (inşaat, madencilik, çimento üretimi, eritme), tarım ve taşımacılık faaliyetleri yer almaktadır (Li ve Mallat, 2018).

Çizelge 2.1: Başlıca hava kirleticileri (Flagan ve Seinfeld, 1988).

Kirletici	Fiziksel Özellik	İnsan Faaliyeti Sonucu Oluşan Kaynaklar	Doğal Kaynaklar
SO₂	Tahriş edici keskin kokulu gaz, 0.3 ila 1.0 ppm seviyelerinde tadı ile tespit edilebilir, suda yüksek oranda çözünür.	Sabit kaynaklarda yakıt yanması, endüstriyel işlem emisyonları, metal ve petrol rafineleri	Organik sülfürlerin atmosferik oksidasyonu
H₂S	Renksiz, çok zehirli, yanıcı gaz, yumurta çürüğü kokusunda	Kağıt hamuru fabrikaları, doğalgaz ve petrol rafineleri, suni ipek ve naylon üretimi, kok fırınları	Biyolojik bozunma süreçleri, volkanlar ve jeotermal faaliyetler
NO	Renksiz kokusuz gaz, yanmaz ve suda az çözünür, zehirlidir.	Yanma	Bakteriyel faaliyet, doğal yanma süreçleri, şimşek
NO₂	Keskin kırmızımsı-turuncu-kahverengi gaz, keskin kokulu, zehirli ve yıkıcı, görünür spektrumdaki bir çok ışığı emer.	Yanma	
NH₃	Keskin kokulu renksiz gaz, 500 ppm'yi aşan konsantrasyonlarda tespit edilebilir, suda yüksek oranda çözünür.	Yanma	Amino asitlerin organik atıklarda bakteriyel ayrışması
CO₂	Renksiz, kokusuz, zehirsiz gaz, suda kısmen çözünür.	Fosil yakıtların yanması	
CO	Renksiz, kokusuz, yanıcı, zehirli gaz, suda az çözünür.	Fosil yakıtların yanması	Metan ve diğer biyojenik hidrokarbonların atmosferik oksidasyonu
O₃	Renksiz, zehirli gaz, suda az çözünür.	Birincil kaynağı yok, hidrokarbon ve azot oksit içeren atmosferik reaksiyonlardan ikincil bir kirletici olarak oluşur.	Doğal troposferik kimya, stratosferden troposferlere taşınım
Metan dışı hidrokarbonlar		Eksik yanma, endüstriyel kaynaklar	Bitki örtüsü

Atmosferde birçoğu izlenen çok sayıda kirletici vardır. Bu kirleticiler arasından bazıları (endüstriyel tesisler veya motorlu taşıtlar tarafından salınan) belirli bir kirlenmenin kaynağı olduğu, çevre ve/veya sağlık üzerinde zararlı etkilere yol açtığı bilindiği için izlenmektedir. Bu kirleticilere hava kirliliği göstergesi denir. Avrupa'da izlenen başlıca hava kirliliği göstergeleri, kükürdioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x), partikül madde (PM₁₀, PM_{2.5}), ozon (O₃), karbonmonoksit (CO), uçucu organik bileşikler (VOCs), kurşun, arsenik, kadmiyum, nikel veya civa gibi çeşitli toksik metallerdir (Morand ve Maesano, 2004).

Hava kirleticiler birincil veya ikincil kirleticiler olarak sınıflandırılabilir. Birincil kirleticiler, bir volkanik püskürmeden kaynaklanan kül veya bir motorlu taşıt egzozundan çıkan karbon monoksit gazı gibi doğrudan üretilen maddelerdir. Ozon (O₃) ve partikül madde (PM) gibi ikincil kirleticiler ise doğrudan yayılmaz, ancak birincil kirleticiler ile reaksiyona veya etkileşime girdiğinde havada oluşur (Hutton, 2011).

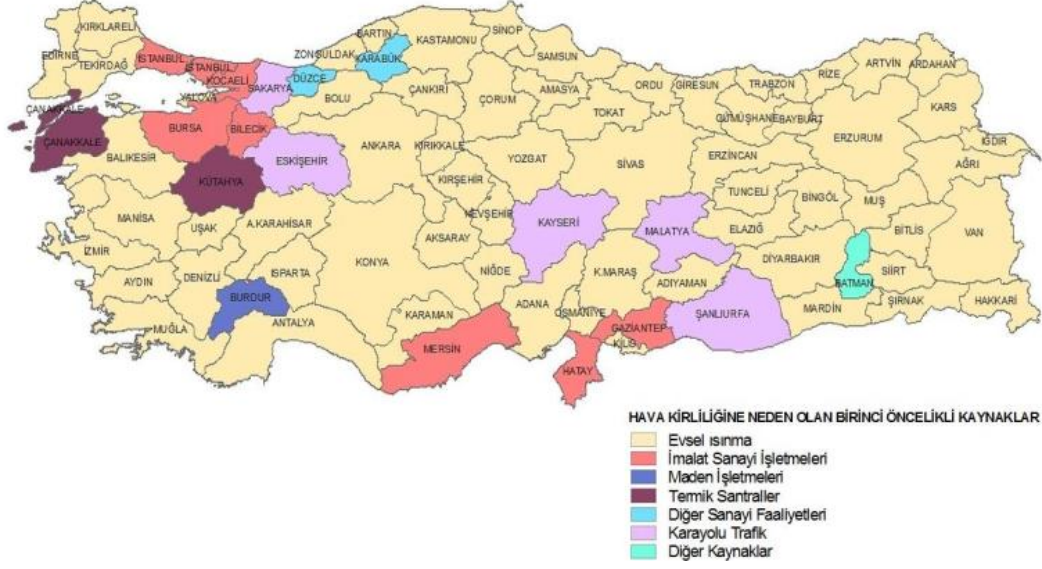
WHO'ya göre hava kirliliği, solunum yolu enfeksiyonları, kalp hastalıkları ve akciğer kanseri dahil olmak üzere bir çok sağlık sorununa neden olmaktadır. Hava kirliliği; solunum zorluğu, hırıltı, öksürük, astım gibi sağlık problemlerinin oluşmasına, mevcut solunum ve kalp rahatsızlıklarının artmasına sebep olmaktadır. Bu etkiler artan ilaç kullanımı, artan tıbbi tedavi, daha fazla hastanede yatarak tedavi ve erken ölüm ile sonuçlanabilir. Kötü hava kalitesinin insan sağlığı üzerindeki direkt etkileri çok fazla olmamasına rağmen, vücudun solunum sistemini ve kardiyovasküler sistemini etkilemektedir. Hava kirleticilere karşı insan vücudunun verdiği reaksiyonlar, kişinin maruz kaldığı kirletici türüne, maruz kalma derecesine, bireyin sağlık durumuna ve genetiğine bağlı olarak değişiklik gösterir (Choudhary ve Garg, 2013).

Başlıca hava kirleticilerinin sağlık ve çevreye etkileri Çizelge 2.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.2: Başlıca hava kirleticilerin sağlık ve çevreye etkileri (Morand ve Maesano, 2004).

Kirletici	Sağlığa Etkileri	Çevreye Etkileri
NO₂	Solunum yollarını tahriş edebilir. Mevcut solunum yolu hastalıklarını kötüleştirebilir. Astımlı hastalarda bronşiyal aşırı duyarlılığa ve akciğer fonksiyonlarında azalmaya neden olabilir.	NO _x atmosferde oksitlenir, asit yağmuru için temel bir bileşen olan nitrik asit haline gelir. O ₃ oluşturmak için VOC ile birleşir.
SO₂	Solunum yollarını tahriş edebilir. Mevcut solunum yolu hastalıklarını kötüleştirebilir, örneğin astımlı hastalarda astım ataklarına neden olur. Yetişkinlerin öksürük gibi solunum semptomlarını artırır. Çocukların akciğer fonksiyonlarını değiştirir.	Atmosferde oksitlenir, asit yağmuru için temel bir bileşen olan sülfürik asite dönüşür.
Kurşun	Bu metal vücutta birikir. Beyin ve sinir sistemi hasarına ve özellikle çocuklarda (kurşun zehirlenmesi) böbrek sistemi hasarlarına neden olur.	
PM	Sağlık üzerindeki etkileri parçacıkların boyutlarına bağlıdır. PM ₁₀ etkileri; Burun ve boğaz tahrişi, Akciğer hasarı, Bronşit, Kalp durması riski, Toksik bileşikler taşıması durumunda kanserojen etkiler, Erken ölüm.	Duman ve toz yapıları kirletebilir ve renk değişikliğine sebep olabilir.
CO	Hemoglobin üzerindeki oksijen taşıyan bölgeye bağlanır, bu da vücutta O ₂ taşınmasını azaltır. Yüksek konsantrasyonlarda çok zehirlidir, baş ağrısı, bulantı, düşünme yeteneği kaybına ve hatta ölüme neden olur.	Atmosferde oksitlenerek sera etkisini oluşturan CO ₂ gazına dönüşür.
VOC	Kimyasal bileşiklerine bağlı olarak çeşitli etkileri vardır. Olumsuz nörolojik, üreme ve gelişimsel etkilerin yanı sıra kanserle de ilişkili olabilirler.	O ₃ oluşturmak için NO _x ile birleşebilirler.
O₃	Göz tahrişine neden olabilir. Solunum yollarını tahriş edebilir. Şiddetli öksürük, nefes darlığı ve akciğer tahrişine neden olur. Bronşit ve zatürre gibi solunum yolu hastalıklarına daha fazla duyarlılık sağlar. Astım ataklarını şiddetlendirir.	Bitkilere ve ağaçlara zarar verir. Görünürlük azalmasına neden olur.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2018 yılında Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu'nda illerin hava kirliliğine neden olan birinci öncelikli kaynakları harita şeklinde hazırlanmış ve Şekil 2.2'de verilmiştir. Şekil 2.2'deki harita incelendiğinde Türkiye'de hava kirliliğine neden olan kaynakların, % 78 evsel ısınma, % 15 imalat sanayi işlemleri, % 6 karayolu trafiği ve % 1 diğer kaynaklar olduğu görülmektedir.



Şekil 2.2: 2016 yılı illerin hava kirliliğine neden olan birinci öncelikli kaynakları (ÇŞB, 2018).

Hava kirliliği olgusu bir dizi olayı içerir. Bu olaylar: kirleticilerin oluşumu ve bir kaynaktan serbest bırakılması; kirleticilerin taşınması, aktarılması ve atmosferden uzaklaştırılması; kirleticilerin insanlar, malzemeler ve ekosistem üzerindeki etkileridir. Sıfır kirletici emisyonları içeren süreçler tasarlamak ekonomik açıdan genellikle olanaksız veya teknik olarak imkansız olduğu için, emisyonlar zararlı etkilerinin olmayacağı veya en aza indirileceği bir seviyeye kadar kontrol edilmeye çalışılmaktadır. Hava kirliliği ile ilgili yapılan çalışmaları, aslında birbiri ile örtüşen fakat birbirinden biraz farklı alanlara ayırabiliriz (Flagan ve Seinfeld, 1988):

- a) Hava kirleticilerin kaynağında üretimi ve kontrolü, kirletici yığından yukarı veya egzoz borusundan serbest bırakılmadan önce meydana gelen her şeyi içerir.
- b) Türlerin atmosferden taşınması, dağılması, kimyasal dönüşümü ve uzaklaştırılması, emisyon noktası ile atmosferden nihai olarak uzaklaştırılması arasında gerçekleşen tüm kimyasal ve fiziksel süreçleri içerir.

c) Gaz ve parçacık türlerinin ölçümü dahil, hava kirleticilerin insanlar, hayvanlar, materyaller, bitki örtüsü, ürünler, orman ve su ekosistemleri üzerindeki etkileridir (Flagan ve Seinfeld, 1988).

2.2 Su Kirliliği

Su; doğal kaynaklar arasında en hayati unsurdur. Gıda üretimi ve ekonomik gelişme dahil olmak üzere tüm canlı organizmaların hayatta kalması için kritik öneme sahiptir. Günümüzde dünya genelinde su sıkıntısı çeken birçok şehir bulunmaktadır ve dünyanın gıda ihtiyacının yaklaşık yüzde 40'ı sulu tarım ile karşılanmaktadır, ayrıca birçok endüstriyel faaliyette suya ihtiyaç vardır (Halder ve İslam, 2015).

Su, taşıma, depolama, akışını değiştirebilme ve geri dönüştürülebilme özelliklerine sahip yönetilebilir doğal kaynaklardan biridir. Bütün bu özelliklere sahip su, insanlar için büyük yararlar sağlar. Ülkelerin yüzey ve yeraltı su kaynakları tarımda, hidroelektrik santrallerinde, hayvancılıkta, endüstriyel faaliyetlerde, ormancılıkta, balıkçılıkta, denizcilikte, su sporları ve turizm vb. faaliyetlerde önemli rol oynamaktadır (Singh ve Gupta, 2016).

İstenmeyen maddeler göller, nehirler, okyanuslar, su akiferleri ve yeraltı suları gibi su kaynaklarına girdiğinde su kirliliği meydana gelir ve suyun kalitesi bozulur. Bu çevresel bozulma biçimi, kirletici maddelerin içindeki zararlı bileşiklerin artırılması için yeterli işlem yapılmadan doğrudan veya dolaylı olarak su kütlelerine boşaltıldığında meydana gelir. Bu durum çevreye ve insan sağlığına zararlıdır. Su kirliliği, bu sulara yaşayan bitkilerin ve organizmaların, ayrıca bu sulara maruz kalabilecek bitkilerin ve organizmaların tüm biyosferini etkiler (Ahmed ve İsmail, 2018).

Çevre; ekonomik büyüme ve gelişme, sudan, suyun bölgesel ve mevsimsel olarak bulunmasından, yüzeysel ve yeraltı suyunun kalitesinden oldukça etkilenmektedir. Suyun kalitesi, insan faaliyetlerinden etkilenir ve suyun kalitesi özellikle kentleşmenin artması, nüfus artışı, sanayi üretimi, iklim değişikliği ve diğer faktörler nedeniyle bozulmaktadır (Halder ve İslam, 2015).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde giderek artan su kirliliği, ekonomik büyümenin yanı sıra milyarlarca insanın fiziksel ve çevresel sağlığını etkileyen küresel bir sorundur. Küresel dikkat öncelikle su miktarına, su kullanım verimliliğine

ve tahsilat konularına odaklanmış olsa da, atık su yönetiminin kötü yapılması dünyanın birçok yerinde ciddi su kalitesi sorunları yaratmış ve su krizini daha da arttırmıştır. Küresel su kıtlığı sadece su kaynaklarının fiziksel azlığından değil, aynı zamanda birçok ülkede su kalitesinin giderek kötüleşmesinden kaynaklanmaktadır ve bu durum, kullanımı güvenli su miktarını azaltmaktadır (Turrall vd., 2017).

Su kalitesi; insan sağlığı, tarım, su ürünleri, endüstriyel kullanım, tatlı su ekosistemlerinin desteklenmesi ve sundukları hizmetler için şarttır (OECD, 2017).

Tarımsal kaynaklı su kirliliğinin kontrolü için ana hedefler; tarımsal katkı maddeleri, besinler, böcek ilaçları, tuzlar, çökeltileler, organik karbon, patojenler, metaller ve ilaç kalıntılarıdır (Turrall vd., 2017).

Yeterli miktarda güvenli içme suyu temini, sağlıklı bir yaşam için en önemli koşullardan biridir ancak su kaynaklı sağlık problemleri ve hastalıklar, dünyanın birçok yerinde, özellikle çocuklarda, hala önemli bir ölüm sebebi olup, gelir düzeyi düşük birçok ülkede önemli bir ekonomik kısıtlamadır. İçme suyu, nehirler, göller ve barajlar gibi yüzey suları ve yeraltı suyundan elde edilir. Tüm sular doğal kirletici maddeler, özellikle de suyun aktığı jeolojik tabakalardan ve değişen miktarlarda mikroorganizmalar ile kimyasallardan kaynaklanan antropojenik inorganik kirleticiler içerir. Genel olarak yeraltı suları, yüzey sularından daha az kirliliğe açıktır (Fawell ve Nieuwenhuijsen, 2003).

Su kirliliği, noktasal kirlilik kaynakları ve noktasal olmayan kirlilik kaynaklarından meydana gelir (Çizelge 2.3). Noktasal kirlilik kaynakları, bir fabrikaya bağlı boru, bir tankerden petrol sızıntısı, endüstri tesislerinden çıkan atıklar gibi doğrudan tanımlanabilir kaynağa sahip olup, çoğunlukla kaynağın yakın çevresini etkiler. Noktasal olmayan kirlilik kaynakları, farklı kaynaklardan kirleticilerin yeraltı suyuna ya da yüzey suyuna karışıp, kirliliğe neden olduğu çevreye tanımlanamayan farklı bölgelerden gelen kirlilik kaynaklarıdır. Noktasal olmayan kaynaklara, tarım alanlarından ve evsel atıklardan meydana gelen sızıntılar örnek verilebilir. Bazen tek bir yerde çevreye giren kirliliğin yüzlerce hatta binlerce kilometre uzakta olumsuz etkileri olabilmektedir. Bunlar sınır aşan kirlilik olarak da bilinmektedir. Radyoaktif atıklar, nükleer yeniden işleme tesislerinden sızıp okyanuslardan geçerek çevre ülkeleri etkileyebilmektedir. Su kirleticileri, organik su kirleticileri ve inorganik su kirleticileri olabilir. Organik su kirleticileri, böcek ilaçları ve zararlı bitki ilaçları, organik halojenler ve diğer kimyasallar ile kanalizasyon ve canlı hayvan

yetiştiriciliği bakterileri, gıda işleme atıkları, patojenler, uçucu organik bileşiklerden oluşur. İnorganik su kirleticileri ise asit madeni süzülmesinden ortaya çıkan ağır metallere, yüzey akışından kaynaklanan silt, kütük açma, kesme ve yakma uygulamaları ve toprak doldurma, nitrat, fosfat vb. içeren tarımsal gübrelerin akışından ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan kimyasal atıklardan oluşur (Singh ve Gupta, 2016).

Çizelge 2.3: Su kirleticileri ve kaynakları (OECD, 2017).

Kirletici	Kaynak Tipi	Kaynak Örnekleri
Aşırı Besin Kaybı	Noktasal ve noktasal olmayan	Tarımdan ve evsel peyzajdan azotlu ve fosforlu gübreler, çiftlik hayvanları gübresi ve bulamaçları, atıksu arıtma tesisleri. Atmosferik azot oksit, amonyak ve azot oksit kaynaklarından azot birikimi
Mikrobik Bulaşma	Noktasal ve noktasal olmayan	Atıksu arıtma tesislerinden patojen bakteriler ve virüsler, kombine lağım taşmaları, hayvan atıkları, septik tanklar, biyokatıların arazi uygulamaları
Asitleşme	Noktasal olmayan	Atmosferik kirleticiler (kükürt, azot oksitler, amonyak) ve asit madeni drenajı
Tuzluluk	Noktasal olmayan	Tuzlu toprakların sulanması, deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı bölgelerindeki yer altı su seviyesinin düşmesi, yollarda kullanılan buz çözücüler
Sedimentasyon	Noktasal ve noktasal olmayan	Toprak üst tabakasının ve turba alanların erozyonu, meraya yayılan hayvan gübresi, barajlardan tortu salınması, atık su arıtma tesisleri, gıda işleme atıkları
Toksit Kirleticiler	Noktasal ve noktasal olmayan	Tarımda bitki ve hayvanları korumak için pestisitler ve herbisitler, yol kenarlarında ve evsel peyzajda herbisit kullanımı, kentsel yağmur suyu akışlarındaki ağır metallere, biyokatıların arazi uygulamaları, maden atıkları, endüstriyel atıklar, aşındırıcılar. Doğal arsenik yeraltı suyu kirliliği, nakliye, dökülme, kırılma, kentsel yağmur suyu akışları ve depolama tanklarından sızıntılar sonucu klorlu çözücüler ve diğer kimyasal maddeler
Termal Kirlilik	Noktasal ve noktasal olmayan	Kentsel yağmur suyu akışları ve enerji santrallerinde soğutucu olarak kullanılan ılık su. Barajlardan serbest bırakılan soğuk su
Plastik Parçacık Kirliliği	Noktasal ve noktasal olmayan	Bireyler tarafından çöp atılması, plastik ürün endüstrisi, amatör ve ticari balıkçılar ve kentsel yağmur suyu akışları
Yeni Nesil Kirleticiler	Noktasal	Genelde evsel kullanımdan kaynaklı (atıksu arıtma tesisleri) ve az miktarda tarımdan kaynaklı, örneğin ilaçlar, antibiyotikler, hormonlar, kişisel bakım ürünleri, mühendislik nano malzemeleri, antimikrobiyal temizlik maddeleri yer alır.

2.3 Toprak Kirliliği

Toprak, dnyadaki canlı yaşamı için temeldir. Bitkilerin su ve besin gereksinimini karşılamak için toprak bir tabakaya ihtiyaç vardır. Canlılar, bitkileri tarlada yetiştirmek, bitkileri yiyerek beslenen hayvanları tüklemek için toprağa ihtiyaç duyarlar, dnyada canlılar için topraksız bir yaşam yoktur. Toprak, atmosfer ve yeryüzü arasındaki su ve kimyasal maddelerin akışını kontrol eder ve atmosferdeki gazların (oksijen ve karbon dioksit gibi) hem kaynağı hem de deposu görevindedir. Toprak sadece doğal süreçleri yansıtmaz, aynı zamanda hem řu andaki hem de geçmişteki insan faaliyetlerini kaydeder. Toprak, bitki ve hayvan yaşamına verdiği destek, peyzajdaki konumu ve yaşadığımız iklimi geliştirmesi ile insanın yarattığı herhangi bir makineden daha güçlü ve şaşırtıcı derecede karmaşık bir doğal sistemi oluşturur (Mishra vd., 2016).

Toprak, biyosferin çok özel bir bileşenidir; çünkü yalnızca kirletici maddeler için jeokimyasal bir yutak değildir, aynı zamanda kimyasal elementlerin ve maddelerin atmosfere, hidrosfer ve biyotaya taşınmasını kontrol eden doğal bir tampon görevi görür. Bununla birlikte, toprağın en önemli rolü insanların hayatta kalması için gerekli olan verimliliğidir. Bu nedenle, toprağın ekolojik ve tarımsal işlevlerinin korunması insanlığın sorumluluğundadır (Kabata Pendias ve Pendias, 2001).

Sanayileşme, 200 yıldan uzun süredir toprak kirliliğine sebep olarak özellikle Avrupa'da yaygın bir sorun oluşmasına neden olmuştur. Karar vericiler, bilim adamları, işletmeler ve vatandaşlar genel olarak hava ve su kirliliğinin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabileceğini kabul edip, anlamalarına rağmen toprak kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerine karşı daha ilgisiz olup, toprak kirliliğini yeteri kadar iyi anlayamamıştır (EC SEP, 2013).

Toprak kirliliği; mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlar da dahil olmak üzere organizmaların büyümesi ve sağlığı için zararlı bir seviyede toprakta doğal olarak bulunan veya toprağa karışan bir maddenin birikimi demektir. Tehlikeli maddeler evsel, belediye, sanayi, madencilik ve tarımsal atıklar ile gübre ve böcek ilaçları gibi endüstriyel ve zehirli kimyasallar ile toprağa ulaşırlar. Toprak kirleticilerin en önemlileri, PAHs, PCBs, PCNs ve PEHs gibi kalıcı organik bileşikler ve Pb, Cd, As, Hg, Zn ve Cu gibi ağır metallerdir. Kritik seviyenin üstündeki bu maddeler insanlar da dahil olmak üzere bitki ve hayvanlar için zehirlidir (Osman, 2014).

Toprak kirliliği esas olarak, kimyasal atıkların toprak içinde bertarafı, gübreler ve böcek öldürücüler dahil olmak üzere tarımsal kimyasalların rastgele kullanılması, metal kontaminasyonu değerlendirilmeden kanalizasyon çamuru ve kompost uygulanması, yer altı fosseptiklerinin toprak içine sızması, doğada bozunmayan malzemelerin kullanılması, madencilik faaliyetleri ve sulamada kirli suların kullanılması gibi katı ve sıvı atıkların topraktaki imhasından kaynaklanmaktadır (Osman, 2014).

Toprak kirliliği, toprak kirleticilerin varlığından dolayı toprağın verimliliğindeki azalmadır. Toprak kirleticileri, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde olumsuz etki yapar ve toprağın verimini düşürür. Tarım ilaçları, gübreler, organik gübreler, kimyasallar, radyoaktif atıklar, atılan yiyecekler, giysiler, deri ürünleri, plastikler, kağıtlar, şişeler, konserve kutuları ve molozların hepsi toprak kirliliğine neden olmaktadır (Mishra vd., 2016).

Zehirli kimyasalların yeraltı sularına sızması veya kirlenmiş su akışının nehirlere, göllere veya okyanuslara ulaşması durumunda toprak kirliliği, su kirliliğine de neden olabilir. Topraktaki uçucu bileşikler atmosfere karışarak hava kirliliğine de sebep olabilir (Mishra vd., 2016).

Toprakların kirlenmesine sebep olan kirleticilerinin kaynakları Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4: Toprak kirleticilerinin kaynakları (Osman, 2014).

Kaynak	Malzemeler	Kirleticiler
Tarım	Fosfatlı gübre	As, Cd, Mn, U, V ve Zn
	Domuz ve kümes hayvanı gübresi	As, Cu
	Böcek zehiri	As, Cu, Mn, Zn, Organik kirleticiler
	Petrol döküntüsü	Hidrokarbonlar
Elektrik Üretimi	Nükleer Atık, Kül	Si, SO _x , NO _x , Ağır metaller, kömür tozu
Gazhane	Katran	As, Cd, Cu, Pb, S ⁻ , SO ₄ ⁻ , hidrakarbonlar, fenoller, benzenler, kisilen, naftalin, PAHs vb.
Metal Madenciliği ve Eritme	Dağınık Atıklar	Metaller, siyanür dahil ağır metaller
Metalürji Endüstrisi	Metal Atıklar, Çözücüler, Kalıntılar, Aeroseller	Ağır metaller dahil metaller (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Mn vb.)
Kimya Endüstrisi	Parçacıklar, Atık Su, Hurda, Hasar Görmüş Parçacıklar	Ağır metaller (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Mn vb.) ve organik kirleticiler, PAHs
Atık Bertarafı	Lağım Pisiği, Hurda Yığınları, Kömür Külü, Atık, Yakma Tesisleri, Depolama Alanları	NH ₄ ⁺ , PAGHs, PCBs, NO ₃ ⁻ ve metaller (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Mn vb.)
Nakliye	Parçacıklar, Asit Çözeltisi, Solventler, Yağlar	Pb, Br, Cd, Zn, P, As

Toprak, hızla genişleyen sanayi bölgelerinden gelen emisyonlar yoluyla ağır metallerin ve metaloidlerin birikimi, maden atıkları, ağır metallerin bertarafı, kurşunlu benzin ve boyalar, gübrelerin arazi uygulamaları, hayvan gübreleri, lağım pisiği, tarım ilaçları, arıtılmamış atık sularla arazilerin sulanması, kömür yanma atıkları, petrokimyasalların dökülmesi ve atmosferik birikim sonucu kirlenebilir (Wuana ve Okieimen, 2011).

En sık rastlanılan toprağın bölgesel olarak kirlenmesi, esas olarak eser metallerin en önemli kaynağı olan endüstriyel bölgelerde, fabrikaların, motorlu taşıtlar ve belediye atıklarının bulunduğu büyük yerleşim merkezlerinde görülür (Kabata Pendias ve Pendias, 2001).

Toprağın bünyesinde bulunan kirleticiler toprak yıkama, kapsülleme ve vitrifikasyon gibi fiziksel yöntemlerle, mikrobiyal ve fitoremedasyon gibi biyolojik yöntemlerle toprak bünyesinden uzaklaştırılabilir. Ağır metallere kirlenmiş toprakların iyileştirilmesi için genellikle hiperakümülatör bitkiler kullanılmaktadır (Osman, 2014).

2.3.1 Metallerin Tanımı

Yoğunluk, atom numarası ve atom ağırlığına bağlı olarak çeşitli şekillerde tanımlanmış olmasına rağmen, 5 g/cm³'ten daha fazla yoğunluğa sahip ve kalsiyumdan daha fazla atom kütlesi olan metaller genellikle ağır metal olarak kabul edilir. Çevre için önemli olan ağır metaller çinko (Zn), bakır (Cu), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), civa (Hg), krom (Cr), nikel (Ni), kalay (Sn), gümüş (Ag) ve metaloid arsenik (As)'dir. Ağır metallerin bazıları bitki ve hayvan fizyolojisinde önemli rol oynar ve bu sebeple sağlıklı büyüme için az miktarda metal (bitkiler için Zn, Cu ve Ni, hayvanlar için ise Zn, Cu, Se, Cr) gereklidir. Tüm bu metaller, yüksek konsantrasyonlarda veya gerekli miktardan daha yüksek konsantrasyonlarda olduğunda oldukça toksiktir. Bazı ağır metaller sinir sistemini (manganez, kurşun, civa ve arsenik), böbrek ve karaciğeri (civa, kurşun, kadmiyum ve bakır), deri, kemik ve dişleri (nikel, kadmiyum, bakır ve krom) etkiler (Osman, 2014).

Ağır metaller, metalik özelliklere sahip elementler için yaygın olarak kullanılan aslında bilimsel olarak tam doğru bir tanımı olmayan bir terimdir; çünkü ağır tanımı sabit değildir, arsenik ve antinom gibi bazı ağır metaller yarı metal veya metaloiddir. Ağır metal terimi yerine sık kullanılan başka bir terim iz (eser) elementlerdir. Bu elementler doğal olarak kayalarda ve toprakta, buldukları yerde parçalanarak zeminin içeriğini oluşturan kayalara bağlı olarak değişken miktarlarda bulunurlar (EC SEP, 2013).

Toprağın ağır metaller ile kirlenmesi, doğrudan kirlenme veya kirlenmiş toprakla temas, besin zinciri, kirli yer altı suyunun içilmesi, fitotoksikite yoluyla gıda kalitesinin azalması (güvenlik ve pazarlanabilirlik), tarımsal üretimde gıda güvensizliğine yol açan azalma ve arazi kullanım problemleri gibi insanlar ve ekosistem için risk ve tehlikelere yol açabilir (Wuana ve Okieimen, 2011).

2.3.2 Toprakta Metallerin Kaynakları

Topraklar, bileşimlerine bağlı olarak farklı oran ve formlarda metal ve ağır metal içerirler. Kirlenmiş bölgelerde en sık görülen ağır metaller, kurşun, krom, arsenik, çinko, kadmiyum, bakır, civa ve nikeldir (Çizelge 2.5). Ağır metaller, mikrobiyal veya kimyasal bozunmaya uğramazlar ve topraktaki toplam konsantrasyonu, toprağa karıştıktan sonra uzun süre değişmez (Osman, 2014).

Çeşitli kaynaklardan gelen eser elementler sonunda yüzey toprağına ulaşabilir ve daha sonraki kaderi toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlıdır. Ağır metaller, topraktaki biyokimyasal tepkimeleri doğrudan etkilemektedir (Kabata Pendias ve Pendias, 2001).

Çizelge 2.5: Topraktaki ağır metallerin antropojenik kaynakları (Osman, 2014).

Kaynaklar	Metaller
Kimyasal atık çıkarma/depolama	As, Pb, Cr, Cd, Ba, Zn, Mn, Ni
Metal cilalama/galvanizleme/elektronik	Cr, Pb, Ni, Zn, Cu, Cd, Fe, As
Kimyasal işlemler/ecza işlemleri	Pb, Cr, Cd, Hg, As, Cu
Madencilik/cevher işleme/ergitme	Pb, As, Cr, Cd, Cu, Zn, Fe, Ag
Pil geri dönüşümü	Pb, Cd, Ni, Cu, Zn
Ahşap işleme	Cr, Cu, As
Nükleer işlemler/ekipmanlar	Ra, Tn, U
Tarım ilaçları	As
Araçlar	As
Boyalar	Pb, Cr, Cd, Hg

2.3.3 Toprakta Toksik Olabilen Bazı Metaller

2.3.3.1 Bakır (Cu)

Bakır, atom numarası 29, atomik kütlesi 63.5, yoğunluğu 8.96 g/cm³, erime noktası 1083 °C ve kaynama noktası 2595 °C olan, periyodik cetvelde 4. periyot IB grubuna ait bir geçiş metalidir. Bakırın kabuklu kayalarda ortalama yoğunluğu ve

konsantrasyonları sırasıyla 8.1 g/m³ ve 55 mg/kg'dir. Bakır, dünyada en çok kullanılan üçüncü metaldir (Wuana ve Okieimen, 2011).

Bakır, hem bitkilerin hem de hayvanların büyümesinde temel mikro besin olup gereklidir. İnsan kanındaki hemoglobinin üretimine yardımcı olur. Bitkilerde, bakır özellikle tohum üretiminde, bitkilerin hastalık direncinde ve suyun düzenlenmesinde önemlidir. Bakır canlılar için önemlidir, ancak yüksek dozlardaki bakır anemiye, karaciğer ve böbrek hasarlarına, mide ve bağırsak tahrişine neden olabilir (Wuana ve Okieimen, 2011).

İçme suyunda bakır, bakır su borularından ve ayrıca su yosununun gelişimini kontrol etmek için kullanılan katkılardan dolayı oluşur. Bakırın çevre ile etkileşimi karmaşık olsa da araştırmalar çevreye karışan çoğu bakırın kararlı olduğunu veya hızla kararlı hale geldiğini ve çevreye risk oluşturmayacak bir biçimde sonuçlandığını göstermektedir. Aslında, bazı insan yapımı malzemelerden farklı olarak, bakır vücutta artmaz veya gıda zincirinde biyolojik olarak birikmez (Wuana ve Okieimen, 2011).

Toprakta bakır, organik olarak kompleksleşir ve çözeltide sadece küçük bir bakır fraksiyonu iyonik bakır olarak bulunabilir. Bakırın çözünürlüğü, pH 5.5 olduğunda oldukça artar, bu pH değeri ideal tarım arazisi pH'ı olan 6.0-6.5'a oldukça yakındır (Wuana ve Okieimen, 2011).

Bakır ve çinko, bitkiler, mikroorganizmalar, hayvanlar ve insanlar için iki önemli unsurdur. Toprak ve su kirliliği ile bitkilerin metal alımı arasındaki bağ, bitkilerin fizyolojik özelliklerinin yanı sıra birçok kimyasal ve fiziksel toprak faktörü ile belirlenir. İz metallerle kirlenmiş topraklar, hem doğrudan hem de dolaylı tehditlere neden olabilir. Metaller, mahsulün büyümesi ve verimi üzerindeki olumsuz etkileri ile direkt olarak, gıda zincirine girmesi ile insan sağlığı üzerinde potansiyel olarak olumsuz bir etkiye sahip olarak dolaylı sorun oluşturular. Mahsul veriminin yüzde cinsinden çok az miktarda düşmesi bile üretimde ve gelirden uzun vadeli kayıplara neden olabilir. Günümüzde bazı gıda ithalatçıları, çiftçilerin kontamine mahsullerini ihraç etme ihtimalini sınırlayabilmek için gıdalarda kabul edilebilir maksimum metal içeriğini belirlemektedir (Wuana ve Okieimen, 2011).

2.3.3.2 Civa (Hg)

Civa periyodik cetvelde çinko ve kadmiyum ile aynı gruba aittir. Civa, atom numarası 80, atom ağırlığı 200.6, yoğunluğu 13.6 g/cm^3 , erime noktası $-13.6 \text{ }^\circ\text{C}$ ve kaynama noktası $357 \text{ }^\circ\text{C}$ olan periyodik cetvelde 6. periyot 2B grubuna ait bir geçiş metali olup genellikle cevher işlemenin bir yan ürünü olarak geri kazanılır (Wuana ve Okieimen, 2011).

Civa kirliliğinin en önemli kaynağı, civanın kömür yanmasından salınımıdır. Gaz ve petrol boru hatları boyunca basınç ölçüm istasyonlarındaki manometrelerden salınan civa, civa kontaminasyonuna katkıda bulunur (Wuana ve Okieimen, 2011).

Geçmiş emisyon ve salınımlar ile insan faaliyetlerinden dolayı çevrede, özellikle toprak ve okyanuslarda büyük miktarda inorganik civa birikmiştir. Civa kirliliği, orman yangınları gibi doğa olaylar ile çevrede doğal yoldan oluşabilse de, çoğunlukla fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkar. İnsanların civaya maruz kalmaları genellikle balık ve deniz ürünlerinin tüketimi ile gerçekleşir. Küçük çocuklar, civa ile kirlenmiş toprağı yutmaları durumunda civaya maruz kalabilirler. Çimento üretimi, madencilik ve metalürji, küçük ölçekli altın madenciliğı, kömürün yanması, petrolün arıtılması, toprakta civa birikmesine sebep olan faaliyetlerden bazılarıdır. Elektronik cihazlar, elektrik anahtarları, piller, enerji tasarruflu ampuller ve bazı kozmetik ürünler, dişçilik, plastik üretimi ve klor-alkali endüstrisi gibi ürünler de civa emisyonlarına sebep olmaktadır. Toprakta biriktikten sonra tortullarda oluşan civanın metilmerküre dönüştürülmesinden bakteri ve mikroplar sorumludur. Balıklarda bulunan civa miktarının % 90'ından fazlası metilmerkürdür. Civa, gıda zincirine tarımsal ürünler veya deniz ürünleri yoluyla girebilir (EC SEP, 2013).

Sanayi tesislerinin genellikle deniz kenarlarında konumlandırılması, denizlerde yaşayan balıkların ve canlıların dokusunda civa miktarının artmasına neden olmaktadır (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010).

Fosil yakıtların yanması, madeni kayaçların kırılması, civa üretiminde katı atık depolarından civanın çevreye sızması, pillerin atılması ve evde kullanılan termometre gibi aletlerin kırılması sonucunda içerdikleri civa çevreye yayılarak hava ve sudaki derişiminin artmasına sebep olmaktadır. Tarımda kullanılan fungusitler aracılığıyla metalik civanın buharlaşması, atmosferik kirlenmeye de neden olmaktadır (Yıldız, 2004).

2.3.3.3 Çinko (Zn)

Çinko, atom numarası 30, atomik kütlesi 65.4, yoğunluğu 7.14 g/cm^3 , erime noktası $419.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ve kaynama noktası $906 \text{ }^\circ\text{C}$ olan, periyodik cetvelde 4. periyot 2B grubuna ait bir geçiş metalidir. Çinko toprakta doğal olarak bulunur (kabuklu kayalarda yaklaşık 70 mg/kg), ancak çinko konsantrasyonları antropojenik etkiler nedeniyle doğal olarak artmaktadır. Çinko metalinin büyük bir kısmı endüstriyel faaliyetler (madencilik, kömür ve atık yakma, çelik işleme gibi) sırasında ortaya çıkıp, doğaya karışmaktadır. Birçok gıda maddesi belirli konsantrasyonlarda çinko içerir. İçme suyu, metal tanklarda depolandığında yüksek olabilecek miktarlarda çinko içerebilir (Wuana ve Okieimen, 2011).

Endüstriyel kaynaklar veya toksik atık sahaları, içme suyundaki çinko konsantrasyonlarının sağlık sorunlarına neden olabilecek seviyelere ulaşmasına neden olabilir. Çinko, insan sağlığı için gerekli olan bir eser elementtir. Çinko düşüklüğü, insanlarda doğum kusurlarına neden olabilir. Dünyamızda çinko üretimi giderek artmaktadır, bu durum da çevremizde giderek daha fazla çinko bulunması anlamına gelmektedir (Wuana ve Okieimen, 2011).

Sanayi tesislerinin atık sularında bulunan büyük miktarda çinko varlığı nedeniyle su, çinko ile kirlenmektedir. Bunun bir sonucu olarak çinko ile kirlenmiş çamur, sürekli olarak nehirler vasıtasıyla nehir kıyılarına bırakılmaktadır. Çinko aynı zamanda suların asitliğini de artırabilir. Bazı balıklar çinko ile kirlenmiş su yollarında yaşadıklarında vücutlarında çinko birikebilir. Çinko, bu balıkların vücutlarına girdiğinde, besin zincirinde biyolojik olarak artar. Toprakta bulunan çinko, suda çözünür, yeraltı suyuna karışarak yeraltı suyunu kirletebilir. Bitkiler, çinkonun topraklarda birikmesi nedeniyle, sistemlerinin kullanamadığı bir çinko alımına sahiptir. Çinko, mikroorganizmaların ve toprak solucanlarının aktivitesini olumsuz olarak etkilediği için topraktaki aktiviteyi durdurabilir, böylece organik maddelerin parçalanmasını geciktirebilir (Wuana ve Okieimen, 2011).

2.3.3.4 Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, atom numarası 48, atom ağırlığı 112.4, yoğunluğu 8.65 g/cm^3 , erime noktası $320.9 \text{ }^\circ\text{C}$ ve kaynama noktası $765 \text{ }^\circ\text{C}$ olup, periyodik cetvelde ikinci geçiş metalleri sırasının sonunda bulunur. Kadmiyum, civa ve kurşun gibi zehirli ağır

metallerdendir ve önemli herhangi bir biyolojik fonksiyonu bilinmemektedir (Wuana ve Okieimen, 2011, Düzgün, 2018).

Bileşiklerinde kadmiyum iki değerli iyon Cd (II) olarak oluşur. Kadmiyum periyodik cetvelde çinkonun altındadır, bitkiler ve hayvanlar için temel bir mikro besin olan çinko ile kimyasal benzerliğe sahiptir. Bu durum kısmen kadmiyumun toksitesinden sorumlu olabilir; çinko gerekli bir iz element olduğundan, kadmiyum ile yer değiştirmesi metabolik işlemlerin bozulmasına neden olabilir (Wuana ve Okieimen, 2011).

Kadmiyumun en önemli kullanımı; yüksek verim, uzun ömür, düşük bakım, fiziksel ve elektriksel gerilime yüksek tolerans gösteren şarj edilebilir veya ikincil güç kaynakları olarak kullanılan Ni/Cd pilleridir. (Wuana ve Okieimen, 2011, Kahvecioğlu vd., 2017).

Kadmiyum kaplamalar, korozyona karşı iyi direnç gösterdikleri için kaplarda ve araçlarda, özellikle yüksek gerilime maruz kalan gemilerde ve uçaklarda kullanılır. Kadmiyumun diğer kullanımları pigmentler, polivinil klorür (PVC) için stabilizatörler, alaşımlar ve elektronik bileşiklerdir (Wuana ve Okieimen, 2011).

Asit yağmuru ve bunun sonucunda toprak ve yüzey sularının asitleşmesi kadmiyumun jeokimyasal hareketliliğini artırır ve bunun sonucunda göl suyu pH'ı azaldıkça yüzey suyunun kadmiyum konsantrasyonu artma eğilimindedir. Kadmiyum, çinkonun kaçınılmaz bir yan ürünü olarak üretilir (Wuana ve Okieimen, 2011).

Gübreler, pestisitler ve biyosolidler (atık çamur) gibi endüstriyel girdilerin uygulanması, endüstriyel atıkların bertarafı veya atmosferik kirletici maddelerin birikmesi, kadmiyumun topraktaki toplam konsantrasyonunu artırır ve kadmiyumun biyoyararlanımı, bitkinin kadmiyum alımının önemli derecede gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini belirler. Kadmiyum çok biyokalıcıdır, çok az toksikolojik özelliği vardır ancak bir organizma tarafından absorbe edildiğinde yıllarca bünyesinde kalmaya devam eder (Wuana ve Okieimen, 2011).

Kadmiyumun insan vücudunda birkaç enzimi etkilediği bilinmektedir. Albüminüri ile sonuçlanan böbrek hasarlarının, böbrek tübüllerinde proteinlerin yeniden emilmesinden sorumlu enzimlerin kadmiyum tarafından olumsuz etkilenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kadmiyumun insan sağlığına en önemli zararı,

kronik olarak böbreklerde birikmesi sonucu böbrek fonksiyon bozukluğuna sebep olmasdır (Wuana ve Okieimen, 2011).

Sigara içmeyen kişilerde kadmiyuma maruz kalmanın yaklaşık % 90'ı yiyecekler vasıtasıyla gerçekleşir. Tarım ürünleri, kadmiyumu topraktan alır ve tarım ürünlerinin kadmiyum alım oranı toprak pH'ı, tuzluluk, humus içeriği, bitki türleri ve diğer elementlerin varlığı (örneğin çinko) gibi faktörlerden etkilenir (EC SEP, 2013).

2.3.3.5 Krom (Cr)

Krom, atom numarası 24, atomik kütlesi 52, yoğunluğu 7.19 g/cm³, erime noktası 1875 °C ve kaynama noktası 2665 °C olan, periyodik cetvedeki 6B grubunun birinci sıra d-blok geçiş metalidir. Daha az yaygın olan elementlerden biridir ve doğal olarak sadece bileşiklerde bulunur. Krom, mineral kromit, FeCr₂O₄ formunda primer bir cevher ürünü olarak çıkarılır. Krom kontaminasyon kaynakları, elektro kaplama işlemleri ve krom içeren atıkların bertarafıdır (Wuana ve Okieimen, 2011).

Toprakta krom hareketliliği kil içeriği, demir oksit içeriği ve mevcut organik madde miktarını içeren toprağın emme özelliklerine bağlıdır. Krom, yüzeysel akışla, çözünebilir veya çökelmiş haliyle yüzey sularına taşınır, çözünür ve adsorbe edilmemiş krom kompleksleri topraktan yer altı sularına sızabilir. Toprağın pH'ı arttıkça krom sızıntısı da artar. Kromun doğal sulara salınması partikül boyutuna bağlıdır ve krom en sonunda tortu şeklinde birikir. Krom, insanlarda alerjik egzama oluşmasına sebep olur (Wuana ve Okieimen, 2011).

2.3.3.6 Kurşun (Pb)

Kurşun atom numarası 82, atomik kütlesi 207.2, yoğunluğu 11.4 g/cm³, erime noktası 327.4 °C ve kaynama noktası 1725 °C olan, periyodik cetvelin 6. Grubu, 6. periyoduna ait bir metaldir. Doğal olarak oluşan, mavimsi bir metaldir ve genellikle kükürt (PbS, PbSO₄ vb.) veya oksijen (PbCO₃) gibi diğer elementlerle birlikte bulunur ve yer kabuğundaki konsantrasyon değerleri 10 ila 30 mg/kg arasındadır (Wuana ve Okieimen, 2011).

Dünyamızı kaplayan topraklarda ortalama kurşun konsantrasyonu 32 mg/kg olup, 10 ila 67 mg/kg arasında değişmektedir (Kabata Pendias ve Pendias, 2001).

Kurşun doğada çok yaygın bir şekilde bulunur, az miktarda serbest olarak bulunduğu bilirse de daha çok PbS minerali şeklinde bulunmaktadır. Kurşun, metallerin endüstriyel üretiminde demir, bakır, alüminyum ve çinkonun ardından beşinci sırada yer almaktadır. ABD'de kullanılan kurşunun yaklaşık yarısı, kurşun depolama pillerinin üretiminde kullanılır. Kurşunun diğer kullanımları arasında askeri faaliyetler, rulmanlar, kablo kılıfları, mühimmat, su tesisatı, pigmentler ve dolgu malzemeleri bulunmaktadır (Wuana ve Okieimen, 2011).

Kurşun içeren benzin, başlıca kurşun kirliliği kaynağı olmuştur ve halen kullanıldığı ülkelerde vücuttaki kurşun yüküne önemli bir katkı sağlamaktadır. Çevrede bulunan kurşun, benzin, endüstriyel işlemler, boya, konserve kutularında lehim ve su boruları gibi çeşitli kaynaklara sahiptir (EC SEP, 2013).

Birçok çalışma, motorlu araçlarda vurutuyu önlemek için yakıtlara eklenen kurşunun, egzozdan çıkarak yol civarındaki topraklarda kurşun birikmesine ve kirlenmesine neden olduğu için yola yakın bitkilerin bu elementten zarar gördüğünü ortaya koymuştur (Yörük, 2008).

Kurşunun insanlar için önemli ve toksik bir metal olduğu bilinmektedir ve etkileri diğer iz metallerin etkilerinden daha kapsamlı olarak araştırılmıştır. Canlıların kurşuna maruz kalması, kurşunun solunması ve yutulması yoluyla olur, her iki durumda da etkileri aynıdır. Kurşun, vücutta organlarda (beyin vb.) birikir, bu durum zehirlenmeye, hatta ölümlere neden olabilir. Gastrointestinal sistem, böbrekler ve merkezi sinir sistemi de kurşun varlığından olumsuz etkilenir. Kurşuna maruz kalan çocuklar düşük gelişim, düşük IQ, düşük dikkat süresi, hiperaktivite ve zihinsel bozulma riski altında olup, altı yaş ve altındaki çocuklar daha büyük bir risk altındadır. Kurşuna maruz kalan yetişkinlerde genellikle düşük reaksiyon süresi, hafıza kaybı, bulantı, uykusuzluk, iştahsızlık ve eklem zayıflığı görülür (Wuana ve Okieimen, 2011).

Kurşun beyinde, sinir sisteminde, kırmızı kan hücrelerinde ve böbreklerde ciddi hasarlara neden olabilir. Kurşunun insan vücudunda bilinen hiçbir temel işlevi olmayıp, kurşun gıda, hava veya sudan alındıktan sonra insan vücuduna zarar verebilir. Kurşun bireysel organizmalarda ayrıca besin zincirinde birikebileceği için oldukça tehlikeli bir kimyasaldır (Wuana ve Okieimen, 2011).

Toprakta bulunan kurşuna maruz kalmanın en ciddi kaynağı, kirlenmiş toprak veya tozun doğrudan alınmasıdır. Genel olarak, bitkiler kurşun emmez veya biriktirmez. Ancak, kurşun oranı yüksek olan topraklarda yetişen bitkilerin bir miktar kurşun alması mümkündür. Bitkiler yetiştikleri topraktan büyük miktarda kurşun almadığından, bitkiler için güvenli olduğu düşünülen topraktaki kurşun seviyeleri, kirlenmiş toprak veya tozun doğrudan alınması durumundaki kurşun seviyelerinden daha yüksektir. Genellikle, toplam kurşun seviyesi 300 mg/kg'dan az olan topraklarda yetişen tarım ürünlerinin kullanılması güvenli kabul edilmiştir. Besin zincirinde kurşun zehirlenmesi riski, topraktaki kurşun seviyesi, bu konsantrasyon değerinin üzerine çıktığında artar (Wuana ve Okieimen, 2011).

2.3.3.7 Nikel (Ni)

Nikel atom numarası 28, atomik kütlesi 58.69, yoğunluğu 8.90 g/cm^3 , erime noktası $1455 \text{ }^\circ\text{C}$ olan, periyodik cetvelin 8. grubunda yer alan bir geçiş metalidir. Düşük pH bölgelerinde, metal nikel iyonu (Ni^{+2}) formunda bulunur. Nötr ila az alkali çözeltilerde, kararlı bir bileşik olan nikel hidroksit ($\text{Ni}(\text{OH})_2$) olarak çökeler. Nikel, çevrede yalnızca çok düşük miktarlarda bulunur ve küçük dozlarda gereklidir; ancak tolere edilebilir maksimum miktarın aşılması durumunda tehlikeli olabilir. Özellikle rafinerilerin yakınında nikel miktarının tolere edilebilir miktarın üzerine çıkması durumunda, nikel canlıların vücudunda çeşitli kanser türlerine neden olabilir (Wuana ve Okieimen, 2011).

Toprakta başlıca nikel kirlilik kaynağı metal kaplama endüstrileri, fosil yakıtların yanması, nikel madenciliği ve elektro kaplamalardır. Nikel, enerji santralleri ve çöp yakma tesisleri tarafından havaya salınır ve çökeltme reaksiyonlarından sonra yere düşer. Nikelin havadan uzaklaştırılması genellikle uzun zaman alır. Nikel ayrıca atık su akıntılarının bir parçası olduğunda yüzey suyuna da ulaşabilir. Çevreye yayılan tüm nikel bileşiklerinin büyük kısmı tortuya veya toprak parçacıklarına adsorbe edilir ve sonuç olarak hareketsiz hale gelir. Bununla birlikte asidik topraklarda, nikel daha hareketli hale gelir ve çoğunlukla yakınlardaki yeraltı suyuna karışır. Mikroorganizmaların büyümesi, nikel varlığında düşüş gösterebilir; ancak genellikle bir süre sonra mikroorganizmalar nikel karşı bir direnç geliştirirler. Nikelin bitkilerde veya hayvanlarda biriktiği ve buna bağlı olarak nikelin besin zincirine

biyolojik olarak bağlandığı görülmemektedir. Az miktarda nikel hayvanlar için önemli bir besin maddesidir (Wuana ve Okieimen, 2011).

2.3.3.8 Kobalt (Co)

Kobalt mavimsi beyaz renkte, atom numarası 27, atomik kütlesi 58.93, yoğunluğu 8.90 g/cm³, erime noktası 1495 °C ve kaynama noktası 2927 °C olan, periyodik cetvelde demir ve nikelin arasında yeralan, d grubu geçiş metaldir (Pourret ve Faucon, 2016).

Kobalt, çevremizde birçok farklı kimyasal formda doğal olarak oluşan bir elementtir. Az miktarda kobalt sağlık açısından iyidir. Kobalt doğal bir toprak elementtir ve toprakta, bitkilerde ve yiyeceklerde az miktarda bulunur. Kobalt genellikle bakır, nikel, manganez ve arsenik gibi diğer metallerle birlikte oluşur. Kaya, toprak, yüzey ve yeraltı suları, bitki ve hayvanların çoğunda az miktarda bulunur. Çevremizdeki doğal kobalt kaynakları toprak, toz, deniz suyu, volkanik püskürmeler ve orman yangınlarıdır. Ayrıca, kömür ve petrolün yanmasından, araba, kamyon ve uçak gibi araçların egzozlarından, metal veya metal bileşiklerini kullanan endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan atıklardan çevreye kobalt salınır. Kobalt ve tuzları; yüksek sıcaklıklarda dayanımlarını koruyan süper alaşımlar ve katalizörler, boya kurutucusu, çelik banyo armatürlerinde ve ev aletlerinde kullanılan porselen emaye zemin kaplaması, şarj edilebilir piller, renkli pigmentlerin bileşeni gibi çok çeşitli işlemlerde kullanılır. Kobaltın diğer alaşımları, yüksek sıcaklık dayanımının önemli olduğu jet türbinlerinde ve gaz türbini jeneratörlerinde kullanılır. Kobalt, çekici görünüm, sertlik ve oksidasyonu ile korozyona karşı direnci dolayısıyla bazen elektro kaplamada kullanılır. Kobalt tuzları boyalarda, porselen, cam ve çanak çömleklerde parlak mavi renkler üretmek için yüzyıllardır kullanılmaktadır. Kobalt 60 gibi bazı kobalt radyoaktif izotopları, nükleer tıpta ve araştırmalarda hastaların tedavisinde kullanılır. Doğal kobalt havada birkaç gün kalırken, su ve toprakta yıllarca kalabilir (Ontario ME, 2001, Pourret ve Faucon, 2016).

Kobalt, hava, su, toprak, kaya, bitki, hayvanlarda ve çevrede doğal olarak bulunan bir elementtir. Kobalt aynı zamanda havaya ve suya girebilir, rüzgar tarafından tozların çökmesi şeklinde zemine birikebilir ve yağmur suyu kobalt içeren toprak ve kayadan geçerek yüzey sularına kobaltın karışmasına sebep olabilir. İnsanlar az miktarda kobaltın, kömürün yanması ve kömür madenciliği, kobalt içeren

cevherlerin işlenmesi, kobalt kimyasallarının üretimi ve kullanımı gibi faaliyetler vasıtasıyla atmosfere girmesine sebep olurlar (Pourret ve Faucon, 2016).

Bütün topraklarda bir miktar kobalt bulunur. Dünyadaki topraklarda ortalama kobalt konsantrasyonu 8 mg/kg'dır. Topraktaki kobalt konsantrasyon değeri 40 mg/kg'ın altında olduğunda kobaltın bitkiler üzerinde toksik etkileri muhtemel değildir. Ancak, topraktaki konsantrasyon toksiteyi belirleyen tek faktör değildir. Bitki türlerinin kobalt duyarlılıkları değişiklik gösterir ve toprak tipi, toprak kimyası kobalt toksisitesini büyük ölçüde etkiler. En önemli toprak özelliklerinden biri toprak asitliğidir. Toprak ne kadar asitli olursa, kobalt toksisite potansiyeli o kadar artmaktadır. Kobalt konsantrasyonları yüksek olan topraklar genellikle yüksek arsenik ve nikel konsantrasyonlarına da sahiptir ve bu elementler genellikle bitkiler ve insanlar için kobalttan daha toksiktir (Ontario ME, 2001).

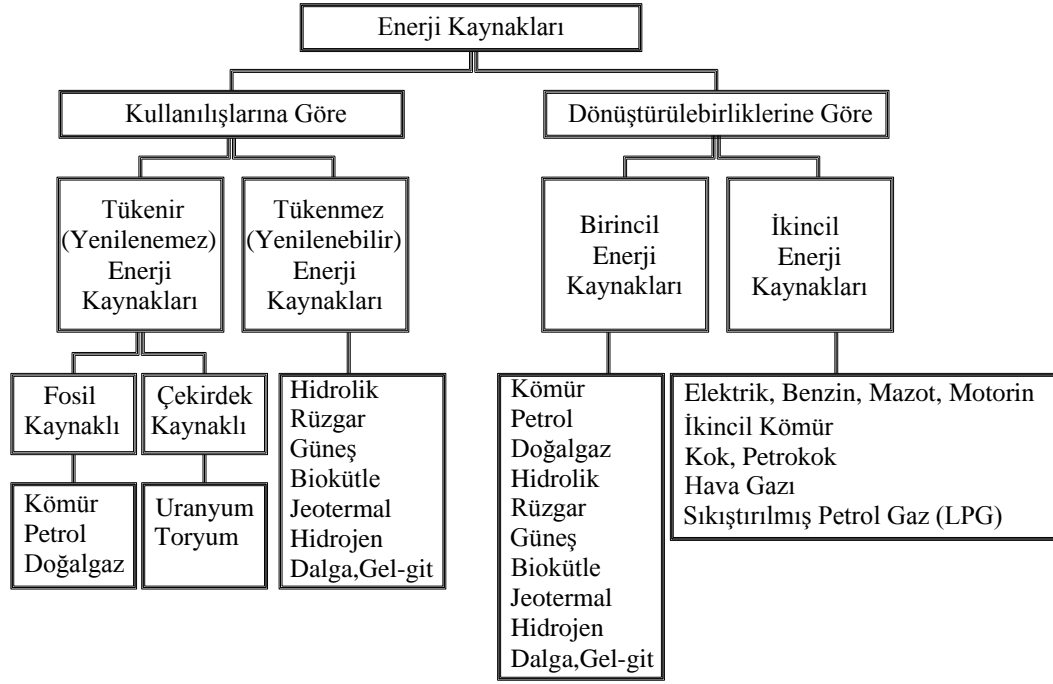
Eser miktarlarda kobalt, insan yaşamı için önemlidir. B-12 vitamininin bir parçasıdır ve vücut için gerekli olan bu vitaminin sentezinde kilit bir rol oynar. Kobalt ayrıca kırmızı kan hücrelerinin üretilmesine yardım ettiği için kansızlığın tedavisinde kullanılır. Kobaltın toksisitesi, topraktaki diğer birçok metale kıyasla oldukça düşüktür. Çok yüksek kobalt seviyelerine maruz kalma insan sağlığını olumsuz etkiler. Havada yüksek düzeydeki kobaltın solunması durumunda astım, zatürre ve hırıltı gibi akciğerlerde olumsuz etkileri vardır. Hayvanlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar, hamilelik sırasında yüksek kobalt konsantrasyonlarına maruz kalan hayvanlarda fetüsün gelişimi ile ilgili problemlerin ortaya çıktığını göstermiştir. Bununla birlikte, bazı hayvanların büyümesi ve gelişmesi için kobalt önemlidir. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı kobaltın insanlar için olası bir kanserojen olduğunu belirlemiştir. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar kobaltın doğrudan kas içine veya derinin altına yerleştiğinde kansere neden olduğunu göstermiştir. Kobalt havaya, yiyeceğe veya içme suyuna maruz kalan deney hayvanlarında kansere neden olmamıştır. Bitkiler, kobalt ile kirlenmiş topraklarda yetiştiğinde özellikle meyve ve tohum gibi yediğimiz bitki parçalarında çok küçük kobalt parçacıkları biriktirir. Madencilik ve eritme tesislerinin yakınında bulunan topraklar çok yüksek miktarda kobalt içerebilir, burada yetişen bitkiler insanlar tarafından yenildiğinde insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir (Ontario ME, 2001).

3. YAKITLAR

Dünya enerji talebinde devam eden artış endişe ile izlenmektedir. 1970-1997 yılları arasında, dünya enerji tüketiminin neredeyse iki katına çıktığı ve 2004-2030 yılları arasında % 57 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Dünya genelinde, toplam enerji kullanımının 2004 yılında 447 katrilyon Btu iken, 2030 yılında 702 katrilyon Btu'ya çıkacağı tahmin edilmektedir. Az gelişmiş ülkelerde, enerji tüketiminin OECD ülkelerinden üç kat daha hızlı artması beklenmektedir. Enerji tüketimi arttıkça kirlilik de artacaktır. Üretilen gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) doları başına kullanılan enerji miktarı, özellikle az gelişmiş ülkelerde düşmektedir. Az gelişmiş ülkelerde gayri safi yurtiçi hasıla başına kullanılan enerji miktarının düşmesi dışında, tüm dünyada enerji tüketimi yüksek olacaktır. Amerika Birleşik Devletleri, dünyada kullanılan enerjinin yaklaşık dörtte birini kullanırken, kişi başına düşen enerji kullanımında Japonya'nın neredeyse iki katından daha fazla ve az gelişmiş ülkelerin ise çok daha fazla katı kadar enerji kullanmaktadır. Fosil yakıtlar, dünyadaki enerji ihtiyacının yaklaşık % 90'ını karşılamaktadır. Dünyada çok sayıda kömür kaynağı olmasına rağmen petrol rezervleri giderek azalmaktadır. Her ne kadar uzman görüşleri farklı olsa da, çoğu uzman dünya petrol rezervinin yarısını bitirmeye yaklaştığımız konusunda hemfikirdir. Bu sebeple bundan sonra, petrol fiyatlarının hızla artması beklenmektedir. Kaya gazı gibi diğer petrol kaynakları ise petrole göre çevreye daha zararlıdır ve daha pahalıdır. Dünya nüfusunun yaklaşık yarısı fosil yakıt satın almamakta ya da çok küçük miktarlarda satın almaktadır. Fakir bireyler, atalarının yaptığı gibi ısınmada ve yemek pişirmede odun kullanmakta ve fosil yakıt kirliliğine katkıda bulunmamaktadır. Günümüzde bile dünyada tüketilen ahşabın % 60'ından fazlası yakıt olarak kullanılmaktadır. Çok az fosil yakıt kullanan ya da hiç kullanmayanlar, tarımsal atıklar ve kurutulmuş gübreyi yakıt olarak kullanmaktadır. Çin'de insanlar kalitesi oldukça düşük kömür kullanmaktadır, kalitesi oldukça düşük olan kömür genellikle insan zehirlenmelerine ve çevre sorunlarına sebep olmaktadır. Kömür madenciliği ve petrol geri kazanım işlemleri, yerel çevreyi ciddi şekilde

etkilemektedir. Kömür ile petrol yakılması ise çevreyi çok fazla kirletebilmektedir. Fosil yakıtların yakılması, çevresel küresel iklim değişikliği, asit birikimi, hava kirliliği ve ötrofikasyon gibi çevresel sorunları oluşturmaktadır (Hill, 2010).

Sanayi hammaddesi olan, ısıtıcı ve çevirici güç olarak kullanılan enerjinin elde edildiği enerji kaynakları, farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır (Şekil 3.1) (Koç ve Şenel, 2013).



Şekil 3.1: Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Koç ve Şenel, 2013; Koç vd., 2018).

Aslında doğadaki bütün enerji kaynakları yenilenebilir; fakat meydana gelişlerinin sebebi olarak yenilenmeleri için oldukça uzun süre gereken bazı enerji kaynaklarına yenilenemez enerji kaynakları denilmektedir (Yıldırım, 2016). Yenilenemez enerji kaynakları, yakın gelecekte tükenebileceği öngörülen; yenilenebilir enerji kaynakları ise yenilenemez enerji kaynaklarına göre uzak gelecekte tükenmeden kalabilecek, kendisini yenileyebilen enerji kaynaklarını ifade etmektedir. Birincil enerji, enerjinin herhangi bir değişim veya dönüşüme uğramamış şekli; ikincil enerji ise birincil enerjinin dönüştürülmesi sonucu elde edilen enerjidir (Koç ve Şenel, 2013).

Çalışma kapsamında incelenen Kırklareli’de sanayide ve konutlarda ısıtma için gerekli olan enerji katı, sıvı ve gaz halinde bulunan fosil yakıtlar olan kömür, fuel-oil ve doğalgazın yakılmasıyla elde edilir. Aşağıda fosil yakıtlar hakkında kısa bilgi verilmiştir.

3.1 Katı Yakıtlar

3.1.1 Kömür

Kömür, yüz milyonlarca yıl önce Dünya'nın bazı bölgeleri büyük bataklık ormanlarıyla kaplı olduğunda yaşamış ve ölmüş bitkilerin kalıntılarında oluşan fosil bir yakıttır. Kömürün yenilenemez enerji kaynağı olarak adlandırılmasının sebebi oluşumunun milyonlarca yıl sürmesidir. Bugün kömürden elde ettiğimiz enerji, bitkilerin yüz milyonlarca yıl önce güneşten absorbe ettiği enerjiden gelir. Tüm canlı bitkiler güneşten enerji depolar. Bitkiler öldükten sonra, bu enerji genellikle bitkiler çürürken serbest bırakılır. Bununla birlikte, belirli koşullar altında, depolanan güneş enerjisinin salınımı önlenerek çürüme yarıda kesilir. 100-400 milyon yıl önce, bataklığın dibine düşen bitkiler, kir ve su katmanları üst üste yığıldığından çürümeye başlamıştır. Bu tabakalardan gelen ısı ve basınç, kimyasal bir değişimin meydana gelmesine ve zaman içinde tortul bir kaya olan kömürün oluşmasına neden olmuştur (NEED, 2018).

Amerikan yerlileri, ilk yerleşimciler Yeni Dünya'ya gelmeden çok önce kömürü kullandılar. Hintliler kilden yaptıkları çömlekleri pişirmek için kömürü kullandılar. Avrupalı yerleşimciler, 1600'lerin ilk yarısında Kuzey Amerika'da kömürü keşfetti. İlk başta çok az kömür kullandılar, kömür yerine sömürge endüstrilerini güçlendirmek için su çarklarına ve odun yakmaya güvendiler. Kömür 1800'lerde bir güç merkezi oldu. İnsanlar mal üretmek, buharlı gemileri ve demiryolu motorlarını çalıştırmak için kömür kullandılar. Amerikan İç Savaşı döneminde, insanlar demir ve çelik yapmak için kömür kullandılar. 1800'lerin sonunda, insanlar elektrik üretmek için kömür kullanmaya başladılar. Günümüzde kömür, Amerika'nın enerji ihtiyacının % 14.6'sını sağlamaktadır. Dünyada üretilen elektriğin % 30.6'sı kömürlü enerji santrallerinde üretilmektedir (NEED, 2018).

Günümüzde ABD'de çıkarılan kömürün kabaca % 91'i elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Çelik ve demir endüstrisinde metalleri eritmek için kömür kullanılmaktadır. Diğer endüstri dallarında da kömür kullanılmaktadır. Kağıt, tuğla, kireçtaşı ve çimento endüstrilerinin tamamında ürünlerin imalatında kömür kullanılmaktadır. Günümüzde ABD'de evlerin ve binaların ısıtılmasında çok az miktarda kömür kullanılmaktadır (NEED, 2018).

Kömür, ABD kullanılan elektriğinin yaklaşık yarısını sağlar. Avrupa'da, on sekizinci yüzyılda odun giderek azaldığı için yoğun kömür kullanımı başlamıştır. Kömür kullanımı, batı ekonomileri sanayileşirken yıllar içinde yaklaşık 500 kat artmıştır. Batı uygarlığının temeli en kirli fosil yakıt olan kömür enerjisine dayanıyordu. Dünyada kömür rezervinin bol olması nedeniyle uzun yıllar kömürün kullanılmasına devam edilebilir. Kömürün piyasa fiyatında, çoğu üründe olduğu gibi, dışsal etkiler olarak adlandırılan çevresel etkiler dikkate alınmamaktadır. Diğer yakıtlara göre ucuz olan kömür, çevresel etkiler dikkate alındığında aslında çok pahalıdır (Hill, 2010).

Türkiye'nin enerji üretimi temelde fosil yakıtlara (kömür, petrol, gaz), suya (hidroelektrik) ve ayrıca az miktarda yenilenebilir enerjiye (rüzgar ve çok az miktarda jeotermal ve güneş enerjisi) dayanmaktadır. Türkiye'deki mevcut enerji üretiminin yaklaşık beşte biri kömür yakıtlı elektrik santralleri tarafından sağlanmaktadır. Halihazırda var olan kömür yakıtlı elektrik santrallerine ek olarak, yaklaşık 80 yeni kömür yakıtlı enerji santrali inşaatı planlanmaktadır. Tüm enerji kaynaklarının çevre ve insan sağlığı üzerinde çeşitli düzeylerde zararlı etkileri bulunmaktadır. Ancak kömür yakıtlı elektrik santralleri, kömürün elektrik santrallerinde yanmasından önce başlayan büyük çevresel etkiye sahiptir. Kömür madenleri genellikle açık olduğu için yeşil örtüyü tahrip etmesi sebebiyle ekolojik hasara ve görsel kirliliğe neden olur. Hava, su, toprak ve gürültü kirliliğinin yanı sıra, kömür madenciliği faaliyetleri ve minerallerin taşınması için kullanılan büyük araçlardan kaynaklanan, yollara ve iş kazalarında çevreye verilen hasarlar da dikkate alınmalıdır (Karababa, 2016).

Kömür yakıldığında, havayı kirletebilecek emisyonlar üretir. Emisyonlar da bir sera gazı olan karbondioksit üretir. Kömür yandığında, kükürt adı verilen bir kimyasal da salınır. Kükürt oksijenle karışır, nemle birleşince ağaçları ve suyu etkileyen asit yağmuru meydana getiren bir kimyasal olan kükürt dioksiti oluşturur. Kömür şirketleri kömürün çevresel etkilerini azaltmak için düşük kükürtlü kömür madenleri bulmak, kükürt ve diğer kirleticileri kömürden uzaklaştırmak için ciddi çalışmalar yapmaktadır. Enerji santralleri, kükürtün çoğunu kömür dumanından çıkarmak için temizleyici adı verilen makineler kurmakta, böylece kükürtün havaya karışmasını engellemektedir. Geçmişte kömürün yanmasından sonra kalan kül gibi yan ürünler çoğunlukla depolama alanlarında toplanırdı. Günümüzde ise bu yan ürünler yol

yapımı, çimento üretimi ve hayvan habitatları için okyanus resifleri yapmak için kullanılmaktadır (NEED, 2018).

3.2 Sıvı Yakıtlar

3.2.1 Petrol

Petrol, yüz milyonlarca yıl önce dinazorlar yaşamadan önce ölen minik deniz bitkileri ve hayvanlarının kalıntılarında oluştuğu için fosil yakıt olarak adlandırılır. Bitkiler ve hayvanlar öldüğünde, okyanusların dibine battılar, binlerce metre tortu ve kumla gömülerek kayaya dönüştüler. Zamanla bu organik karışım muazzam bir basınca maruz kaldı ve tabakalar arttıkça ısındı. Karışım kimyasal olarak değişti, hidrojen ve karbon atomlarından (hidrokarbonlardan) oluşan bileşiklere ayrıldı. Sonuç olarak, nemli ev süngeri gibi yağa doymuş bir kaya oluştu. Yeraltında gömülü olan tüm organik maddeler petrole dönüşmez. Dönüşümün gerçekleşebilmesi için kaya oluşumlarında belirli jeolojik şartlar mevcut olmalıdır. İlk olarak, malzemenin sızmasını engelleyen gözeneksiz bir kaya kaparı ve malzemenin yüzeye yükselmesini engellemek için bir conta görevi gören tuz veya kil olmalıdır. Bu şartlar altında bile, organik maddenin yalnızca yaklaşık yüzde ikisi petrole dönüşür. Tipik bir petrol rezervuarı çoğunlukla içinde yağın tutulduğu kumtaşı veya kireç taşıdır. İçindeki petrol, benzin kadar ince veya katran kadar kalın olabilir. Petrolün yenilenemeyen enerji kaynağı olarak adlandırılmasının sebebi, oluşumun yüz milyonlarca yıl sürmesidir (NEED, 2018).

İnsanlar binlerce yıldır doğal olarak mevcut olan ham petrolü kullandılar. Örneğin antik Çinliler ve Mısırlılar ışık üretmek için petrol yaktılar. 1850'lerden önce, Amerikalılar çoğunlukla ışık için balina yağı kullanıyorlardı. Balina yağı az olduğunda insanlar başka yağ kaynakları aramaya başladılar. Bazı yerlerde, petrol doğal olarak göl ve akarsuların yüzeyine sızıyordu. İnsanlar petrolü yağlandırarak gazyağı ürettiler. Gaz lambası yaygın olarak, elektrik ampulünün bulunmasından önce Amerika'nın evlerini aydınlatmak için kullanılıyordu. Gazyağı talebinin artmasıyla birlikte petrol sondajı arttı ve 1859'da petrol keşfedildi. Aydınlatma için petrol kuyucuğundaki petrol gazyağına rafine edildi. Rafine işlemi sırasında elde edilen benzin ve diğer ürünler insanlar tarafından bilinmediği için kullanılmayarak çöpe atılıyordu. 1892'de atsız araba ya da otomobil için benzin gerektiğinden bu

sorun çözüldü. 1920 yılında ABD’de dokuz milyona yakın motorlu taşıt vardı ve her yerde benzin istasyonları açılıyordu (NEED, 2018).

Günümüzde petrol rafinerileri, ham petrolü çeşitli yakıtlara ve yan ürünlere temizleyip, ayırmaktadır. Bu ürünlerin en önemlisi benzin olup, diğer bazı petrol ürünleri ise dizel, fuel-oil ve jet yakıtıdır. Ham petrolün damıtılması sonucunda genellikle % 30-40 benzin, % 20-40 dizel, % 20 ağır yakıtlar, % 20 ağır yağlar elde edilir (NEED, 2018).

Amerika Birleşik Devletleri’nde enerji kaynağı olarak en fazla petrol kullanılmaktadır. Petrol ürünleri olan benzin, gübreler, plastikler ve ilaçlar insanoğlu için çok sayıda fayda sağlamıştır. Diğer enerji kaynaklarında olduğu gibi petrol üretimi, dağıtımı ve tüketimi, hava ve su kirliliğine sebep olmaktadır. Petrolün çıkarılması için yapılan sondaj ve nakliyesi sırasında petrolün nehirlere veya okyanuslara dökülmesi durumunda yaban hayatı ve çevreyi tehlikeye atmaktadır. Sızıntı yapan yeraltı petrol depolama tankları yeraltı suyunu kirletebilir ve zararlı dumanlar oluşturabilir. Rafinerilerde petrolün işlenmesi hava ve su kirliliğine neden olabilir. Otomobillerde kullanılan benzin hava kirliliğine neden olmaktadır. Bakım sonrası otomobillerden boşaltılan atık yağların dikkatsizce bertaraf edilmesi bile nehirleri ve gölleri kirletebilmektedir. 1970’lerde temiz hava yasasının yürürlüğe girmesinden bu yana çevrenin korunmasında ciddi ilerlemeler kaydedilmiştir. Petrol şirketleri, hava ve suya bırakılan emisyonları azaltmak için rafinerileri yeniden tasarladı. Benzin daha temiz yanacak şekilde yeniden biçimlendirilerek havaya salınan kurşun, azot oksit, karbon monoksit ve hidrokarbon seviyeleri önemli ölçüde azaltıldı. Petrol üretimi, nakliyesi, dağıtımı ve tüketiminin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla sıkı düzenlemeler yapıldı. Petrole olan ihtiyacımız zorunlu şekilde devam etmektedir. Gelecek, petrol ürünlerine artan küresel talep, çevrenin korunmasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır (NEED, 2018).

3.2.1.1 Benzin

Benzin, ısı motoruna güç vermek için yaygın olarak araçlarda yakıt olarak kullanılan, enerji yoğun ikincil bir yakıttır. Benzin, ham petrol kademeli bir damıtma işlemi ile çeşitli petrol ürünlerine parçalandığında üretilir. Nihai ürün daha sonra benzin istasyonlarına boru hatları aracılığıyla dağıtılır. Benzin içten yanmalı motorlu

araçları çalıştırmak için gereklidir. Bu nedenle, benzin en çok kullanılan petrol ürünlerinden biridir. Benzinin kimyasal bileşimi, derecesine veya oktan oranına bağlı olarak değişir, ancak genel olarak, yanabilen hidrokarbonların bir karışımı olduğu söylenebilir. Benzinin oktan değeri, yakıtın kalitesini açıklar ve oktan değeri benzindeki iki bileşiğin oranlarını, izo-oktan, (oktan ile aynı kimyasal formüle sahip bir bileşik, ancak biraz farklı bir yapı ve özelliklere sahip) ve normal heptanı temel alır. Yakıttaki oktan miktarı arttıkça, oktan değeri büyür ve yakıt kalitesi yükselir (Donev vd., 2018).

3.2.1.2 Dizel

Dizel; otomobiller, kamyonlar ve dizel jeneratörler dahil olmak üzere birçok ısı motoruna güç vermek için kullanılan enerji yoğun ikincil bir yakıttır. Dizel, bir petrol türevi olabilir veya biyokütleden üretilir. Dizelin kendisi, $C_{10}H_{20}$ (dekan) ile $C_{15}H_{28}$ arasında değişen bir hidrokarbon karışımıdır. Dizel, özellikle nakliyyede çoğunlukla yakıt olarak kullanılır. Benzinden daha yüksek bir yoğunluğa sahip olduğu için aynı hacimli dizel, benzinden daha fazla enerjiye sahiptir. Bu durum, dizel motorların çok daha yüksek sıkıştırma oranlarına sahip olmasına izin vermesi gerçeğiyle birleştiğinde, dizel motorların benzinli emsallerinden daha fazla enerji verimli olmasını sağlar. Dizel yakıtın petrodizel ve biyodizel olmak üzere iki türü vardır. Petrodizel, petrolden elde edilen dizel için kullanılan addır. Petrodizel genellikle ondan kükürt çıkarmak için rafine edilmelidir. Biyodizel ise biyokütleden üretilen dizel türüdür. Biyodizel petrodizelden daha düşük emisyonu sahiptir; çünkü biyokütle büyüdüğünde saldıği karbon atmosferden alınırken; petrodizel tarafından salınan karbon milyonlarca yıldır dünyada depolanmaktadır (Donev vd., 2017).

3.2.1.3 Fuel-Oil

Fuel-oil, temel olarak ham petrolün damıtılması ile oluşan artıklardan meydana gelen yakıt türüdür. Fuel-oilin genel kullanım alanları enerji santralleri, gemiler ve endüstriyel tesislerin buhar kazanlarıdır. Ticari akaryakıtlar genellikle istenen viskoziteyi ve parlama noktasını elde etmek için diğer petrol türevleri ile harmanlanır. Parlama noktası genellikle gaz yağından daha yüksektir (Donev vd., 2017).

3.3 Gaz Yakıtlar

3.3.1 Doğal Gaz

Milyonlarca yıl önce, bitkilerin ve hayvanların kalıntıları çürüyüp, kalın katmanlarda toplanmıştır. Bitki ve hayvanlardan çürümüş olan bu madde esas olarak karbondan oluşur ve organik malzeme olarak adlandırılır. Zamanla, çamur ve toprak kayaya dönüştü, organik malzemeyi kapladı ve kayaların altına hapsetti. Basınç ve ısı, bu organik malzemenin bir kısmını kömür, bir kısmını petrol ve bir kısmını da kokusuz küçük gaz kabarcıklarına yani doğal gaza dönüştürdü (Bakar ve Ali, 2010).

Doğal gaz, geçirimsiz tabakalarla kaplanmış gözenekli kaya rezervlerinde (genellikle kum veya kumtaşı) meydana gelen gaz halindeki hidrokarbonların bir karışımıdır. Genellikle tortul birikintilerde organik maddenin ayrışmasında ortak bir kökene sahip olduğu için petrol ile ilişkilendirilir. Doğal gaz, büyük ölçüde metan (CH_4) ve etandan (C_2H_6) oluşur; ayrıca propan (C_3H_8) ve bütan (C_4H_{10}) (şişelenmiş gaz için ayrılır), bazı yüksek alkanlar (C_5H_{12} ve üzeri) (benzin için kullanılır), azot (N_2), oksijen (O_2), karbondioksit (CO_2), hidrojen sülfür (H_2S) ve bazen de değerli helyum (He) içerir. Endüstriyel ve evsel bir yakıt olarak, ayrıca karbon siyahı ve kimyasal sentez yapmak için kullanılır. Doğal gaz, uzun boru hatları ile veya sıvı olarak soğutmalı tankerlerde taşınır. Doğal gaz, yanıcı bir hidrokarbon gaz karışımıdır ve yakıldığında çok miktarda enerji ortaya çıkar. Evleri ısıtmak, yemek pişirmek ve elektrik üretmek için sürekli enerjiye ihtiyacımız vardır. Bununla birlikte, diğer fosil yakıtların aksine, doğal gaz temiz şekilde yanmaktadır ve havaya daha az miktarda zararlı yan ürünler göndermektedir. Yaşamımızı devam ettirmek için ihtiyacımız olan enerjiyi karşılamak için doğal gaz kullanma zorunluluğu, doğal gazı bu kadar önemli bir hale getirmiştir (Bakar ve Ali, 2010).

Tüm enerji kaynakları arasında en temiz, en güvenli ve en kullanışlılarından biri olan doğal gaz, saf haliyle renksiz, şekilsiz, kokusuz, zehirsiz bir gazdır. Doğal gazın teneffüs edilmesi durumunda canlılar için öldürücü bir etkisi yoktur. Doğal gaz kapalı bir ortamda biriktiği zaman oksijen yetersizliği nedeniyle canlıların boğulma riski vardır (Bakar ve Ali, 2010).

Doğal gaz, kömür ve petrole kıyasla daha az kirletici maddeye sahiptir, daha temiz yanar ve doğal gaz enerji birimi başına kömürün yaklaşık yarısı kadar CO_2 üretir. Bununla birlikte, kömür ve petrolde olduğu gibi, yanan doğal gaz NO_x üretir ve

NOx'i kontrol etmek için düşük NOx'lu brülörler gereklidir. Farklı bir sera gazı olan metan, doğal gazın ana bileşeni olup, doğal gaz sızdığında birçok soruna sebep olmaktadır. Doğal gaz, göreceli temizliği nedeniyle, dünya çapında elektrik üretimi için hızla büyüyen bir enerji kaynağıdır. Amerika Birleşik Devletleri'nde 1997 yılına kıyasla 2020 yılında doğal gaz kullanımı iki katına çıkacak olmasına rağmen, elektrik üretimde halen doğal gazın dört katı kadar kömür kullanılmaktadır. Kömür gibi, doğal gaz da yenilenemez bir enerji kaynağıdır ve birkaç çeşit doğal gaz kaynağı vardır. Bunlara erişmek ciddi çevre sorunlarına neden olabilir. Doğal gazın taşınması, dönüştürülmesi ve kullanımı sırasında sızıntılar meydana gelmesinden dolayı yıkıcı patlamalar meydana gelmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde konutlarda her yıl arızalı doğal gaz fırınları nedeniyle yüzlerce karbon monoksit kaynaklı ölüm yaşanmaktadır. Bu tür kazalar diğer yakıtların kullanıldığı fırın türlerinde görülse de, doğal gazlı fırınlarda daha fazla ve sık görülmektedir (Hill, 2010).

4. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İnsan nüfusunun ve sanayileşmenin artması ile birlikte her geçen gün hava, su ve toprağın kirlenerek, büyük bölümünün kullanılamaz hale gelmesi, doğal kaynakların hızla tükenmesi, araç sayısı ve trafik yoğunluğunun artması ve bunlara ek olarak ağır metaller etkisiyle doğal dengenin bozulması, beraberinde çevre sorunlarını meydana getirmiş, bu sorunların azaltılması ve çözümüne yönelik birçok araştırma yapılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, bu konu ile ilgili önceden yapılmış çalışmalar hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

Karademir ve Toker (1998) çalışmalarında, Ankara ilinde bazı kavşaklarda peyzaj amaçlı yetiştirilen çim bitkilerinde, egzoz gazlarından kaynaklı kurşun (Pb) birikimini, 6 ay boyunca incelemişlerdir. Çalışma kapsamında bitkilerden alınan yaprak ve kök numuneleri çözeltiye alınmış ve AAS (Atomik Absorpsiyon Spektrofotometri) ile kurşun miktarları ölçülmüştür. Çalışmada elde edilen sonuçlar kurşun kaynaklı kirlenmenin Ankara'da sürekli arttığını göstermiştir.

Öncel vd. (2004) çalışmalarında, İstanbul-Sakarya arasındaki oto yolların kenarlarında yetişen mısır filizleri ve topraktaki Pb (kurşun) kirliliğini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında yapılan ölçüm değerleri rampa ve kavşaklarda, ayrıca fabrika yakınlarında kurşun konsantrasyon değerinin yüksek olduğunu göstermiştir.

Chen vd. (2005) çalışmalarında, Çin'in Pekin şehir merkezinde bulunan 30 farklı parktan aldıkları toprak numunelerinde ağır metal konsantrasyonlarını (Cu, Ni, Pb, Zn) araştırmışlardır. Çalışma kapsamında toprak numunelerinde yapılan ölçüm sonuçlarına göre Pb ve Cu miktarlarının yüksek olduğunu, Zn ve Ni miktarlarının ise oldukça düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Önder ve Dursun (2005) çalışmalarında, Konya ve çevresindeki sanayi bölgeleri ile ana yolların çevresinde yetişen sedir ağaçlarının yapraklarında ve toprakta biriken ağır metalleri incelemişlerdir. Çalışma sonucunda genç ağaç yapraklarında daha az

ağır metal kirliliği olduğu ve yaşı ağaçlarda ise genç ağaçlara göre daha fazla ağır metal kirliliği olduğu tespit edilmiştir.

elik vd. (2005) alışmalarında, Denizli merkezindeki yollarda, sanayi bölgelerinde ve evre yollarda akasya ağaçlarının yapraklarında ve topraktaki ağır metal konsantrasyonlarını (Fe, Pb, Zn, Cu, Mn, Cd) incelemişlerdir. Çalışma kapsamında yapılan ölçümler sonucunda Şehir içi trafiğinin yoğun olduğu alanlarda ve sanayi bölgelerinde Pb ve Cu değerlerinin yüksek seviyelerde olduğunu tespit etmişlerdir.

Coşkun vd. (2006) alışmalarında, Trakya Bölgesi'nde Eylül 2001'de 73 alanda 0-10 cm derinlikten toprak numuneleri toplamışlardır. Tüm numuneler otoyollardan en az 300 metre, diğer yollardan ise 50 metre uzaklıktan toplanmıştır. Çalışmada açık, ekilmemiş ve düz arazi alanları seçilmiştir. Bu bölge toprakları için As, Ba, Br, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Eu, Fe, Hf, I, In, K, La, Mn, Mo, Na, Nd, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, U, V ve Zn elementlerinin konsantrasyon değerleri ilk kez rapor edilmiştir.

Güney (2006) alışmasında, İstanbul'un Anadolu Yakası'nda ana arterler ve otoyol kenarlarında 20 farklı noktadan toprak yüzeyinden 20 cm derinlikten ve yol kenarı tozlarından örnekler alarak, seçilmiş ağır metal düzeylerini belirlemiştir. Çalışma kapsamında elde edilen verileri Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) programları ile işleyerek tüm yarımadaadaki kirlilik dağılımını elde etmiştir.

Al-Khashman ve Shawabkeh (2006) alışmalarında, Ürdün'n Qadisiya bölgesindeki imento fabrikası çevresinde 31 toprak örneğini iki farklı düzeyden (0-10 cm ve 10-20 cm derinlikten) toplamışlardır. Çalışma kapsamında toplanan toprak örneklerindeki Pb, Zn, Cd, Fe, Cu, Cr metallerinin konsantrasyon değerleri belirlenmiştir.

Akbar vd. (2006) alışmalarında, İngiltere Kuzey ve Batı Yorkshire'de farklı yollar boyunca 35 yol kenarı sahasından 10-15 cm derinlikten toprak örnekleri almışlardır. Toplanan toprak örneklerinde Cd, Cu, Pb ve Zn metallerinin konsantrasyonları belirlenmiştir.

Keleş (2007) alışmasında, Şehir merkezindeki Alaadin Tepesi, Alaadin Keykubat Kampüsü ve 6 farklı Őehirlerarası yol güzergahı üzerindeki am ağaçları ve toprak örnekleri bünyesindeki ağır metal kirliliğini (Pb, Zn, Cu, Co, Ni) araştırmıştır. 40 adet toprak ve 40 adet bitki üzerinde yapılan analizler sonucunda trafik

yoğunluğunun fazla olduğu kavşak noktaları ve trafik lambaları olan bölgelerde diğer bölgelere göre ağır metallerin değerlerinin yüksek olduğu, bitkilerin bünyesinde toprağa nazaran daha yüksek oranda ağır metal bulunduğu tespit edilmiştir.

Papastergios vd. (2007) çalışmalarında, Yunanistan'ın Kavala şehrinde 0-20 cm derinlikten 65 tane ekilmemiş yüzey toprak örneği toplamıştır. Antropojenik etkilere karşı ekilmemiş yüzey toprağı seçilmiştir. Toprak örneklerinde Ag, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn metallerinin ortalama konsantrasyonları belirlenmiştir.

Bakırdere ve Yaman (2008) çalışmalarında, Elazığ ilinde yol kenarındaki toprak ve bitkilerde kurşun, bakır ve kadmiyum konsantrasyonunu araştırmışlardır. Çalışmalarında toprak numunelerini yol kenarından 0, 25 ve 50 metre mesafeden almışlardır. Çalışma sonucunda toprak ve bitkilerde ciddi kurşun kirliliği meydana geldiğini belirlemişlerdir.

Kocabaş (2008) çalışmasında, Edirne'de şehir merkezinde yol kenarındaki topraklarda, As, Cd, Pb, Fe, Hg, Mn, Cu, Ni, Cr ve Zn içeriklerini belirlemiştir. Bütün numuneler 2006 yılı Temmuz ve Ekim aylarının ikinci cumartesi günü, 2007 yılı Ocak ve Nisan aylarının ikinci cumartesi günü toplanmıştır. Toprak numuneleri 8 farklı bölgeden yol kenarından 1, 5 ve 10 m uzaklıkta ve 0-10 cm ile 10-30 cm derinlikten alınmıştır.

Özkul (2008) çalışmasında, Kocaeli ili İzmit ilçesi topraklarının üst yüzeyindeki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amacıyla 16 bölgeden alınan numunelerde çevre açısından önem arz eden Cu, Pb, Zn, Ni, Co, As, Cd, Cr, Hg, Se elementlerinin konsantrasyonlarını ölçülmüştür. Çalışma kapsamında yapılan ölçüm sonuçlarına göre Cu, Zn, Ni ve Co elementlerinin konsantrasyon değerlerinin yer yer yönetmelikte izin verilen sınır değerlerin üstüne çıktığı, diğer element konsantrasyonlarının yönetmelik sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Marjanović vd. (2009) çalışmalarında, Ocak ve Şubat 2008'de Belgrad'ın (Sırbistan) kentsel bölgelerindeki parklardan ve yeşil alanlardan 15 bölgeden toprak örnekleri almışlardır. Lokasyonların çoğu ana parklar ve Belgrad'ın merkez bölgesindeki yeşil alanlar içinden seçilmiştir. Çocuk oyun alanından bir örnek, cadde veya kavşağın yakınında bir veya iki örnek, her yer 2 veya 3 örnekle temsil edilmiştir. Her örnekleme noktasında, üç alt örnek 0-10 cm katmandan, toplu kompozit numune elde

etmek için alınmış ve karıştırılmıştır. Örnekleme noktalarında Cd, Co, Cu, Pb, Mn ve Zn elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir.

Sarı (2009) çalışmasında, Edirne ili sınırlarındaki otoyol kenarındaki topraklarda bazı ağır metallerin kirliliğini belirlemek amacıyla Edirne ili Merkez ilçe ve Havsa ilçesinden 56 farklı yerden toprak örnekleri almıştır. Çalışma sonuçlarına göre topraklar nötr pH'da ve tuzsuz özellikte olup, incelenen topraklarda kadmiyum, krom ve nikelin kirlilik oluşturmadığı; ancak kobaltın kirliliğe sebep olduğu ve kurşun kirliliğinin çok önemli miktarlarda olduğu saptanmıştır.

Kalebaşı ve Kocabaş (2010) çalışmalarında, Edirne ili otoyol kenarındaki topraklarda Pb, Cu, Ni ve Zn içeriğini belirlemek için Temmuz 2006 ve Nisan 2007 yılları arasında 8 bölgeden toplamda 384 tane toprak örneği toplamışlardır. Çalışmada toprak numuneleri yol kenarından 1, 5 ve 10 m mesafeden, 0-10 cm ve 10-30 cm derinlikten alınmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar ile diğer ülkelerdeki şehirler için yapılan benzer çalışmaların sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçları, ağır metal konsantrasyonunun toprak üst yüzeyinden derinlere inildikçe azaldığını göstermiştir.

Fagbote ve Olanipekun (2010) çalışmalarında, Nijerya Agbabu'da kuru mevsimde 32 adet ve yağışlı mevsimde 32 adet olmak üzere toplamda 64 adet toprak örneği toplamışlardır. Çalışma kapsamında toplanan toprak örneklerinde Cu, Mn, Cr, Zn, Pb ve Ni elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Hem kuru hem de yağışlı mevsimlerde toprağın sadece orta derecede Cu, Mn, Cr, Zn, Pb ve Ni tarafından kirletildiği tespit edilmiştir.

Demirayak vd. (2011) çalışmalarında, trafik yoğunluğu ve fosil yakıtların kullanımı sonucu kirliliğe maruz kalan Samsun il merkezi ve çevresinde (Atakum'da) seçilen bazı doğal, egzotik ağaç ve çalıların yaprak, iğne yaprak ve dallarında Kasım 2007-Ağustos 2008 tarihleri arasında bazı ağır metallerin (Pb, Cd, Zn ve Cu) düzeyi ve bu türlerin biyomonitör özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışılan türler arasında ağır metaller yönünden istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Oliveira vd. (2011) çalışmalarında, Brezilya'nın Fernando de Noronha okyanus adasındaki farklı volkanik kayalardan geliştirilen beş toprak profilini incelemiştir.

Pak (2011) çalışmasında, Kırklareli TEM Otoyolunun kenarlarındaki tarım arazilerinde seçilmiş bazı ağır metallerin oluşturduğu kirliliği belirlemek için

Lüleburgaz ve Babaeski ilçelerinden 50 farklı noktadan toprak numuneleri almıştır. Çalışma sonuçlarına göre toprak numunelerin tamamının pH değerlerinin hafif alkali olduğu saptanmıştır. Toprak numunelerde yapılan analiz sonuçlarına göre topraklarda kadmiyum, kobalt, krom ve nikel kirliliği tespit edilmemiş; ancak kurşun kirliliği saptanmıştır.

Yaylalı Abanuz (2011) çalışmasında, Gebze'de 5-10 cm derinlikte yüzeydeki kirlenme giderildikten sonra dış yüzeyden toplam 57 toprak örnek alınmıştır. Toprak örneklerinde Cd, Cr, Cu, As, Pb, Mn, Zn ve Hg elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir.

Machender vd. (2011) çalışmalarında, Hindistan'ın Haydarabad şehrinin kuzeybatı kesiminde Balanagar sanayi bölgesinde toplanan toprak örneklerinde kentleşme ve sanayileşmeden dolayı ağır metal kirliliğini değerlendirebilmek için Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Y, Zn, Zr konsantrasyonları belirlenmiştir.

Ekmekyapar vd. (2012) çalışmalarında, Tekirdağ Çorlu-Çerkezköy karayolu çevresinden 36 adet toprak ve bitki örnekleri toplamış, topladıkları örnekleri ağır metal içerikleri bakımından analiz etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre incelenen bölgedeki toprakların kurşun ile kirlenmiş olduğu görülmüştür.

Bilge ve Çimrin (2013) çalışmalarında, trafikten dolayı Mardin İli Viranşehir-Kızıltepe kara yolu çevresindeki topraklarda meydana gelen ağır metal kirliliğini belirlemek, topraktaki ağır metal birikiminin kara yoluna olan mesafe ile değişimini ortaya koyabilmek için kara yolunun her iki yanından 2 km'lik mesafeden 6 farklı noktadan 0, 15, 30 ve 60 m uzaklıklarda, 0-15 cm derinlikten dört tekrarlı 96 toprak numune toplamıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, Cd, Cu, Cr, Ni ve Pb ağır metallerin konsantrasyonları yönetmeliklerde toprak için izin verilen sınır değerlere yaklaşmamaktadır.

Golekar vd. (2013) çalışmalarında, Hindistan'da 19 örnekleme noktasından alınan toprak örneklerinde Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Toprak örnekler 2010 yılında muson mevsimi sonrası ve 2011 yılında muson mevsimi öncesi, 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Antropojenik etki ve çalışma alanı topraklarının eser elementlerle kirlenmesi jeobirikim endeksi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Likuku vd. (2013) çalışmalarında, Güney Afrika Selebi Phikwe’de toprak örnekleri 0-10 cm derinlikten alınmıştır ve Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Çalışma sonuçları, sahadaki toprakların Cu ve Ni ile bir hayli kirlendiğini, Fe, Mn, Pb ve Zn ile orta derecede kirlendiğini, ancak Co ile düşük kirlenme belirtileri bulunduğunu göstermektedir.

Guan vd. (2014) çalışmalarında, Çin Tianjin’de 2005 yılında 85 noktadan alınan toprak örneklerinde As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, and Hg elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir.

Ripin vd. (2014) çalışmalarında, Malezya’nın Perlis çevresindeki 18 istasyondaki topraklardan 0-15 cm derinlikte toplanan toprak örneklerinde Cu, Cr, Ni, Cd, Pb elementlerinin konsantrasyonlarını incelemişlerdir.

Qing vd. (2015) çalışmalarında, Çin’deki bir çelik sanayi bölgesindeki kentsel topraklarda 3 farklı bölgeden 0-10 cm derinlikten 115 toprak örneği almışlardır. Çalışma kapsamında toplanan toprak örneklerinde Cr, Cd, Pb, Zn, Cu, ve Ni metallerinin analizi gerçekleştirilmiştir.

Karakoyun ve Osma (2015) çalışmalarında, Erzincan şehir merkezinde 5 farklı bölge ve kontrol bölgesi olmak üzere toplamda 6 farklı bölgeden sarıçam bitkisinden kabuk, dal ve toprak örnekleri alarak, ağır metallerin birikimini araştırmışlardır. Toplanan bitki ve toprak örneklerinde ağır metal konsantrasyonları belirlenmiş, şehir merkezi ve kontrol bölgelerinden elde edilen verilerin istatistik analizleri yapılarak, incelenen bölgeler arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

Khalilova ve Mammadov (2016) çalışmalarında, Azerbaycan’ın Absheron Yarımadası’ndaki çalışma bölgesinde, petrol sahalarından 25 adet ve Bakü-Markadan otoyoluna 10 m mesafe içinden 17 adet olmak üzere iki farklı bölgeden toplamda 42 adet toprak örneği 0-20 cm derinlikten almışlardır. Çalışma kapsamında toplanan örneklerde As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir.

Tripathee vd. (2016) çalışmalarında, Nepal’in Langtang Milli Parkı’ndan 2014 Eylül ayı boyunca beş alandan 36 toprak örneği almışlardır. Bu beş örnekleme alanın dördünde iki derinlikten (0-10 cm ve 10-20 cm), birinde yüksek rakımda sığ toprak derinliği nedeniyle bir derinlikte (0-10 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak

örneklerinde V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb elementlerinin en düşük, ortalama ve en yüksek konsantrasyon değerleri belirlenmiştir.

Özkan (2017) çalışmasında, Antakya-Cilvegözü uluslararası kara yolu çevresindeki tarım arazilerinin ve bitkilerin, trafikten ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan ağır metal kirliliğini, toprak ve bitkilerdeki ağır metal miktarının değişiminin kara yoluna olan mesafe ile olan ilişkisini belirlemek için trafik yoğunluğu dikkate alınarak karayolunun 8 farklı örnekleme noktasının sağ ve solundan 25, 100, 500 m mesafeden ve 1 km uzaklıktan, 0-30 cm derinlikten toplamda 64 tane toprak numune ve incelenen topraklarda yetişen bitkilerden 12 tane örnek almıştır. Araziden toplanan toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal miktarı belirlenmiştir.

Mehr vd. (2017) çalışmalarında İran'ın İsfahan bölgesindeki 23 şehirde Temmuz 2011'de her kentte bahçe, park, yol kenarı, yerleşim alanı, ana kavşak ve meydanlardan toplam 83 toprak örneği toplamışlardır. Çalışma kapsamında, kentsel topraklardaki bazı ağır metallerin içeriği incelenmiştir.

Çelebi ve Gök (2018) çalışmalarında, nüfus artışına bağlı olarak artan araç sayısı ve trafik yoğunluğu ile birlikte otoyol kenarlarında yer alan toprakların kirlilik durumu üzerine Türkiye ve yurtdışında yapılmış çalışmaları, kirleticilerin kaynaklarını ve dağılımını incelemişlerdir.

Amouei vd. (2018) çalışmalarında, İran'ın Babol şehrinde farklı kentsel ve kırsal bölgelerden, 5 istasyondan alınan 50 toprak örneğinde As, Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, and Co metallerinin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir.

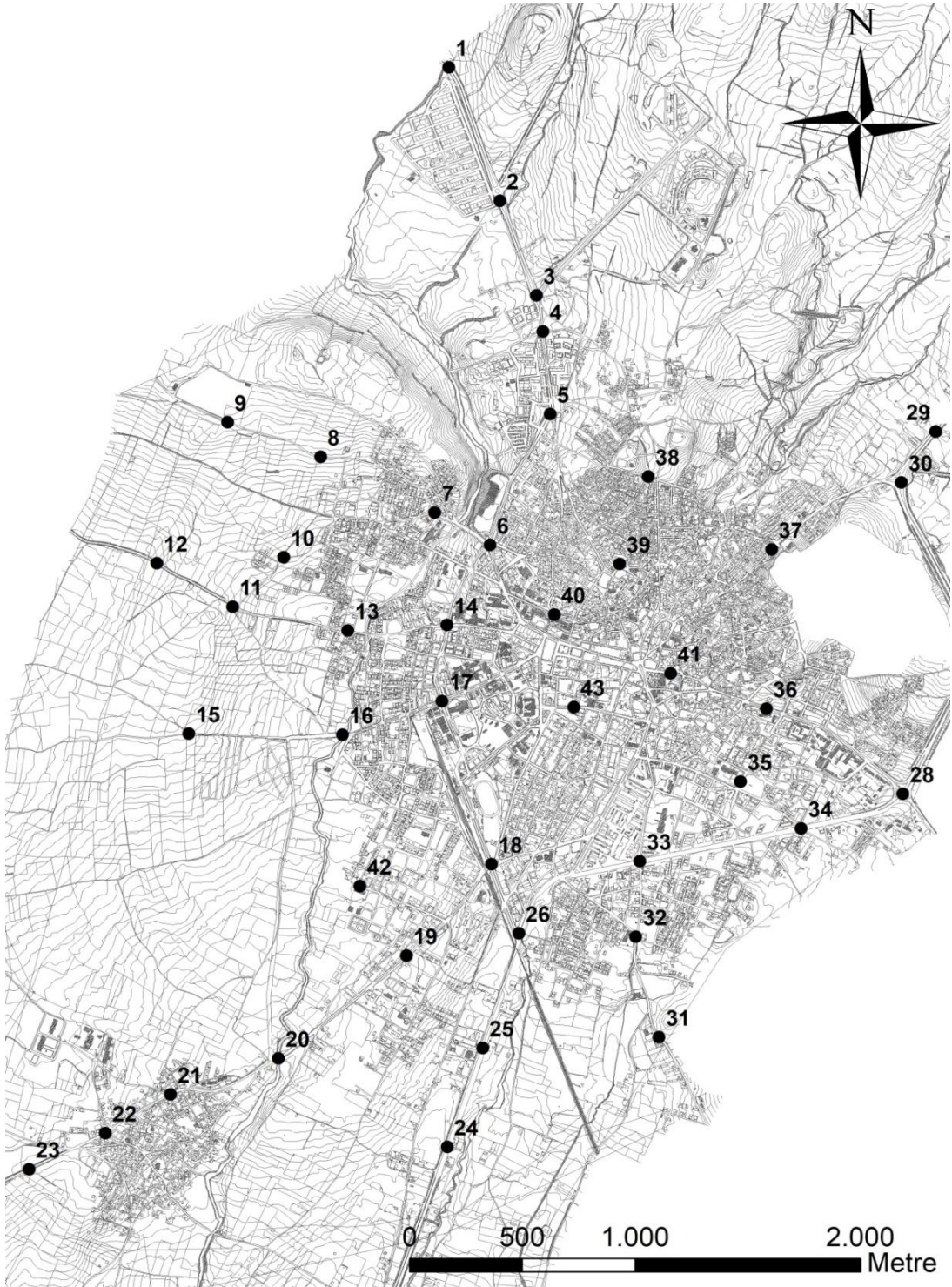
Torlak (2018) çalışmasında, Kırklareli ili içerisinde yer alan iki farklı pH ortamına sahip tarım arazilerinden toplanan ayçiçek bitki aksamaları ve ayçiçeklerin yetiştiği toprak örneklerinde, herbisit olarak kullanılan İmazamoks kalıntı düzeyleri ve olası muhtemel ağır metallerin (Pb, Cd, Cu, Co, Ni, As, Hg ve Se) konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır.

5. MATERYAL ve METOD

5.1. Kırklareli Hakkında Bilgi

Kırklareli ili Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesi'nin Trakya kısmında yer almaktadır. Sınır şehri olan Kırklareli'nin komşuları kuzeyde Bulgaristan, kuzeydoğuda Karadeniz, güney ve güneydoğuda Tekirdağ, batıda Edirne'dir. Bulgaristan ile 180 kilometrelik kara sınırı olan Kırklareli'nin Karadeniz'e olan sınırı 60 kilometredir. Kırklareli şehir merkezinin rakımı 203 metredir. Kırklareli'nin şehir merkezi ve denizden uzak iç kesimlerinde karasal iklim, Yıldız Dağları'nın Karadeniz'e bakan kesimlerinde Karadeniz iklimi görülmektedir (ÇŞİM, 2016; 2017). Kırklareli'de il geneli nüfusu 360860 kişidir. Merkez ilçenin nüfusu ise 102909 kişidir. Şehir merkezinde yaşayan insanların sayısı 79093 kişidir (TÜİK-2019). Kırklareli'nin yüzölçümü 6550 km²'dir. Kırklareli'deki arazi varlığının % 40'ı orman, % 39'u tarım arazisi, % 16'sı ise tarım dışı arazi, % 5'i meradır. Kırklareli genelinde tarımsal üretim halen önemini korusa da sanayi üretimi de gelişme göstermektedir. Kırklareli'de sanayi Lüleburgaz ilçesinde ve D-100 karayolu çevresinde yoğunlaşmakta ve sanayi faaliyetleri her geçen gün artmaktadır. Kırklareli ili Türkiye'de imalat sanayi gelişmişlik sıralamasında 14. sırada bulunmaktadır. Kırklareli'de 1'i özel 4'ü organize sanayi bölgesi ve 6'sı küçük sanayi sitesi olmak üzere toplamda 807 sanayi tesisi bulunmaktadır. Kırklareli'de gıda, cam, ilaç, tekstil, metal ve taş toprak sanayinde üretim yapan Türkiye'nin köklü tesisleri bulunmaktadır. Kırklareli ili Pınarhisar ilçesi, Akören ve Poyralı köyleri civarında linyit kömürü çıkarılmaktadır. Ayrıca; merkez ilçeye bağlı Çukurpınar, Demirköy ilçesine bağlı Sarpdere ve Pınarhisar ilçesine bağlı Yenice köyleri civarında mermer çıkarılmaktadır. Kırklareli'de altın, bakır, demir, molibden gibi metallerin yanı sıra endüstri üretiminde hammadde olarak kullanılan kil, kalker, dolomit vb. bulunmaktadır. Kırklareli'de Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) tarafından az miktarda petrol ve doğal gaz çıkarılmaktadır (ÇŞİM, 2016; 2017).

Çalışma kapsamında toprak örnekleme için Kırklareli şehir merkezinde belirlenen 43 tane örnekleme noktası, Şekil 5.1'deki harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: Örnekleme noktaları.

Kırklareli ilinde 2015 ve 2016 yıllarında sanayide kullanılan katı yakıtların cinsi ve özellikleri Çizelge 5.1’de, 2015 ve 2016 yıllarında konutlarda evsel ısınmada kullanılan katı yakıtların cinsi ve yakıtların özellikleri sırasıyla Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.1: Kırklareli ilinde, 2015 ve 2016 yıllarında sanayide kullanılan katı yakıtların cinsi ve yakıtların özellikleri (ÇŞİM, 2016; 2017).

Yıl	Yakıtın Cinsi	Tüketim Miktarı (ton)	Yakıtın Özellikleri				
			Alt Isıl Değeri (kcal/kg)	Uçucu Madde (%)	Toplam Kükürt (%)	Toplam Nem (%)	Kül (%)
2015	Kalsine edilmemiş Petrol koku	143 420.38	8 470.00	11.90	5.40	5.89	0.51
2016	Kalsine edilmemiş Petrol koku	153 420.38	8 470.00	11.90	5.40	5.89	0.51

Çizelge 5.2: Kırklareli ilinde 2015 yılında evsel ısınmada kullanılan katı yakıtların cinsi ve yakıtların özellikleri (ÇŞİM, 2016; 2017).

Yakıtın Cinsi	Tüketim Miktarı (ton)	Yakıtın Özellikleri				
		Alt Isıl Değeri (kcal/kg)	Uçucu Madde (%)	Toplam Kükürt (%)	Toplam Nem (%)	Kül (%)
Yerli	3 101.28	5 372.00	39.76	1.50	24.05	17.78
İthal	155.55	6 539.00	27.33	0.42	6.93	14.35
İthal	328.64	7 529.00	25.65	0.22	6.40	5.70
İthal	658.50	7 973.00	16.28	0.29	3.68	3.96
Yerli	1 376.80	6 232.00	41.21	1.15	13.01	12.49
Yerli	2 260.80	6 110.00	39.77	1.03	19.90	8.42
Yerli	119.00	6 379.00	35.32	1.15	17.75	12.85
İthal	593.45	6 754.00	26.30	0.51	7.48	12.39
İthal	63.00	7 885.00	20.30	0.41	3.03	4.65
Yerli	1 118.90	6 573.00	27.38	0.48	12.26	11.04
Yerli	111.88	5 183.00	---	1.02	14.91	16.99
Yerli	5 035.10	6 282.00	34.88	0.65	14.42	10.51
İthal	145.00	7 149.00	20.54	0.31	5.90	9.77
Yerli	83.00	5 510.00	---	0.83	19.45	17.45
Yerli	223.80	5 565.00	33.13	1.29	12.39	19.35
Yerli	2 962.58	6 333.00	38.13	1.05	20.00	7.79
İthal	48.60	7 340.00	26.23	0.29	2.18	7.58
İthal	388.50	7 439.00	22.14	0.69	3.42	8.52
Yerli	1 487.12	5 155.00	41.46	0.89	18.21	16.42
İthal	20.00	7 633.00	23.91	0.32	6.05	5.48
Yerli	1 109.50	5 997.00	47.74	1.43	20.00	6.68
İthal	153.00	7 352.00	25.54	0.32	5.10	7.22
Yerli	1 762.70	6 105.00	40.55	0.68	20.00	8.11
İthal	1 606.60	7 483.00	24.76	0.53	8.51	5.38
Yerli	8.00	6 099.00	---	1.59	21.37	7.83
Yerli	4 900.70	6 263.00	42.21	1.06	14.28	9.78
Yerli	2 278.56	5 526.00	---	0.73	18.13	18.74
Yerli	5 665.70	5 811.00	46.57	1.99	24.70	9.27

Çizelge 5.3: Kırklareli ilinde 2016 yılında evsel ısınmada kullanılan katı yakıtların cinsi ve yakıtların özellikleri (ÇŞİM, 2016; 2017).

Yakıtın Cinsi	Tüketim Miktarı (ton)	Yakıtın Özellikleri				
		Alt Isıl Değeri (kcal/kg)	Uçucu Madde (%)	Toplam Kükürt (%)	Toplam Nem (%)	Kül (%)
Yerli	2 101.28	5 372.00	39.76	1.50	24.05	17.78
İthal	102.55	6 539.00	27.33	0.42	6.93	14.35
İthal	225.64	7 529.00	25.65	0.22	6.40	5.70
İthal	658.50	7 973.00	16.28	0.29	3.68	3.96
Yerli	1 856.80	6 232.00	41.21	1.15	13.01	12.49
Yerli	1 960.80	6 110.00	39.77	1.03	19.90	8.42
Yerli	100.00	6 379.00	35.32	1.15	17.75	12.85
İthal	563.45	6 754.00	26.30	0.51	7.48	12.39
İthal	68.00	7 885.00	20.30	0.41	3.03	4.65
Yerli	1 128.90	6 573.00	27.38	0.48	12.26	11.04
Yerli	111.88	5 183.00	---	1.02	14.91	16.99
Yerli	4 235.10	6 282.00	34.88	0.65	14.42	10.51
İthal	105.00	7 149.00	20.54	0.31	5.90	9.77
Yerli	83.00	5 510.00	---	0.83	19.45	17.45
Yerli	223.80	5 565.00	33.13	1.29	12.39	19.35
Yerli	2 962.58	6 333.00	38.13	1.05	20.00	7.79
İthal	48.60	7 340.00	26.23	0.29	2.18	7.58
İthal	388.50	7 439.00	22.14	0.69	3.42	8.52
Yerli	1 487.12	5 155.00	41.46	0.89	18.21	16.42
İthal	20.00	7 633.00	23.91	0.32	6.05	5.48
Yerli	1 109.50	5 997.00	47.74	1.43	20.00	6.68
İthal	153.00	7 352.00	25.54	0.32	5.10	7.22
Yerli	1 762.70	6 105.00	40.55	0.68	20.00	8.11
İthal	1 606.60	7 483.00	24.76	0.53	8.51	5.38
Yerli	8.00	6 099.00	---	1.59	21.37	7.83
Yerli	4 900.70	6 263.00	42.21	1.06	14.28	9.78
Yerli	2 278.56	5 526.00	---	0.73	18.13	18.74
Yerli	6 335.70	5 811.00	46.57	1.99	24.70	9.27

Kırklareli ilinde 2015 ve 2016 yıllarında sanayide ve konutlarda kullanılan doğalgaz miktarı Çizelge 5.4'te ve fuel-oil miktarı Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.4: Kırklareli ilinde 2015 ve 2016 yıllarında kullanılan doğalgaz miktarı (EPDK, 2017).

Yıl	Yakıtın Kullanıldığı Yer	Tüketim Miktarı (m ³)	Isıl Değeri (kcal/kg)
2015	Konut		
2015	Sanayi	1 488 221.35	8 319
2016	Konut	68 266 631.61	
2016	Sanayi	206 057 900.78	8 319

Çizelge 5.5: Kırklareli ilinde 2015 ve 2016 yıllarında kullanılan fuel-oil miktarı (ÇŞİM, 2016; 2017).

Yıl	Yakıtın Kullanıldığı Yer	Tüketim Miktarı (m ³)	Isıl Değeri (kcal/kg)
2015	Konut		
2015	Sanayi	2 935 150	10 416
2016	Konut		
2016	Sanayi	3 128 150	11 428

5.2 Toprak Örnekleme ve Analizleri

Kırklareli’de şehir merkezinde ısınma öncesi dönemde 43 adet ve ısınma sonrası dönemde 43 adet olmak üzere toplam 86 adet toprak örneği 0-10 cm derinlikten alınmıştır. Isınma öncesi toprak örnekleri 2015 yılı Eylül ayında, ısınma sonrası toprak örnekleri 2016 yılı Nisan ayında toplanmıştır. 50 cm derinlikten ısınma öncesi 5 adet ve ısınma sonrası 5 adet olmak üzere toplam 10 adet toprak örneği kirlenme kalitesi ve kirlilik derecesini değerlendirmek için referans değer olarak alınmıştır. Toprak örnekleri yaklaşık 500 ile 1000 gram arası plastik ıspatula ile alınarak 1000 ml’lik polietilen poşetlere konulmuştur.

Analiz için laboratuvara getirilen toprak örneklerinin pH değerleri belirlenmiştir. Oda sıcaklığında 2 mm por palı çelik elekten geçirilen toprak örnekleri 10 gram olarak tartılmıştır. Tartılan toprak örnekleri 150 ml erlen içine aktarılmıştır. Aktarılan örnekler daha sonra ultra saf su ilave edilerek 100 ml’ye tamamlanmıştır. Karışım cam baget ile 2 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karışım 10 dakika bekletildikten sonra kalibrasyonu yapılmış Hanna HI 2211-02 masa üstü pH metre ile ölçülmüştür. Alınan toprak örnekleri 80 °C’de 48 saat kurutulduktan sonra 2 mm por çapına sahip çelik elekten geçirilerek tartıma hazır hale getirilmiştir. Toprak örnekleri için; 6 ml % 65 Merck marka HNO₃, 3 ml % 37 Merck marka HCl ve 2 ml % 48 Merck marka HF konulmuştur. Hazırlanan örnekler Berghof –MSW2 marka model mikrodalga cihazı kullanılarak çözündürme işlemi yapılmıştır. İşlem sonrası numuneler ultra saf su kullanılarak 50 ml’lik steril falcom tüplere mavi bant whatman filter ile süzülerek aktarılmıştır. Toplam hacim 50 ml’ye tamamlanmıştır. Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES) PerkinElmer-Optima 7000DV marka model cihazında element miktarı belirlenme işlemine hazır hale getirilen numunelerde Zn, Cu, Co, Pb, Ni, Cr, Hg, Cd metallerinin miktarları mg/kg olarak belirlenmiştir. Toprak örneklerinin analizleri Bahçeşehir Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi’nde gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamından incelenen toprak numunelerin pH’larının değerlendirilmesi aşağıda Çizelge 5.6’da verilen sınıflandırmaya göre yapılmıştır.

Çizelge 5.6: Toprakların pH değerlerine göre sınıflandırılması (Alpaslan vd., 1988; Sarı, 2009).

pH Değeri	Sınıflandırma
< 4.5	Kuvvetli Asit
4.5- 5.5	Orta Asit
5.5- 6.5	Hafif Asit
6.5 - 7.5	Nötr
7.5 - 8.5	Hafif Alkali
> 8.5	Alkali

Kırklareli şehir merkezi 50 cm derinlikten alınan ısınma öncesi 5 adet ve ısınma sonrası 5 adet toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen referans değerlerinin ortalama konsantrasyonları Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7: Isınma öncesi ve ısınma sonrası referans değerlerinin ortalama konsantrasyonları.

mg/kg	Zn	Cu	Co	Pb	Ni	Cr	Hg	Cd
Isınma Öncesi	41.17	14.50	6.64	2.04	31.67	35.58	0.0230	1.61
Isınma Sonrası	42.48	14.83	6.71	2.05	32.20	36.75	0.0239	1.66

Belirli bir ağır metal tarafından meydana getirilen kirlilik derecesinin belirlenmesi için, kirlenmiş metal konsantrasyonunun kirlenmemiş bir referans metal ile karşılaştırılması gerekir. Bu tür referans materyali, çalışılan örneklerle karşılaştırılabilecek kirlenmemiş veya bozulmamış bir materyal olmalıdır (Chandramohan vd., 2016).

5.3. Antropojenik Metal

Asaah (2003), antropojenik metal oranının, her bir metal için aşağıdaki denklem ile bulunabileceğini belirtmiştir (Asaah vd., 2006).

$$\text{Antropojenik Metal} = \frac{\bar{X} - \bar{X}_c}{\bar{X}_c} \times \frac{100}{1} \quad (4.1)$$

Denklemdede \bar{X} , topraktaki metalin ortalama konsantrasyonu ve \bar{X}_c , referans örneklerindeki metalin ortalama konsantrasyonudur.

5.4. Jeobirikim İndeks (Igeo)

Jeobirikim indeksi, yer kabuğunda ağır metallerin sanayi öncesi ve ölçülen konsantrasyonlarını karşılaştırarak, sedimentlerdeki kirlilik derecesini değerlendirmek için Muller (1969) tarafından kullanılmıştır. Bu indeksin Loska vd. (2004) tarafından topraktaki kirlenmenin değerlendirilmesinde de kullanılabileceği belirtilmiştir (Decena vd., 2018).

$$I_{\text{geo}} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5 \cdot B_n} \right) \quad (4.2)$$

Denklemdede; C_n , incelenen elementin toprak tozundaki ölçülmüş konsantrasyonu ve B_n , jeokimyasal referans konsantrasyonudur. Denklem (4.2)'deki 1.5 sabiti, çevrede verilen bir maddenin içeriğindeki doğal dalgalanmaların analiz edilmesine ve çok küçük antropojenik etkilerin tespit edilmesine olanak sağlar (Barbieri, 2016). Müller (1981), Jeo birikim indeks değerlerini yedi sınıfa ayırarak, Çizelge 5.8'deki gibi sınıflandırmıştır. En yüksek sınıf (Sınıf 6), referans değerlerinin en az 100 kat üzerindeki bir zenginleştirme faktörünü ifade etmektedir (Barbieri, 2016).

Tek bir metal kirleticinin veya kentsel alanlarda çok sayıda metalin kirlenmesinin tanımlanması, genellikle metal konsantrasyonu belirlenmiş kurallarla karşılaştırarak veya referans değerlerine bağlı olarak bir birikim endeksi ölçülerek yapılır. Kentsel derin topraklarda eser metallerin konsantrasyonu, tüm topraklarda metalin referans değerini temsil edebilir (Cheng vd., 2014).

Çizelge 5.8: Jeobirikim indeksinin sınıflandırılması.

Sınıf	Değer	Açıklama
0	$I_{geo} \leq 0$	Kirlenmemiş
1	$0 < I_{geo} < 1$	Kirlenmemiş orta derecede kirli
2	$1 < I_{geo} < 2$	Orta derecede kirli
3	$2 < I_{geo} < 3$	Orta derecede aşırı kirli
4	$3 < I_{geo} < 4$	Aşırı kirli
5	$4 < I_{geo} < 5$	Son derece aşırı kirli
6	$I_{geo} \geq 5$	Son derece kirli

5.5. Kirlilik Faktörü (Cf)

Kirlilik faktörü, çevredeki toksik maddelerin kirliliğini tanımlamak için kullanılır. Metal kirliliğinin seviyesi kirlilik faktörü ile ifade edilebilir. Kirlilik faktörü, incelenen metalin konsantrasyonunun referans konsantrasyonuna oranıdır (Hakanson, 1980).

$$C_f = \frac{C_{\text{metal}}}{C_{\text{referans}}} \quad (4.3)$$

Denklemden; C_{metal} , incelenen metalin konsantrasyonu ve C_{referans} , incelenen metalin referans konsantrasyonudur. Kirlilik faktörü değerlerinin sınıflandırılması Çizelge 5.9'da verilmiştir (Hakanson, 1980).

Çizelge 5.9: Kirlilik faktörü değerlerinin sınıflandırılması.

Değer	Açıklama
$C_f < 1$	Düşük kirlilik faktörü
$1 \leq C_f < 3$	Orta derecede kirlilik faktörü
$3 \leq C_f < 6$	Önemli derecede kirlilik faktörü
$C_f \geq 6$	Çok yüksek kirlilik faktörü

5.6. Kirlilik Derecesi (Cd)

Kirlilik derecesi, örnekleme yerindeki yüzey katmanlarında genel kirlilik derecesinin bir ölçüsünü sağlamayı hedeflemektedir (Sivakumar vd., 2016). Kirlilik derecesi, tüm kirlilik faktörlerinin toplamı olarak tanımlanmaktadır (Hakanson, 1980).

$$C_d = \sum_{i=1}^{i=n} C_f \quad (4.4)$$

Denklemde; C_f , kirlilik faktörü ve n , analizi yapılan metallerin sayısıdır.

Kirlilik derecesi değerlerinin sınıflandırılması Çizelge 5.10'da verilmiştir (Hakanson, 1980).

Çizelge 5.10: Kirlilik derecesi değerlerinin sınıflandırılması.

Değer	Açıklama
$C_d < 8$	Düşük kirlilik derecesi
$8 \leq C_d < 16$	Orta kirlilik derecesi
$16 \leq C_d < 32$	Önemli kirlilik derecesi
$C_d \geq 32$	Yüksek kirlilik derecesi

5.7. Değiştirilmiş Kirlilik Derecesi (mCd)

Abraham (2005), belirli bir örnekleme yerindeki genel kirlilik derecesinin hesaplanması için Hakanson (1980) denkleminin değiştirilmiş ve genelleştirilmiş bir formunu sunmuştur. Kirlenme derecesini hesaplamak için genelleştirilmiş bir yaklaşım için değiştirilmiş denklem aşağıda verilmiştir (Abraham ve Parker, 2008).

$$mC_d = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} C_f}{n} \quad (4.5)$$

Denklemde; C_f , kirlilik faktörü ve n , analizi yapılan metallerin sayısıdır.

Numune yerlerindeki değiştirilmiş kirlilik derecelerinin sınıflandırılması ve açıklaması için aşağıdaki derecelendirmeler önerilmiştir (Çizelge 5.11) (Abraham ve Parker, 2008).

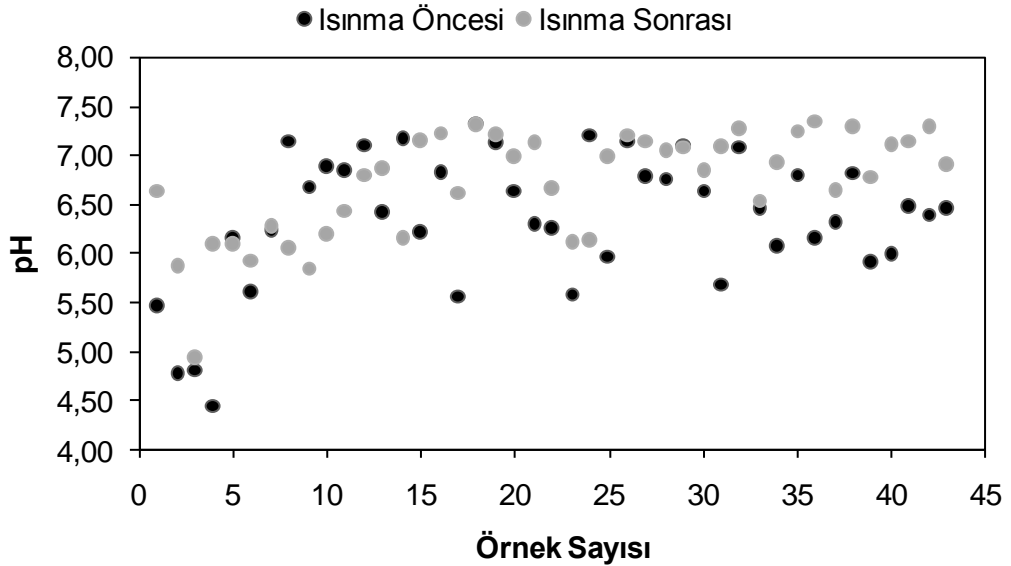
Çizelge 5.11: Değiştirilmiş kirlilik derecesi değerlerinin sınıflandırılması.

Değer	Açıklama
$mCd < 1.5$	Sıfır ile çok düşük kirlilik derecesi
$1.5 \leq mCd < 2$	Düşük kirlilik derecesi
$2 \leq mCd < 4$	Orta kirlilik derecesi
$4 \leq mCd < 8$	Yüksek kirlilik derecesi
$8 \leq mCd < 16$	Çok yüksek kirlilik derecesi
$16 \leq mCd < 32$	Önemli derecede yüksek kirlilik derecesi
$mCd \geq 32$	Ultra yüksek kirlilik derecesi

6. BULGULAR ve TARTIŞMA

6.1. Toprak Örneklerinin pH Değişimleri

Kırklareli’de şehir merkezinden alınan toprak örneklerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası pH değerleri Şekil 6.1’de gösterilmiştir. Toprak örneklerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası ortalama pH değerleri sırasıyla 6.36 ve 6.71’dir. Toprak örneklerinde, ısınma öncesi pH değerleri 4.45 ile 7.33 arasında ve ısınma sonrası pH değerleri 4.93 ile 7.35 arasında değişen değerlerde bulunmuştur (Şekil 6.1). Örnekleme bölgesinden toplanan toprak örneklerinin pH değerleri, ısınma sonrasında ısınma öncesine göre artış göstermektedir. Isınma öncesi alınan 43 adet toprak örneği ile ısınma sonrası alınan 43 adet toprak örneğinin pH değerleri karşılaştırıldığında, 43 örnekten 33’ünün ısınma sonrasında ısınma öncesine göre daha yüksek pH değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

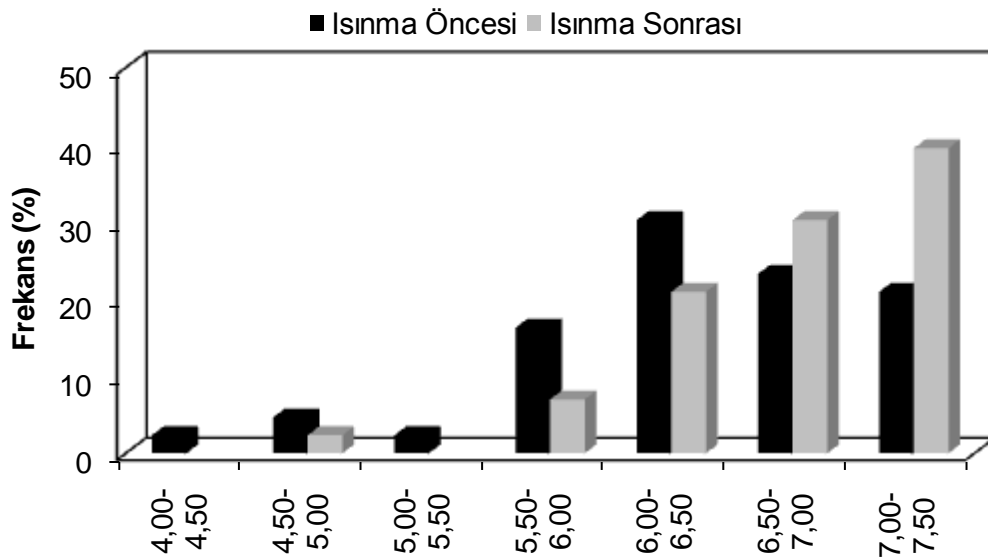


Şekil 6.1: Toprak örneklerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası pH değerleri.

Toprak örneklerinde ısınma öncesi pH değeri 4.00-4.50 ve pH değeri 5.00-5.50 arasındaki örneklerin frekans değeri % 2.33 iken, ısınmadan sonra bu pH değerleri aralığına sahip örnek bulunmamaktadır. pH değeri 4.50-5.00 arasındaki örneklerin

frekans değeri ısınma öncesi % 4.65 ve ısınma sonrası % 2.33'tür. Isınma öncesi ve ısınma sonrası pH değeri 5.50-6.00 arasındaki örneklerin frekans değerleri sırasıyla % 16.28 ve % 6.98'dir. Isınma öncesi pH değerleri 6.50-7.00 ve 7.00-7.50 arasındaki örneklerin frekans değerleri sırasıyla % 23.25 ve % 20.93'tür. Isınmadan sonra pH değeri 6.00-6.50 ve 6.50-7.00 arasında değişen örneklerin frekans değerleri sırasıyla % 20.93 ve % 30.23'tür. Isınma öncesi pH değeri 6.00-6.50 arasında değişen örnekler en yüksek frekansa değerine (% 30.23) sahipken, ısınma sonrası pH değeri 7.00-7.50 arasında değişen örnekler en yüksek frekans değerine (% 39.53) sahiptir (Şekil 6.2). Toprak örneklerinin pH değerlerinin ısınma öncesi % 2.33'ü "kuvvetli asit", % 6.98'i "orta asit", % 46.51'i "hafif asit", % 44.18'i "nötr" ve ısınma sonrası % 2.33'ü "orta asit", % 27.91'i "hafif asit" ve % 69.76'sı "nötr" olduğu görülmüştür. Kırklareli il sınırları içerisinde bulunan TEM Otoyolunun kenarlarındaki tarım arazilerinden 50 farklı noktadan (Babaeski ve Lüleburgaz İlçelerinden) 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin tamamının pH değerlerinin "hafif alkali" olduğu saptanmıştır (Pak, 2011).

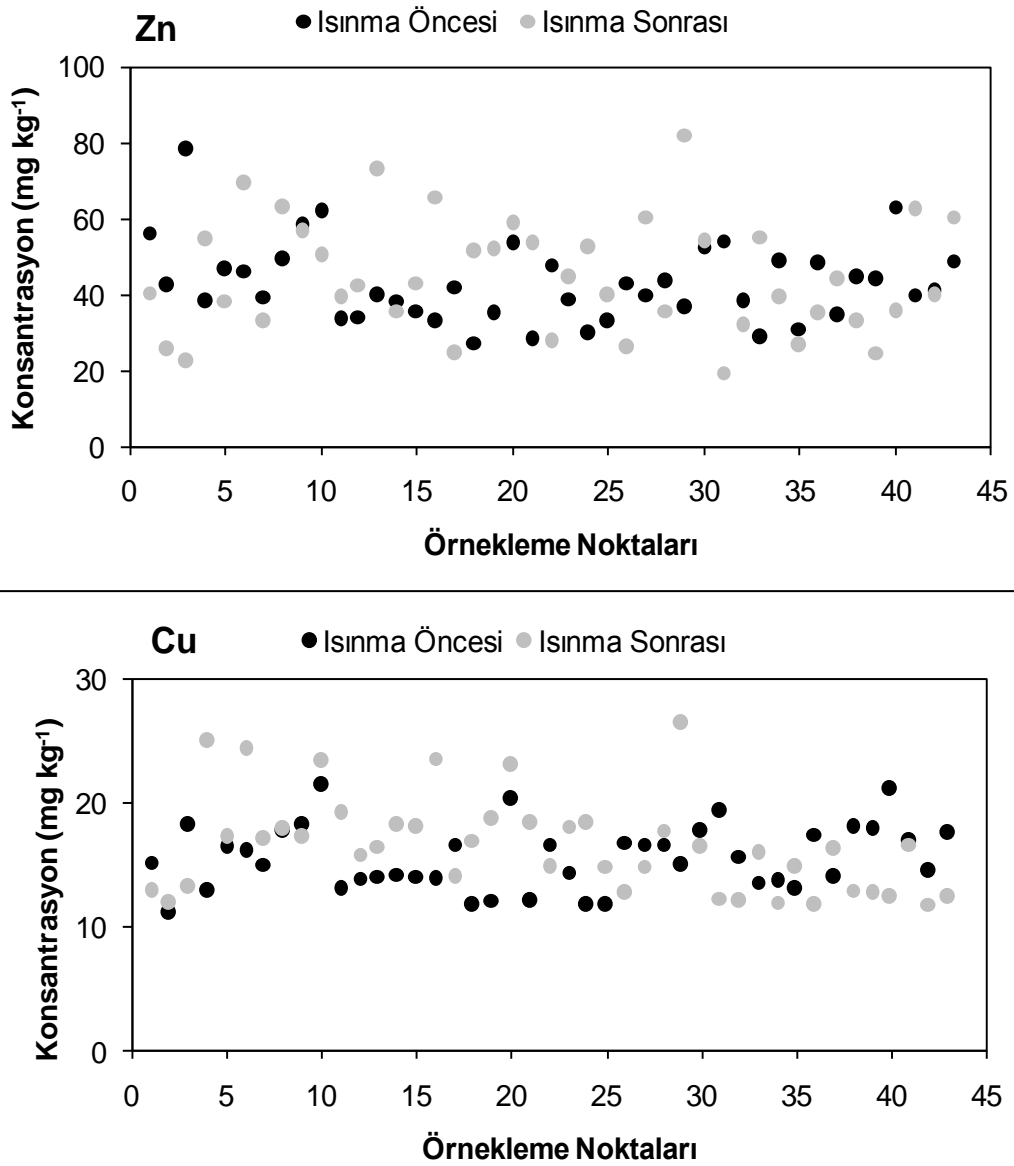
Edirne il sınırları içinde bulunan otoban kenarlarındaki topraklardan 56 farklı noktadan (Merkez ve Havsa İlçelerinden) 0-30 cm derinlikten toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinin genelinin pH değerlerinin "nötr" olduğu ve "hafif asit" ile "hafif alkali" sınıfına giren pH değerlerinin "nötr" sınıfına yakın olduğu belirtilmiştir (Sarı, 2009).



Şekil 6.2: Toprak örneklerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası pH değerlerinin frekans dağılımı.

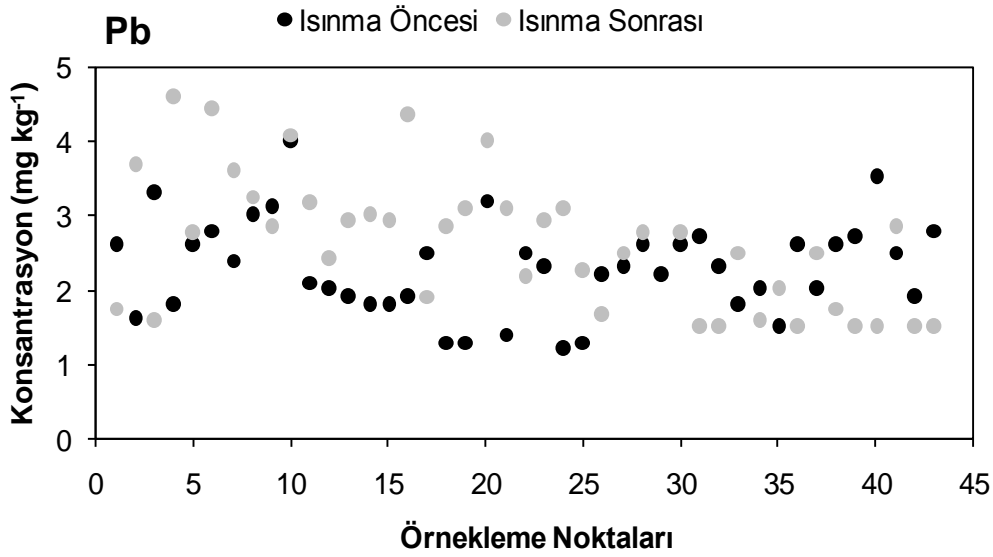
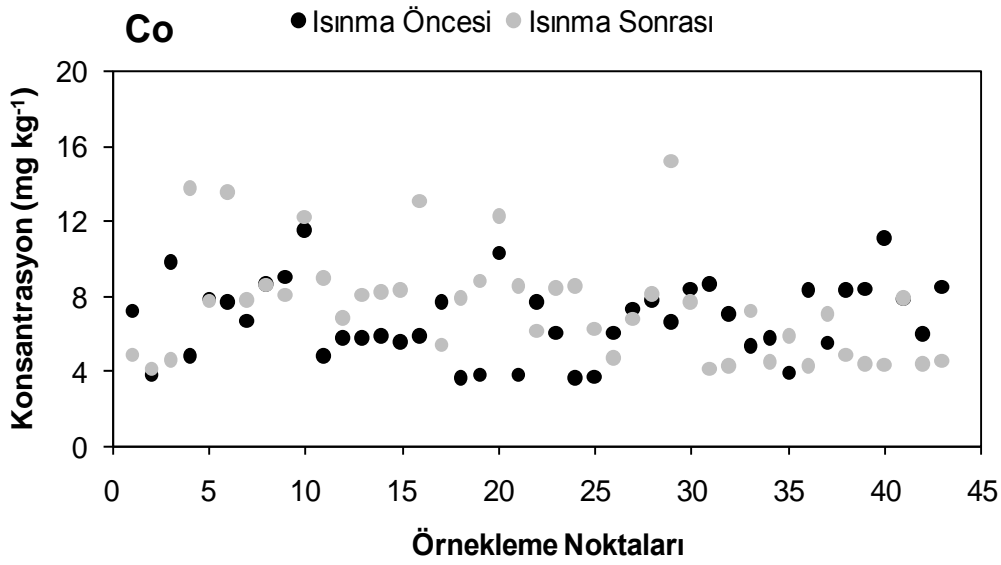
6.2 Toprak Örneklerinde Metal Konsantrasyonları

Zn metalinin en düşük, ortalama ve en yüksek konsantrasyon değerleri ısınma öncesi sırasıyla 27.60, 43.08 ve 78.20 mg/kg, ısınma sonrası bu değerler sırasıyla 19.60, 44.82 ve 82.18 mg/kg'dir. Cu metalinin en düşük ve en yüksek konsantrasyon değerleri ısınma öncesi sırasıyla 11.04 ve 21.39 mg/kg, ısınma sonrası bu değerleri sırasıyla 11.73 ve 26.40 mg/kg'dir. Cu metalinin ortalama konsantrasyon değeri ısınma öncesi 15.50 mg/kg, ısınma sonrası 16.49 mg/kg'dir (Şekil 6.3).



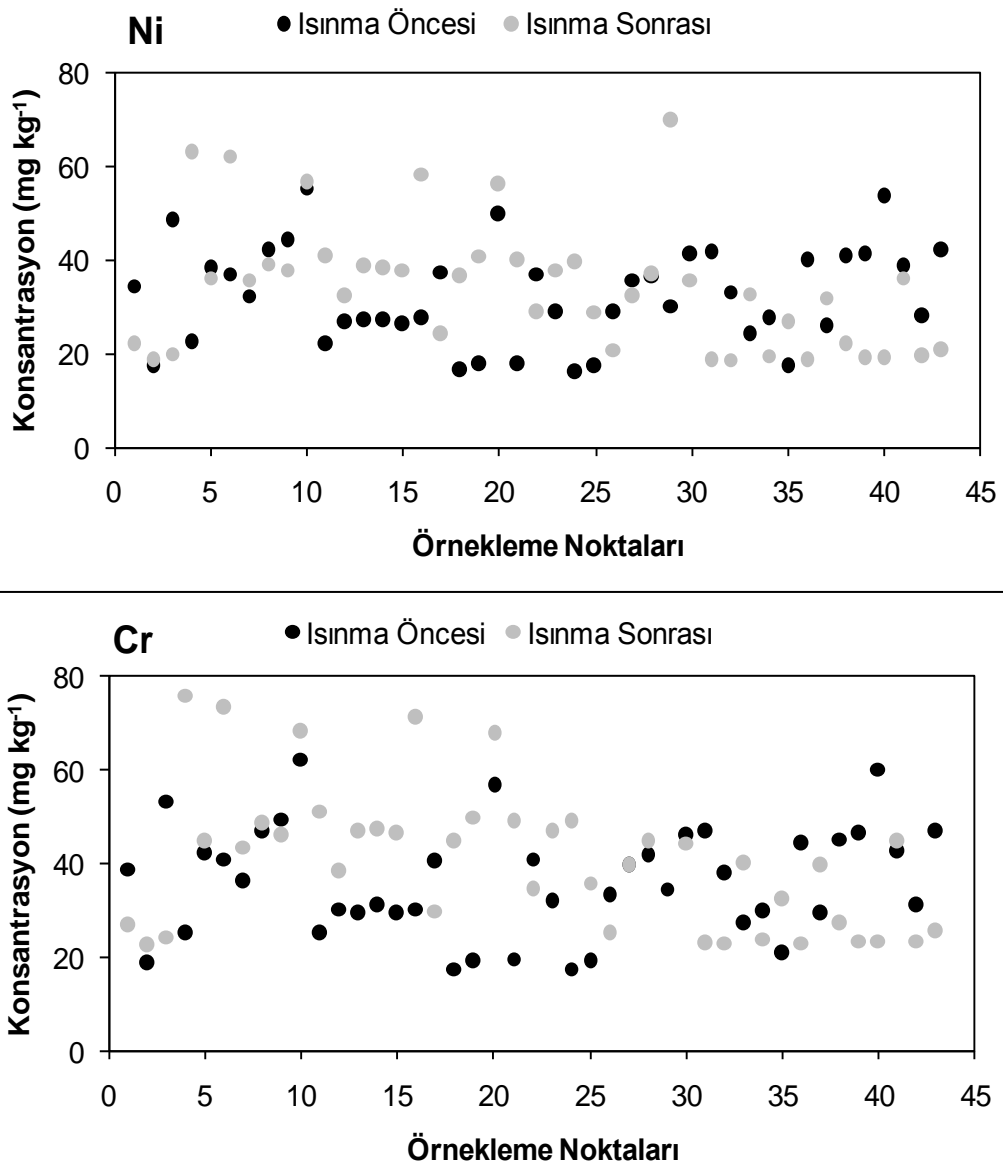
Şekil 6.3: Zn ve Cu metallerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası konsantrasyon değerleri.

Co metalinin konsantrasyon değerleri, ısınma öncesi 3.60 mg/kg ile 11.52 mg/kg arasında, ısınma sonrası 4.20 mg/kg ile 15.27 mg/kg arasında değişen değerlerde bulunmuştur. Bu metalin ısınma öncesi ve ısınma sonrası ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 6.80 mg/kg ve 7.48 mg/kg'dir. Pb metalinin ortalama konsantrasyon değerleri ısınma öncesi ve ısınma sonrası sırasıyla, 2.29 ve 2.67 mg/kg'dir. Bu metalin ısınma öncesi ve ısınma sonrası en düşük konsantrasyon değerleri sırasıyla, 1.20 ve 1.50 mg/kg'dir. Bu metalin ısınma öncesi ve ısınma sonrası en yüksek konsantrasyon değerleri sırasıyla 4.00 ve 4.58 mg/kg'dir (Şekil 6.4).



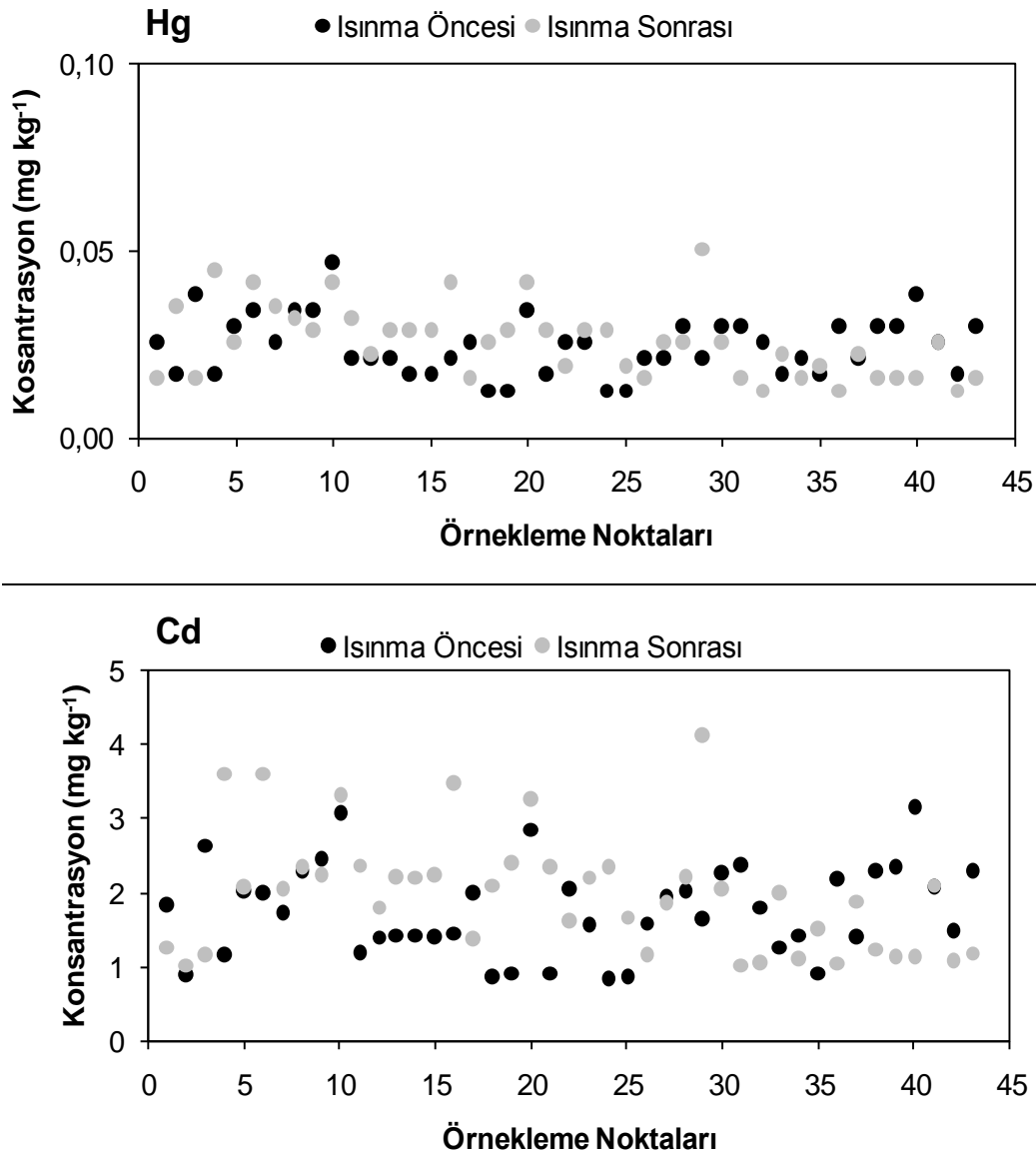
Şekil 6.4: Co ve Pb metallerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası konsantrasyon değerleri.

Ni ortalama konsantrasyon değeri ısınma öncesi, 32.50 mg/kg ve ısınma sonrası 34.28 mg/kg'dir. Ni metalinin en düşük konsantrasyon değerleri ısınma öncesi 16.03 mg/kg ve ısınma sonrası 18.60 mg/kg'dir. Bu metalin en yüksek konsantrasyon değerleri ısınma öncesi ve ısınma sonrası sırasıyla 55.47 mg/kg ve 69.90 mg/kg'dir. Cr metalinin ortalama konsantrasyon değerleri ısınma öncesi 36.20 mg/kg ve ısınma sonrası 41.72 mg/kg'dir. Cr metalinin ısınma öncesi en düşük ve en yüksek konsantrasyon değerleri sırasıyla 17.60 ve 62.40 mg/kg iken, ısınma sonrası bu değerleri sırasıyla 22.40 ve 76.00 mg/kg'dir (Şekil 6.5).



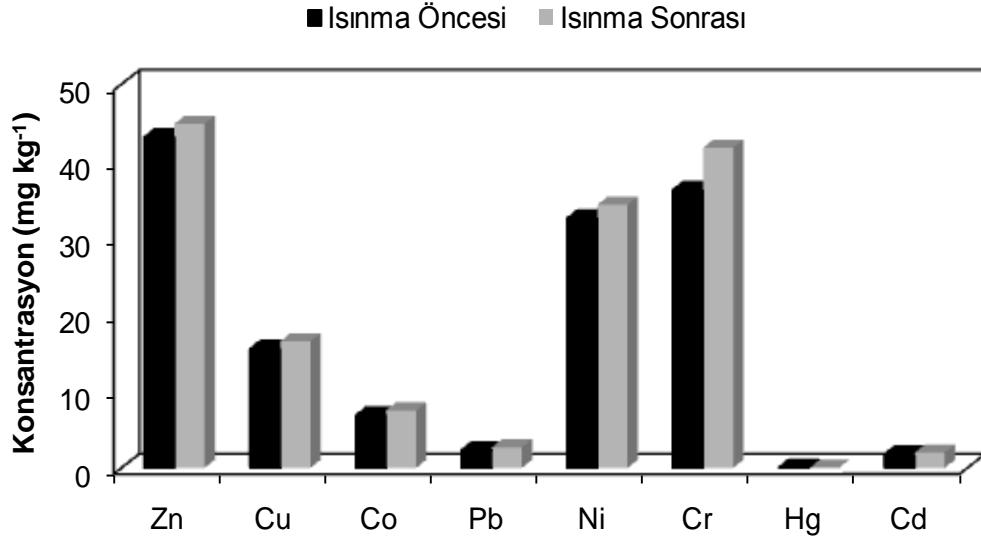
Şekil 6.5: Ni ve Cr metallerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası konsantrasyon değerleri.

Hg metalinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası en düşük konsantrasyon değeri 0.013 mg/kg'dır. Isınma öncesi ve ısınma sonrası bu metalinin ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 0.024 mg/kg ve 0.025 mg/kg'dır. Hg metalin en yüksek konsantrasyon değerleri ısınma öncesi 0.047 mg/kg ve ısınma sonrası 0.051 mg/kg'dır. Cd metalinin konsantrasyon değerleri ısınma öncesi 0.82 mg/kg ile 3.13 mg/kg arasında değişen değerlerde, ısınma sonrası 1.02 mg/kg ile 4.10 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Bu metalin ısınma öncesi ve ısınma sonrası ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 1.75 mg/kg ve 1.97 mg/kg'dır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6: Hg ve Cd metallerinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası konsantrasyon değerleri.

Örnekleme bölgesinde toprak örneklerinde ısınma öncesi ve ısınma sonrası metallerin ortalama konsantrasyon büyüklükleri benzer trend göstermiş ve $Zn > Cr > Ni > Cu > Co > Pb > Cd > Hg$ şeklindedir. Isınma sonrası bütün metallerin ortalama konsantrasyon değerleri, ısınma öncesi bütün metallerin ortalama konsantrasyon değerlerinden daha yüksek değerlerde bulunmuştur (% 3.88-14.23). Hem ısınma öncesi hem de ısınma sonrası toprak örneklerinde metaller arasında en yüksek ortalama konsantrasyon değerine sahip olan metal Zn olurken, en düşük konsantrasyon değerine sahip metal Hg'dir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7: Isınma öncesi ve ısınma sonrası toprak örneklerinin ortalama konsantrasyonları değerleri.

Edirne'de şehir merkezinde yol kenarında 8 bölgede yapılan çalışmada topraklarda, As, Cd, Pb, Fe, Hg, Mn, Cu, Ni, Cr ve Zn içerikleri belirlenmiştir. Bütün numuneler 2006 yılı Temmuz ve Ekim aylarının ikinci cumartesi günü, 2007 yılı Ocak ve Nisan aylarının ikinci cumartesi günü toplanmıştır. Toprak numuneleri 8 bölgede yoldan 1 m, 5 m ve 10 m uzaklıkta ve 0-10 cm ile 10-30 cm derinlikten alınmıştır. Tüm bölgelerde metallerin konsantrasyonları As için 0.957-2.651 mg/kg, Cd için 0.0438-0.1988 mg/kg, Pb için 0.885-12.38 mg/kg, Fe için 1599-1698 mg/kg, Hg için 0.2841-0.4328 mg/kg, Mn için 339.6-722.9 mg/kg, Cu için 6.64-25.81 mg/kg, Ni için 53.31-272.1 mg/kg, Cr için 18.7-58.95 mg/kg ve Zn için 161.5-485.6 mg/kg aralığında tespit edilmiştir (Kocabaş, 2008).

Trakya Bölgesi'nde Eylül 2001'de 73 alanda 0-10 cm derinlikten toprak numuneleri toplanmıştır. Tüm numuneler otoyollardan en az 300 metre, diğer yollardan ise 50 metre uzaklıkta toplanmıştır. Açık, ekilmemiş ve düz arazi alanları seçilmiştir. Bu bölge toprakları için As, Ba, Br, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Eu, Fe, Hf, I, In, K, La, Mn, Mo, Na, Nd, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, U, V ve Zn elementlerinin sonuçları için ilk kez rapor edilmiştir. Bu elementlerin ortalama konsantrasyonları sırasıyla 8, 550, 8, 30700, 0.2, 69, 11, 173, 4, 20, 0.8, 26900, 5.4, 8.5, 0.4, 20100, 26, 600, 0.6, 7800, 24, 50, 33, 93, 0.9, 10, 5.6, 178, 1.2, 0.8, 9, 3700, 2.6, 78 ve 45 mg/kg'dir (Coşkun vd., 2006).

Gebze'de yapılan çalışmada 5-10 cm derinlikteki yüzeydeki kirlenme giderildikten sonra dış yüzeyden toplam 57 toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde Cd, Cr, Cu, As, Pb, Mn, Zn ve Hg elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu elementlerin konsantrasyon aralığı sırasıyla 0.05-176, 10-1161, 7.87-725, 1.50-65.60, 17.07-8469, 1.96-10000, 29.5-10000 ve 9-2721 µg/kg'dir (Yaylalı Abanuz, 2011).

Ocak ve Şubat 2008'de Belgrad'ın (Sırbistan) kentsel bölgelerinde parklardan ve yeşil alanlardan 15 bölgeden toprak örnekleri alınmıştır. Lokasyonların çoğu ana parklar ve Belgrad'ın merkez bölgesindeki yeşil alanlar içinde seçilmiştir. Çocuk oyun alanından bir örnek ve cadde veya kavşağın yakınında bir veya iki örnek, her yer 2 veya 3 örnekle temsil edilmiştir. Her örnekleme noktasında, üç alt örnek 0-10 cm katmandan, toplu kompozit numune elde etmek için alınmış ve karıştırılmıştır. Örnekleme noktalarında Cd, Co, Cu, Pb, Mn ve Zn elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu metallerin ortalama konsantrasyonları 1.8, 16.5, 46.3, 298.6, 417.6 ve 174.2 mg/kg'dir (Marjanović vd., 2009).

Absheron Yarımadası'ndaki (Azerbaycan) çalışma bölgesinin, petrol sahaları (25 adet toprak örneği) ve Bakü-Markadan otoyoluna 10 m mesafe içinden (17 adet toprak örneği) olmak üzere iki farklı alanından 42 adet toprak örneği 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Toplanan toprak örneklerinde As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu elementlerin ortalama konsantrasyonları petrol sahaları alanında sırasıyla 4.16, 0.18, 19.9, 37.1, 0.06, 29.2, 47.9, 410 mg/kg ve Bakü-Markadan otoyoluna 10 m mesafe içinden 5.30, 4.50, 860, 575, 0.028, 530, 435, 2170 mg/kg'dir (Khalilova ve Mammadov, 2016).

2014 Eylül ayı boyunca Langtang Milli Parkı'ndan (Nepal) beş alandan 36 toprak örneği alınmıştır. Bu beş örnekleme alanının dördünden iki derinlikte (0-10 cm ve 10-20 cm), birinde yüksek rakımda sığ toprak derinliği nedeniyle bir derinlikte (0-10

cm) alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde elementlerin en düşük, ortalama ve en yüksek konsantrasyon değerleri sırasıyla V elementi için 23.41, 49.12 ve 82.20 mg/kg, Cr elementi için 15.01, 38.83 ve 63.14 mg/kg, Co elementi için 3.32, 7.92 ve 19.89 mg/kg, Ni elementi için 9.73, 17.31 ve 44.67 mg/kg, Cu elementi için 7.64, 19.51 ve 67.38 mg/kg, Zn elementi için 33.22, 66.87 ve 103.70 mg/kg, As elementi için 0.81, 2.99 ve 18.98 mg/kg, Cd elementi için 0.02, 0.12 ve 0.23 mg/kg, Pb elementi için 7.41, 21.20 ve 38.19 mg/kg'dir (Tripathee vd., 2016).

Brezilya'da uzak bir okyanus adasındaki (Fernando de Noronha), farklı volkanik kayalardan geliştirilen beş toprak profili incelenmiştir. 43 toprak örneğinde elementlerin konsantrasyon aralığı Co için 26-261 ppm, Cu için 35-97 ppm, Cr için 350-1446 ppm, Ni için 114-691 ppm, Zn için 101-374 ppm ve Hg için 2-150 ppm'dir (Oliveira vd., 2011).

Perlis (Malezya) çevresindeki topraklarda Cu, Cr, Ni, Cd, Pb elementlerinin konsantrasyonu incelenmiştir. Perlis civarında 18 istasyonda 0-15 cm derinlikten toprak örnekleri toplanmıştır. Toprak örneklerinde Cu, Cr, Ni, Cd ve Pb elementlerinin konsantrasyonları sırasıyla 0.38-240.59, 0.642-3.921, 0.689-2.398, 0-0.63 ve 0.39-27.47 mg/kg arasında değişmiştir (Ripin vd., 2014).

Kuzey ve Batı Yorkshire'de (İngiltere) farklı yollar boyunca 35 yol kenarı sahasından 10-15 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde Cd, Cu, Pb ve Zn metallerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu dört metal arasında en yüksek konsantrasyon değerine sahip metal Pb'dir. Pb metalinin en düşük, ortalama ve en yüksek konsantrasyon değerleri 25.0, 232.7 ve 1198.0 µg/g'dir. Zn metalinin konsantrasyon değerleri 56.7 ile 480 µg/g arasında değişen değerler alırken, ortalama konsantrasyon değeri 174.6 µg/g'dir. Cu metalinin en düşük konsantrasyon değeri 15.5 µg/g, ortalama konsantrasyon değeri 87.3 µg/g ve en yüksek konsantrasyon değeri 240.0 µg/g'dir. Metaller arasında en düşük konsantrasyon değerine (0.3 µg/g) sahip metal Cd'dur. Bu metalin ortalama konsantrasyon değeri 1.4 µg/g ve en yüksek ortalama konsantrasyon değeri 3.8 µg/g'dir (Akbar vd., 2006).

Kavala (Yunanistan) kenti ve sanayi bölgesi çevresinde yer almaktadır. Örnekleme alanındaki arazi kullanımları ağırlıklı olarak tarım, sanayi ve konuttur. 02.11.2002 ve 17.01.2003 arasında toplam 65 ekilmemiş yüzey toprağı örneği 0-20 cm derinlikten toplanmıştır. Antropojenik etkilere karşı ekilmemiş yüzey toprağı seçilmiştir. Toprak örneklerinde Ag, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni,

Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn metallerinin ortalama konsantrasyonları sırasıyla 0.6, 55.1, 8.0, 97.2, 0.6, 0.8, 16.1, 1.6, 22.3, 0.1, 524.2, 0.3, 14.9, 62.4, 0.3, 0.8, 0.4, 35.6, 74.5, 18.4, 0.4, 147.7 mg/kg'dir (Papastergios, 2007).

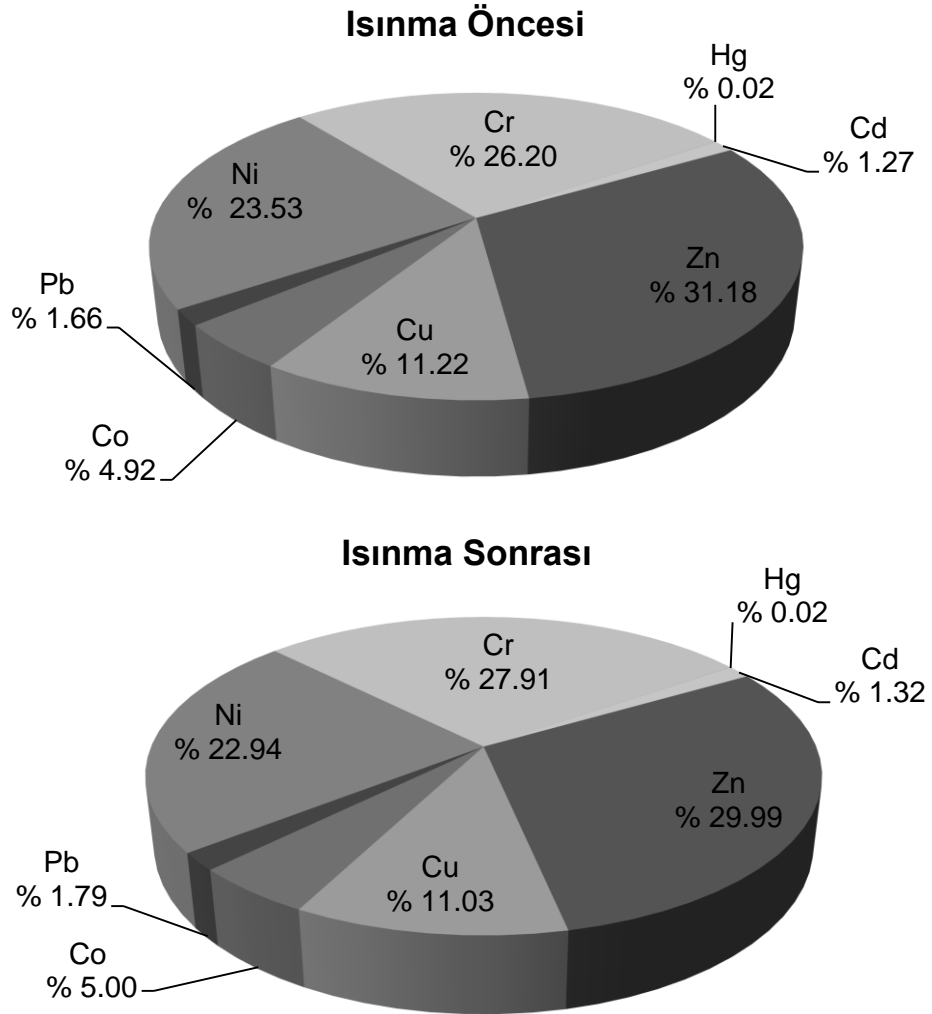
Qadissiya bölgesindeki (Güney Ürdün) çimento fabrikası çevresinde 31 toprak örneği 0-10 cm ve 10-20 cm derinlikten toplanmıştır. 0-10 cm derinlikten toplanan toprak örneklerinde konsantrasyon değerleri Pb metali için 16.50 ile 77.00 mg/kg arasında, Zn metali 6.50 ile 63.00 mg/kg arasında, Cd metali için 2.50 ile 13.00 mg/kg arasında, Fe metali için 14.10 ile 40.15 mg/kg arasında, Cu metali 1.10 ile 8.40 mg/kg arasında, Cr metali için 0.70-34.00 mg/kg arasında değişen değerlerdedir. Pb, Zn, Cd, Fe, Cu, Cr metallerinin ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 55.00, 44.51, 5.00, 24.18, 2.89, 22.18 mg/kg'dir. 0-20 cm derinlikten toplanan toprak örneklerinde konsantrasyon değerleri Pb metali için 7.00 ile 40.00 arasında, Zn metali 3.60 ile 34.00 arasında, Cd metali için 0.67 ile 5.89 arasında, Fe metali için 4.32 ile 25.30 arasında, Cu metali 0.52 ile 3.50 arasında, Cr metali için 0.30-12.00 arasında değişen değerlerdedir. Pb, Zn, Cd, Fe, Cu, Cr metallerinin ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 24.21, 22.50, 2.18, 12.72, 1.09, 6.00 mg/kg'dir (Al-Khashman ve Shawabkeh, 2006).

Çin'de bir çelik sanayi bölgesinden kentsel topraklarda 3 bölgeden 0-10 cm derinlikten 115 cm toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde Cr, Cd, Pb, Zn, Cu, and Ni metallerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Ağır metallerin (Cr, Cd, Pb, Zn, Cu ve Ni) konsantrasyonları, sırasıyla 22.9 ve 155 mg/kg arasında, 0.27 ve 1.87 mg/kg arasında, 14.6 ve 208 mg/kg arasında, 38.1 ve 2368 mg/kg arasında, 11.0 ve 514 mg/kg arasında, 13.1 ve 49.6 mg/kg arasında değişmiştir. Cr, Cd, Pb, Zn, Cu ve Ni metallerinin ortalama konsantrasyonları sırasıyla 69.9, 0.86, 45.1, 213, 52.3 ve 33.5 mg/kg'dir (Qing vd., 2015).

İsfahan bölgesindeki 23 şehirde (İran) Temmuz 2011'de her bir kentte bahçe, park, yol kenarı, yerleşim alanı, ana kavşak ve meydanlardan toplam 83 toprak örneği toplanmıştır. Kentsel topraklardaki bazı ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) içeriği incelenmiştir. Metallerin konsantrasyon değerleri, As metali için 5.00 ile 178.90 mg/kg aralığında ve ortalama 16.17 mg/kg, Cd metali için 0.25 ile 74.72 mg/kg aralığında ve ortalama 2.17 mg/kg, Co metali için 6.60 ile 21.20 mg/kg aralığında ve ortalama 13.15 mg/kg, Cr metali için 34.00 ile 311.00 mg/kg aralığında ve ortalama 80.57 mg/kg, Cu metali için 27.40 ile 727.45 mg/kg aralığında ve

ortalama 92.75 mg/kg, Ni metali için 26.40 ile 125.60 mg/kg aralığında ve ortalama 61.65 mg/kg, Cd metali için 18.54 ile 1929.86 mg/kg aralığında ve ortalama 179.97 mg/kg, Zn metali için 68.80 ile 6554.60 mg/kg aralığında ve ortalama 470.36 mg/kg'dir (Mehr vd., 2017).

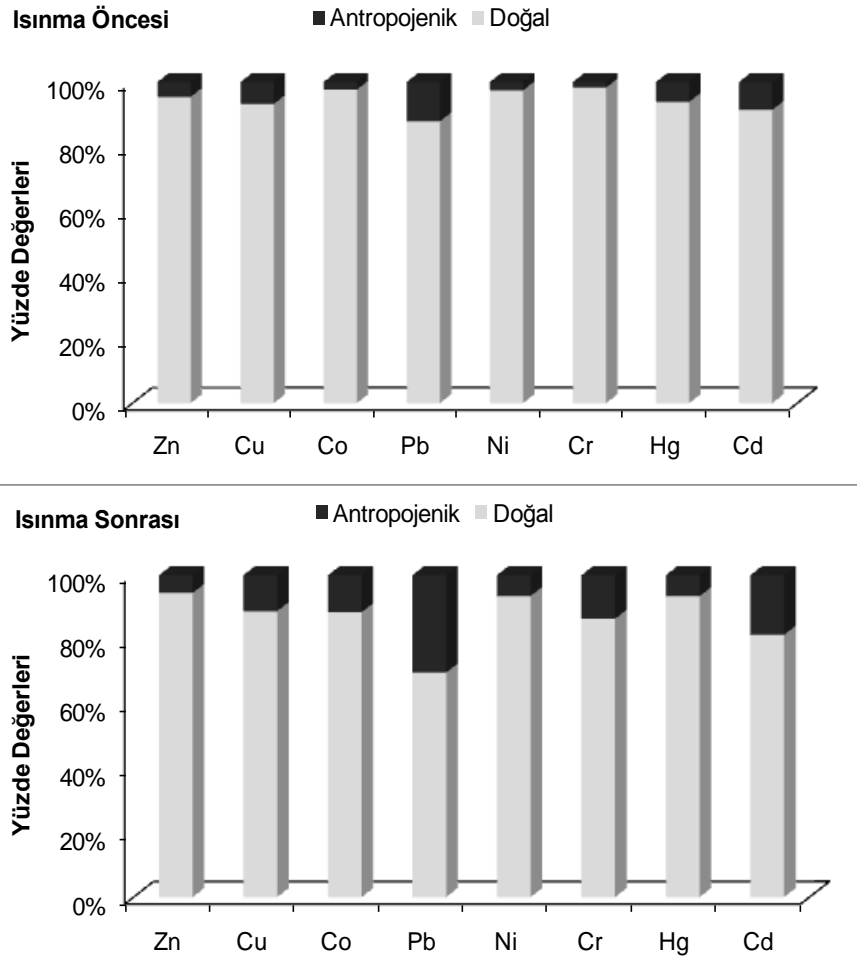
Isınma öncesi ve ısınma sonrası toprak örneklerinde en az bulunan metal Hg ve en çok bulunan metal Zn olarak belirlenmiştir. Örnekleme bölgesinde toprak örneklerinde göreceli olarak metallerin yüzde dağılımı değerleri ısınma öncesi Zn (% 31.18), Cu (% 11.22), Co (% 4.92), Pb (% 1.66), Ni (% 23.53), Cr (% 26.20), Hg (% 0.02), Cd (% 1.27) ve ısınma sonrası Zn (% 29.99), Cu (% 11.03), Co (% 5.00), Pb (% 1.79), Ni (% 22.94), Cr (% 27.91), Hg (% 0.02), Cd (% 1.32) şeklindedir (Şekil 6.8).



Şekil 6.8: Isınma öncesi ve ısınma sonrası toprak örneklerinde göreceli olarak metallerin yüzde dağılım değerleri.

6.3 Toprak Örneklerinde Antropojenik Metallerin Oranları

Örnekleme bölgesinde ısınma öncesi ve ısınma sonrası metallerin doğal ve antropojenik yüzde değerleri Şekil 6.9’da gösterilmiştir. Metaller arasında antropojenik girdinin büyüklük sıralaması ısınma öncesi $Pb > Cd > Cu > Hg > Zn > Ni > Co > Cr$ ve ısınma sonrası $Pb > Cd > Cr > Co > Cu > Hg > Ni > Zn$ şeklindedir. Zn, Cu, Co, Pb, Ni, Cr, Hg, Cd metallerin antropojenik yüzde değerleri ısınma öncesi sırasıyla % 4.64, % 6.87, % 2.41, % 12.25, % 2.62, % 1.74, % 6.17, % 8.70 ve ısınma sonrası sırasıyla sırasıyla % 5.51, % 11.16, % 11.51, % 30.24, % 6.46, % 13.52, % 6.53, % 18.52’dir. Metallerin ısınma sonrası antropojenik yüzde değerleri, ısınma öncesi antropojenik yüzde değerlerine göre daha yüksek değerlerde bulunmuştur. Bu durum ısınma sonrası antropojenik girdinin, ısınma öncesine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.9: Isınma öncesi ve ısınma sonrası metallerin doğal ve antropojenik yüzde değerleri.

6.4 Toprak Örneklerinde Jeobirikim İndeksi (Igeo)

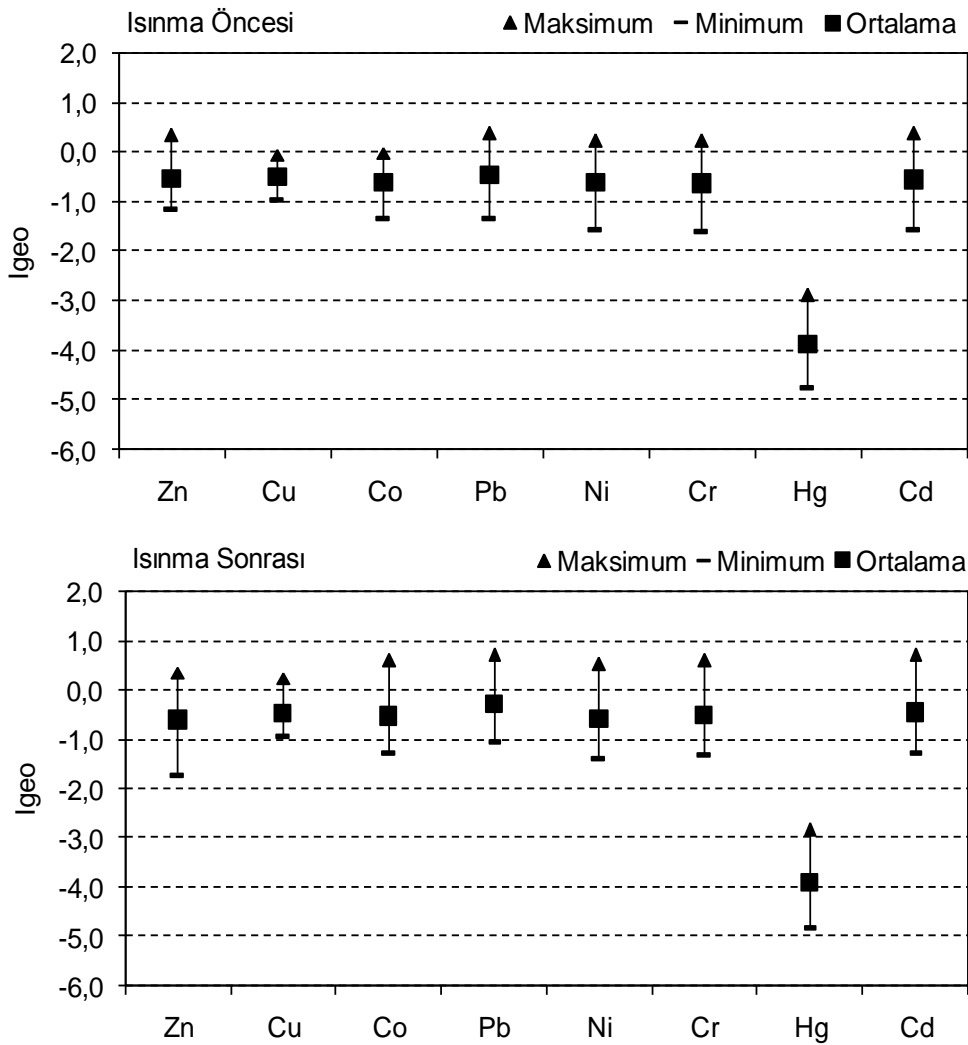
Jeobirikim indeksi (Igeo), karasal, sucul ve deniz ortamlarındaki metal kirliliğinin derecesini değerlendirmek için kullanılır (Diamantopoulou vd., 2019). Isınma öncesi ve ısınma sonrası tüm metallerin ortalama Igeo değerleri negatif değerlerdedir. Metallerin jeobirikim indeksi değerleri aralığı incelendiğinde ve bu değerlerin Çizelge 5.8’de verilen sınıflandırılmasına göre, incelenen toprak örneklerinin ısınma öncesi Hg, Cu ve Co metalleri ile kirlenmemiş olduğunu göstermektedir. Isınma öncesi Ni, Cr, Cd, Zn, Pb metalleri kirlenmemiş ve kirlenmemiş orta derecede kirli sınıftadır. Isınma sonrası tüm metaller için toprak örneklerinde hafif zenginleşme gözlenmiştir. Isınma sonrasında ısınma öncesine göre toprak örneklerinin Hg metali tarafından kirletilmediği ve diğer metallerin ise toprak örneklerini kirlettiği gözlenmiştir (Şekil 6.10).

Agbabu’da (Nijerya) yapılan çalışmada kuru mevsimde 32 adet ve yağışlı mevsimde 32 adet olmak üzere toplam 64 adet toprak örneği toplanmıştır. Metallerin hesap edilen ortalama Igeo değerleri kuru mevsimde Fe için 0.001105984, Cu için 0.5053618, Mn için 0.037042, Cr için 0.1448757, Zn için 0.1036155, Pb için 0.2057899, Cd için -2.352707, Ni için 0.6668824, V için -5.416116 ve Fe için 0.00123031, Cu için 0.5076544, Mn için 0.0386221, Cr için 0.1810681, Zn için 0.1170088, Pb için 0.5361961, Cd için -1.488819, Ni için 0.4700163, V için -2.45704’dir. Hem kuru hem de yağışlı mevsimlerde Igeo değerleri 1’in altında olup, toprak sadece orta derecede Cu, Mn, Cr, Zn, Pb ve Ni tarafından kirletilmiştir (Fagbote ve Olanipekun, 2010).

Hindistan’da 19 örnekleme noktasından alınan toprak örneklerinde Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Toprak örnekleri 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Örnekler 2010 yılında muson mevsimi sonrası ve 2011 yılında muson mevsimi öncesi toplanmıştır. Antropojenik etkinin değerlendirilmesi ve çalışma alanı topraklarının eser elementlerle kirlenmesi jeobirikim indeksi kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Toprak jeobirikim indeksi (Igeo) maksimum değeri Cd (0.014) ve minimum değerini Ni (-4.011) gösterir. Jeobirikim sınıfı (Igeo sınıfı) büyüklük sıralaması Cd > Pb > Zn > Cu > Ni > Mn > Fe olduğu gözlenmiştir. Farklı eser elementler için çalışma alanının toplam jeobirikim endeksleri negatif olarak bulunmuştur. Cd metali pozitif jeobirikim indeksleri 0.02 ile 0.14 arasında değişmekte olup, 0 sınıfına aittir (pratikte kirlenmemiştir). Bunun aksine, Fe, Ni, Mn,

Cu, Pb ve Zn'nin jeobirikim birikim endeksleri negatiftir ve 0 sınıfındadır (pratik olarak kirlenmemiştir) (Golekar vd., 2013).

Tianjin'de (Çin) 2005 yılında 85 noktadan alınan toprak örneklerinde As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, and Hg elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Metallerin minimum, ortalama ve maksimum Igeo değerleri sırasıyla Hg için -4.967, -0.450 ve 1.782 (Sınıf 0), As için -1.792, -0.901 ve -0.335 (Sınıf 0), Ni için -1.662, -0.653 ve -0.290 (Sınıf 0), Cu için -1.1402, -0.467 ve 0.173 (Sınıf 0), Zn için 4.336, 5.349 ve 6.079 (Sınıf 6), Pb için -1.635, -0.761 ve -0.325 (Sınıf 0), Cr için -0.643, 0.234 ve 0.652 (Sınıf 1), Cd için -0.862, 0.060 ve 1.860 (Sınıf 1) (Guan vd., 2014).



Şekil 6.10: Isınma öncesi ve ısınma sonrası metallerin Jeo birikim indeksinin minimum, ortalama ve maksimum değerleri.

6.5 Toprak Örneklerinde Kirlilik Faktörü (Cf) ve Toplam Kirlilik Faktörü

Örnekleme bölgesinde her istasyonda ölçümü yapılan metallerin kirlilik faktörü değerleri Şekil 6.11’de verilmiştir. Örnekleme bölgesindeki Zn, Cr, Ni, Cu, Co, Pb, Cd ve Hg metallerinin ortalama Cf değerlerinin büyüklük sıralaması ısınma öncesinde $Pb > Cd > Cu > Zn > Ni > Co > Cr > Hg$ şeklinde, ısınma sonrası $Pb > Cd > Cr > Co > Cu > Ni > Zn > Hg$ şeklindedir. Isınma sonrası bütün metallerin ortalama Cf değerleri, ısınma öncesine göre daha yüksek değerlere sahiptir. Isınma öncesi ve ısınma sonrasında en yüksek ortalama Cf değerine sahip metal Pb’dir. Pb metalinin en düşük Cf değerleri ısınma öncesinde ve ısınma sonrasında sırasıyla 0.59 ve 0.73’tür. Bu metalin ısınma öncesinde ve ısınma sonrasında ortalama Cf değerleri sırasıyla 1.12 ve 1.30’dur. Pb metalinin en yüksek Cf değerleri ısınma öncesinde 1.96, ısınma sonrasında 2.48’tir. Cd metalinin ortalama Cf değerleri ısınma öncesinde ve ısınma sonrasında sırasıyla 1.08 ve 1.19’dur. Bu metalin en düşük ve en yüksek Cf değerleri ısınma öncesinde sırasıyla 0.51 ve 1.94, ısınma sonrası 0.61 ve 2.47’dir. Cr metalinin Cf değerleri ısınma öncesi 0.49 ile 1.75 arasında, ısınma sonrası 0.61 ile 2.30 arasında değişen değerler almaktadır. Bu metalin ortalama Cf değerleri ısınma öncesinde 1.02, ısınma sonrasında 1.14’tür. Zn metalinin ısınma öncesi en düşük Cf değeri 0.67, en yüksek Cf değeri 1.90 ve ortalama Cf değeri 1.05’tir. Bu metalin ısınma sonrası en düşük Cf değeri 0.46, en yüksek Cf değeri 1.93 ve ortalama değeri 1.06’dır. Cu metalinin en düşük Cf değerleri ısınma öncesi ve ısınma sonrası sırasıyla 0.76 ve 0.79, ortalama Cf değerleri ısınma öncesi ve ısınma sonrası sırasıyla 1.07 ve 1.11, en yüksek Cf değerleri ısınma öncesi ve ısınma sonrası sırasıyla 1.48 ve 1.78’dir. Ni metalinin ısınma öncesi Cf değerleri 0.51 ile 1.75 arasında değişen değerler almakta ve ortalama Cf değeri 1.03’tür. Bu metalin ısınma sonrası en düşük, ortalama ve en yüksek Cf değerleri sırasıyla 0.58, 1.06 ve 2.17’dir. Co metalinin ısınma öncesi ve ısınma sonrası en düşük Cf değerleri sırasıyla 0.54 ve 0.63, en yüksek Cf değerleri sırasıyla 1.73 ve 2.28, ortalama Cf değerleri sırasıyla 1.02 ve 1.12’dir. Hg metalinin en düşük, ortalama ve en yüksek Cf değerleri ısınma öncesinde sırasıyla 0.06, 0.106, 0.20 ve ısınma sonrasında sırasıyla 0.05, 0.107 ve 0.19’dur. Metallerin 1’den küçük Cf değerlerinin yüzde değerleri ısınma öncesi Zn (% 48.84), Cu (% 41.86), Co (% 48.84), Pb (% 39.54), Ni (% 48.84), Cr (% 48.84), Hg (% 100), Cd (% 44.19) ve ısınma sonrası Zn (% 48.84), Cu (% 32.56), Co (% 39.54), Pb (% 32.56), Ni (% 39.54), Cr (% 39.54), Hg (% 100), Cd (% 37.21).

Metallerin kirlilik faktörü değerleri aralığı incelendiğinde ve bu değerlerin Çizelge 5.9'da verilen sınıflandırmaya göre, genel olarak ısınma öncesi ve ısınma sonrası düşük ve orta derecede kirlilik faktörünü işaret etmektedir. Isınma sonrası ısınma öncesine göre orta dereceli kirlilik faktörüne geçiş söz konusudur.

Ostrava'da (Çekya) yapılan kentsel topraklardaki ağır metal kirlenmelerinin durumu araştırılan çalışmada, Cf değer aralığı Hg için 0.98 ile 3.19, Cd için 0.36 ile 3.34, Pb için 0.67 ile 10.88, Zn için 0.73 ile 4.73, Cu için 0.21 ile 2.10, V için 0.48 ile 2.02 ve Mn için 0.26 ile 2.37 arasındadır. Bu faktörün ortanca ve ortalama değerleri Hg için (2.17, 2.087), Cd için (1.58, 1.54), Pb için (3.32, 4.18), Zn için (2.47, 2.52), Cu için (0.71, 0.82), V için (1.09, 1.16) ve Mn için (1.39, 1.35)'dir (Weissmannová vd., 2015).

Botswana'da (Güney Afrika) toprak numuneleri 0-10 cm derinlikten 5 bölgeden alınmıştır. Bu bölgeler; Francistown-Nata, Nata-Maun, Maun-Ghanzi, Ghanzi-Kang ve Tshabong-Sekoma'dır. Francistown-Nata, Nata-Maun, Maun-Ghanzi, Ghanzi-Kang ve Tshabong-Sekoma bölgelerinde metallerin kirlilik faktörü değerleri Al için sırasıyla 1.46, 0.93, 1.10, 1.30 ve 0.59'dur. Co için sırasıyla 0.86, 0.78, 1.07, 0.39 ve 0.91'dir. Cu için sırasıyla 1.30, 1.01, 1.56, 0.44 ve 0.47'dir. Fe için sırasıyla 1.05, 0.69, 1.52, 0.39 ve 0.88'dir. Mn için sırasıyla 1.95, 1.36, 2.60, 0.22 ve 0.30'dur. Ni için sırasıyla 1.18, 1.02, 1.16, 0.91 ve 1.01'dir. Pb için sırasıyla 1.21, 2.14, 1.51, 0.37 ve 0.57'dir. Zn için sırasıyla 1.01, 0.50, 0.93, 0.38 ve 0.52'dir. Francistown-Nata, Nata-Maun, Maun-Ghanzi, Ghanzi-Kang ve Tshabong-Sekoma bölgelerinde kirlilik faktörü genel olarak düşük ve orta derecede kirlilik sınıfındadır (Mmolawa vd., 2011).

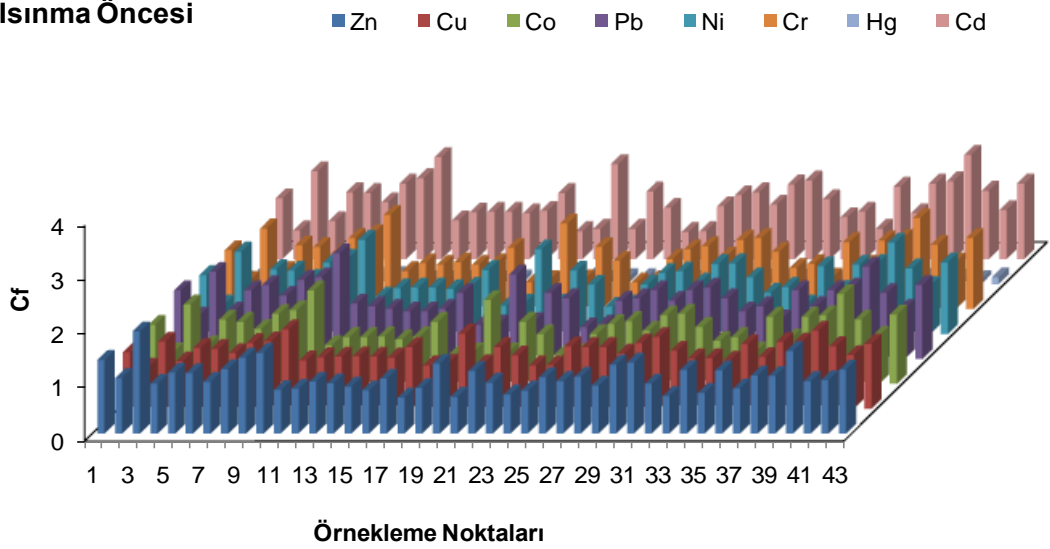
Selebi Phikwe'de (Güney Afrika) yapılan çalışmada toprak örnekleri 0-10 cm derinlikten alınmıştır. Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn metallerinin kirlilik faktörü değerleri sırasıyla 0.36, 6.36, 1.40, 1.02, 3.64, 2.16, 1.21'dir. Cf değerlerine dayanarak sahadaki toprakların genel kirlenmesi, toprakların Cu ve Ni ile bir hayli kirlendiğini, Fe, Mn, Pb ve Zn ile orta derecede kirlendiğini, ancak Co ile düşük kirlenme belirtileri bulunduğunu göstermektedir (Likuku vd., 2013).

Kumasi'deki (Gana) çalışmada ortalama Cf değerlerine göre, toprak en az As, Pb, Cu, Cr ve Mn ile kirlenmiş, orta derecede Ni, Hg, V, Sn ve Cd ile kirlenmiş ve oldukça Zn ile kirlenmiş olarak sınıflandırılmıştır (Darko vd., 2017).

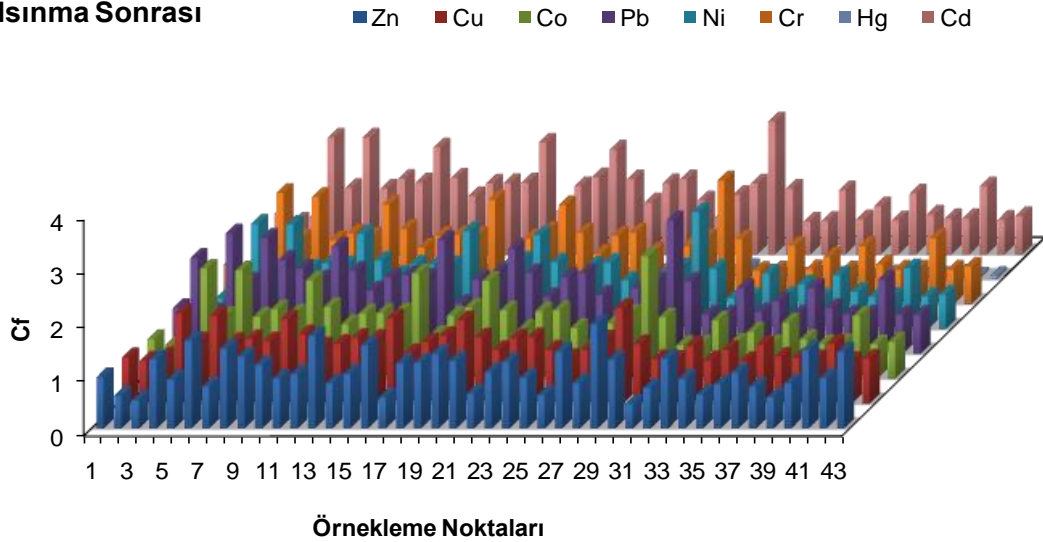
Esfarayen'de (İran) yapılan çalışmada Cf değerleri, çeşitli metallerde ve çeşitli tipik topraklarda önemli ölçüde değişmiştir. Cf değerleri, Cd için 0.17 ile 17.4 arasında

(ortalama değer 3.63), Cr için 0.48 ile 18.8 arasında (ortalama değeri 4.18), Cu için 0.45 ile 9.16 (ortalama değeri 2.90), Ni için 0,56 ile 6,94 (ortalama değeri 2.55), Pb için 0.61 - 5.35 (ortalama değeri 1.96), ve Zn için ile 1.00 ile 14.6 (ortalama değeri 4.55 değeri) aralığındadır. Cd, Cr ve Zn metallerinin ortalama Cf değerlerinin ($3 \leq Cf < 6$) nemli derecede kirlilik derecesi sınıfında olduğunu ve Cu, Ni ve Pb metallerinin ortalama Cf değerlerinin ($1 \leq Cf < 3$) orta derecede kirlilik sınıfında olduğunu göstermiştir (Mohseni-Bandpei vd., 2017).

Isınma ncesi



Isınma Sonrası



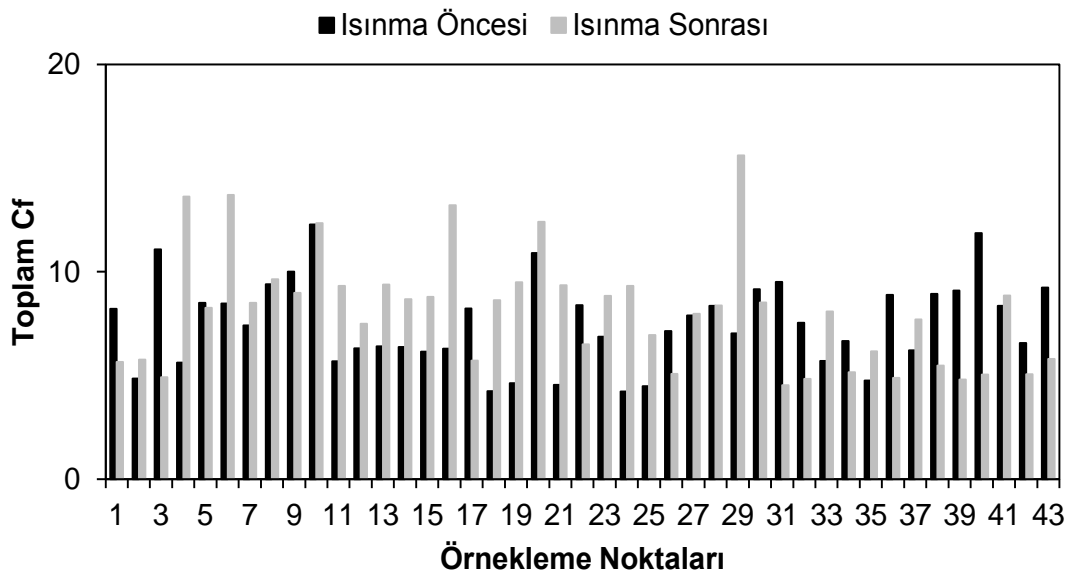
şekil 6.11: Isınma ncesi ve ısınma sonrası örnekleme noktalarındaki metallerin Cf değerleri.

Toplam Cf değerleri ısınma öncesi 4.23 ile 12.28 arasında, ısınma sonrası 4.52 ile 15.62 arasında değişen değerler almaktadır (şekil 6.12). Toplam Cf değer aralığına

göre toprak örneklerinin ısınma öncesi % 58.14'ü ve ısınma sonrası % 46.51'i düşük kirlilik seviyelerinde, ısınma öncesi % 41.86'sı ve ısınma sonrası % 53.49'u orta derecede kirlilik seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir.

Babol şehrinde (İran) farklı kentsel ve kırsal bölgelerden, 5 istasyondan alınan 50 toprak örneğinde As, Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, and Co metallerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Toplam Cf değerleri 1. istasyonda 7.08, 2. istasyonda 7.82, 3. istasyonda 8.43, 4. istasyonda 9.06 ve 5. istasyonda 9.57 olarak belirlenmiştir. Bu beş istasyonda toplam Cf en düşük, ortalama ve en yüksek değerleri sırasıyla 3.57, 8.70 ve 17.53'tür. Toprak örneklerinin % 40'ı (1. ve 2. istasyonda), kirlilik faktörü ve kirlilik derecesine değerlerine göre, düşük kirlilik seviyelerinde ve diğer toprak örnekleri (3., 4. ve 5. istasyonda) orta derecede kirlilik seviyelerinde bulunduğunu belirtilmiştir (Amouei vd., 2018).

Haydarabad Şehrinin (Hindistan) kuzeybatı kesiminde Balanagar sanayi bölgesinde toplanan toprak örneklerinde kentleşme ve sanayileşmeden kaynaklı ağır metal kirlenmesini değerlendirebilmek için Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Y, Zn, Zr konsantrasyonları belirlenmiştir. Kirlilik derecesinin maksimum değerleri yüksek kirlenmeyi göstermektedir. Cr, Cu, Pb ve Zn metallerinin toprağın kirlenme indeks derecesine pek çok katkıda bulunduğu ve diğer metallerin toprak kirliliğini gözle görülür şekilde etkilediği görülmüştür (Machender vd., 2011).



Şekil 6.12: Isınma öncesi ve ısınma sonrası örnekleme noktalarındaki metallerin toplam Cf değerleri.

6.6 Toprak Örneklerinde Değiştirilmiş Kirlilik Derecesi (mCd)

Örnekleme bölgesindeki istasyonlarda revize edilmiş Hakanson (1980) denklemi, toprak örneklerinde incelenen Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb ve Zn metalleri için değiştirilmiş kirlilik derecesini (mCd) değerlerini hesaplamak için kullanılmıştır. Her bir istasyon için ısınma öncesi ve ısınma sonrası değiştirilmiş kirlilik derecesi değerleri Şekil 6.13'de verilmiştir. Tüm istasyonlarda mCd değerleri ısınma öncesi 0.53 ile 1.53 arasında değişen değerlerde, ısınma sonrası 0.57 ile 1.95 arasında değişen değerlerdedir. Tüm istasyonların ısınma öncesi ve ısınma sonrası ortalama mCd değerleri sırasıyla 0.94 ve 1.01'dir. Değiştirilmiş denklem için önerilen sınıflandırma sistemi dikkate alındığında, genel mCd değerleri aralığı ısınma öncesi ve ısınma sonrası çok düşük kirlilik ve düşük derecesini işaret ederken, ısınma sonrası çok düşük kirlilikten, düşük kirlilik derecesine geçiş söz konusudur (Şekil 6.13).

Değiştirilmiş kirlilik derecesi (mCd), bir dizi sediment örneği için mevcut tüm analitik verilerin birleştirilmesi ve ortalamalarının alınmasına dayanmaktadır. Bu yüzden bu değiştirilmiş metod, kirleticiler grublarının sedimentlerdeki kirlilik etkisini ve genel zenginleşmenin bütünleşik bir değerlendirmesini sağlayabilir (Abraham ve Parker, 2008).

Ortalama mCd verileri göz önüne alındığında ve bunlar referans değerleri ile karşılaştırıldığında, toprak örneklerinde ısınma sonrasında Pb ve Cr metallerinin ısınma öncesine göre zenginleştiği tespit edilmiştir.

Isınma öncesi analiz edilen toprak numunelerinin bir numune hariç tamamının mCd değerleri 1.5'ten küçüktür (çok düşük kirlilik derecesi). Isınma sonrası analiz edilen toprak numunelerinin mCd değerlerinin % 86.05'i 1.5'ten küçük, % 13.95'i 1.5 ile 2 arasındadır (çok düşük kirlilik derecesi ve düşük kirlilik derecesi).

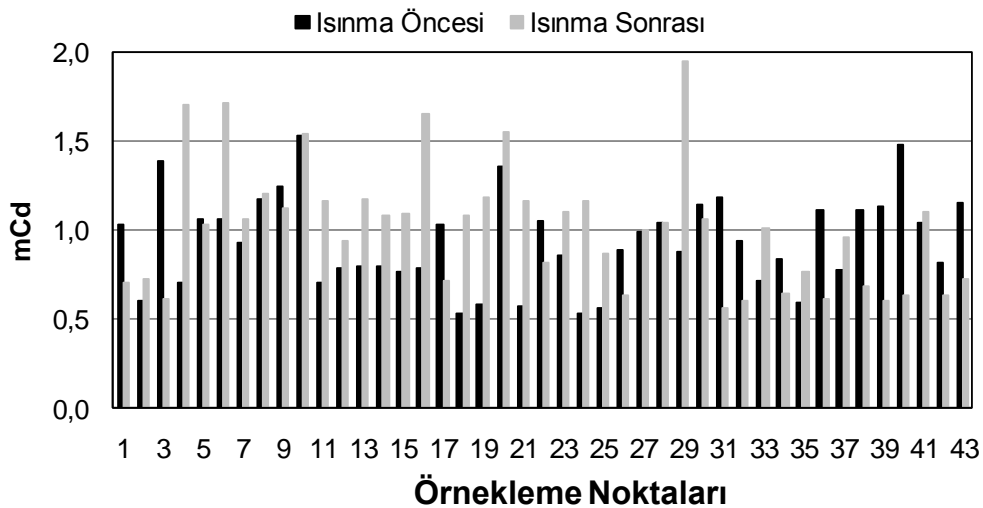
Batı Drama ova topraklarında (Makedonya) yapılan çalışmada analiz edilen tüm toprak numunelerinin mCd değerleri 0.30 ile 33.12 arasında değişmektedir. Analiz edilen numunelerin yaklaşık % 7.5'i yüksek ile çok yüksek kirlilik seviyelerine sahiptir. Mn, Pb, Cd ve As metalleri topraktaki kirliliğin çoğuna katkıda bulunmaktadır (Sofianska ve Michailidis, 2016).

mCd farklı arazi kullanımlarında hesaplanmıştır. Sonuçlar, yüksek mCd'ye sahip sanayi bölgelerinin ekolojik risklerinin daha yüksek olduğunu ve tarımsal ve doğal araziler daha düşük risk altında olduğunu göstermiştir. Endüstriyel, tarımsal ve doğal

topraklar için mCd, sırasıyla 0.92, 0.87 ve 0.80'dir ve bu değerler, üç farklı arazi kullanımındaki tüm topraklarda çok düşük derecede kirlenme olduğunu göstermiştir ($mCd < 1.5$) (Ghorbani vd., 2015).

Nwankwoala ve Ememu (2018) yaptıkları çalışmada 15 toprak örneğini 15 cm ve 30 cm derinlikten toplamıştır. Üst yüzeydeki toprakların orta derece ile çok kirlenmiş oldukları buna karşılık alttaki topraklar ağır metallere kaynaklı kirlilik olmadan yüksek oranda kirlenmiştir. 1, 5, 12 ve 14 numaralı istasyonlarda üst toprakların ağır metalleri ile orta derecede kirlenmiş, geri kalan yerlerde ise üst yüzeydeki topraklar ağır metaller ile kirlenmiştir. Alt topraklar 1, 2 ve 3 numaralı istasyonlar oldukça kirli, 10 numaralı topraklarda düşük derecede kirlenmiş ve 14 numaralı istasyon kirlenmemiştir. 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 numaralı istasyonlar ağır metaller ile orta derecede kirlenmiş topraklara sahiptir.

Ilesa'da (Nijerya) kuru ve yağış mevsiminde yapılan çalışmada topraklar iki farklı derinlikten (0-15 cm ve 15-30 cm) toplanmıştır. Değiştirilmiş kirlilik derecesi (mCd) sınıflandırılmasına göre kuru mevsimde toprağın üst seviyeleri en yüksek kirlilik derecesine sahip iken, toprak derinliği arttıkça her iki mevsimde kirlenme derecesi azalmıştır. Çalışmada mCd ve sınıflandırması nehir ağzı çökeltileri için kullanılmış ve bunun ayrıca kirlenmiş topraklarda da uygulanabilir olduğu belirtilmiştir. Çalışmada hesap sonucu bulunan mCd değerleri sınıflandırıldığında, tüm mevsimlerde tüm toprak derinliklerinde toprakta çok yüksek derecede kirlenme olduğu sonucuna varılmıştır (Olabanji vd., 2015).



Şekil 6.13: Örnekleme noktalarında ısınma öncesi ve ısınma sonrası mCd değerleri.

6.7 İstatiksel Analiz

Pearson korelasyon katsayısı farklı metaller arasındaki ilişkiyi belirlemektedir. Toprak örneklerinde ısınma öncesi ve ısınma sonrası metaller arasındaki korelasyonlar hesaplanmış ve Çizelge 6.1’de sunulmuştur. Isınma öncesi ve ısınma sonrası Zn metali ile diğer metaller arasındaki korelasyonlar, Zn dışındaki metallerin birbirleri arasındaki korelasyona göre daha düşüktür. Toprak örneklerinde hem ısınma öncesi hem de ısınma sonrası metaller arasında anlamlı korelasyonlar olduğu açıktır. Topraktaki metaller arasındaki yüksek korelasyonlar, bu metallerin birikmiş konsantrasyonlarının benzer doğal kaynaklara sahip olduğunu yansıtabilir.

Çizelge 6.1: Isınma öncesi ve ısınma sonrası metaller arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.

		<u>Isınma Sonrası</u>							
		Zn	Cu	Co	Pb	Ni	Cr	Hg	Cd
<u>Isınma Öncesi</u>	Zn	1.00	0.66	0.72	0.64	0.72	0.73	0.63	0.73
	Cu	0.78	1.00	0.99	0.92	0.99	0.99	0.92	0.99
	Co	0.83	0.98	1.00	0.93	0.99	0.99	0.92	0.99
	Pb	0.85	0.94	0.97	1.00	0.93	0.93	0.99	0.93
	Ni	0.84	0.97	0.99	0.97	1.00	0.99	0.92	0.99
	Cr	0.83	0.98	0.99	0.97	0.99	1.00	0.92	0.99
	Hg	0.83	0.91	0.95	0.98	0.94	0.94	1.00	0.92
	Cd	0.83	0.98	0.99	0.97	0.99	0.99	0.94	1.00

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kırklareli’de şehir merkezinde toprakta ısınma kaynaklı mevsimsel metal kirliliğinin incelenmesi amacıyla belirlenen lokasyonlardan ısınma öncesi dönemde 43 adet ve ısınma sonrası dönemde 43 adet olmak üzere toplamda 86 adet toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde Zn, Cu, Co, Pb, Ni, Cr, Hg, Cd metallerinin konsantrasyonları belirlenerek, metallerin antropojenik etkisi, jeobirikim indeksleri (Igeo), kirlilik faktörleri (Cf), değiştirilmiş kirlilik dereceleri (mCd) kullanılarak toprak kirliliği değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen istasyonlardaki toprak örneklerinin, ısınma öncesinde çok azı kuvvetli asit ve orta asit, yarıya yakını hafif asit, diğer yarıya yakını nötr iken, ısınma sonrasında pH değerlerinde ısınma öncesine göre artış meydana geldiği, toprak örneklerin çok azı orta asit ve büyük miktarda toprak örneğinin hafif asit ve nötr olduğu tespit edilmiştir.

İncelenen toprak örneklerinde ısınma öncesi ve ısınma sonrasında metallerin ortalama konsantrasyon büyüklükleri birbirine benzer özellik göstermiş, metallerin ortalama konsantrasyon büyüklüklerinin $Zn > Cr > Ni > Cu > Co > Pb > Cd > Hg$ şeklinde olduğu belirlenmiştir. Toprak örneklerinin metal konsantrasyonlarında ısınma sonrasında ısınma öncesine göre artış gözlenmiş fakat metallerin ortalama konsantrasyonlarının büyüklük sıralamasında bir değişiklik olmamıştır. Isınma sonrasında metallerin ortalama konsantrasyonlarının ısınma öncesine göre artışları $Pb > Cr > Cd > Co > Cu > Ni > Hg > Zn$ şeklinde bulunmuştur.

Isınma sonrasında ve ısınma öncesinde toplanan toprak örneklerinde ölçülen metallerin ortalama konsantrasyon değerlerinin, Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde (2005) verilen sınır değerlerin altında olduğu saptanmıştır. Çalışmada incelenen topraklarda kirlilik yaratacak düzeyde metal konsantrasyonu birikmemiş olsa da ısınmada kullanılan yakıtlar ve diğer etkenlerin metal konsantrasyonunu arttırdığı gözlemlenmiştir. Gerekli önlemlerin alınmaması

durumunda gelecekte, topraktaki metal konsantrasyonlarının insan, hayvan ve bitki sağlığını tehdit edebilecek düzeylere ulaşacağı söylenebilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, Kırklareli ilinde konutlarda ve sanayide ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtların ve diğer etkenlerin toprakta metal birikimini arttırdığı tespit edilmiştir. Çalışmada incelenen metallerin konsantrasyonları şimdilik insan, hayvan ve bitki sağlığını tehdit edecek düzeyde değildir. Gelecekte Kırklareli’de ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtların su, hava ve toprak kirliliğine neden olmaması için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu amaçla Kırklareli halkının bu konudaki bilinç düzeyini arttırmak için eğitim çalışmalarının yapılması, kömür ve fuel-oile göre çevreye daha az zarar veren doğal gaz kullanımının teşvik edilmesi, binalarda kullanılacak yakıt miktarını azaltmak için ısı yalıtımı yapılması ve mevcut binalarda ısı yalıtımı uygulamalarının arttırılmasının teşvik edilmesi, ısınmada ve sanayide kullanılan kömür ve fuel-oilin çevreye olan zararını azaltmak amacıyla iyileştirme yöntemlerinin kullanılması ile ilgili gerekli kontrollerin yerel yönetimler ve Çevre Şehirlik Müdürlükleri tarafından yapılması gibi önlemler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abraham, G. M. S.** (2005). Holocene sediments of Tamaki Estuary: Characterisation and impact of recent human activity on an urban estuary in Auckland, New Zealand. Ph.D. thesis, University of Auckland, Auckland, New Zealand.
- Abraham, G. M. S., Parker, R.J.** (2008) Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, *New Zealand. Environ Monit Assess* 136: 227-238.
- Ahmed, S. ve İsmail, S.** (2018). Water pollution and its sources, effects & Management: A case study of Delhi. *International Journal of Current Advanced Research*, Volume 7, Issue 2(L):10436-10442, ISSN/O:2319-6475, ISSN/P:2319-6505, DOI:10.24327/ijcar.2018.10442.14768.
- Akbar, K.F., Hale, W.H.G., Headley, A.D., Athar, M.** (2006). Heavy Metal Contamination of Roadside Soils of Northern England. *Soil and Water Research*, 1(4): 158-163.
- Akman Y., Ketenöglü, O., Kurt L., Düzenli S., Güney K., Kurt F.** (2012). Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi), *Palme Yayıncılık*, Ankara, 55,56; 143; 176,177.
- Al-Khashman, O. A. ve Shawabkeh, R. A.** (2006). Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan. *Environmental Pollution*. 140 (3): 387-394.
- Alloway, B. J.** (2013). Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Third edition. Environmental Pollution. Springer Netherlands www.springer.com/gp/book/9789400744691. (erişim 22/09/2019).
- Alparslan, M., Güneş, A, İnal, A.** (1988). Deneme Tekniği. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No:1501, Ankara.
- Amouei, A., Cherati, A., Naghipour, D.** (2018). Heavy Metals Contamination and Risk Assessment of Surface Soils of Babol in Northern Iran. *Health Scope*. 7 (1):e62423.
- Asaah, A.V.** (2003). Heavy Metal Concentration and Distribution in the Soils of the Bassa Industrial Zone in Douala, Cameroon”, M.Sc. *Dissertation, University of Ibadan*. 79 p.
- Asaah, A.V., Abimbola, A.F., Suh, C.E.** (2006). Heavy metal concentrations and distribution in surface soils of the bassa industrial zone 1, Douala, Cameroon. *Arabian Journal for Science and Engineering. Section B: Engineering*. 31:(2A), 147-158.
- Bakar, W. A. ve Ali, R.** (2010). Natural Gas, *Natural Gas, Primoz Potocnik, IntechOpen*, DOI:10.5772/9804. <https://www.intechopen.com/books/natural-gas/natural-gas>.

- Bakirdere, S. ve Yaman, M.** (2008). Determination of lead, cadmium and copper in roadside soil and plants in Elazig, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 136, 401-410.
- Barbieri, M.** (2016). The Importance of Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination. *J.Geology & Geophysics*. 5(1): 237.
- Bilge, U. ve Çimrin, K. M.** (2013). Viranşehir-Kızıltepe Karayolu Kenarındaki Topraklarda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği, *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Science*, 19, 323-329.
- Bundschuh, J., Litter, M.I., Parvez, F., Román-Ross, G., Nicolli, H.B., Jean, J.-S., Liu, C.-W., López, D., Armienta, M.A., Guilherme, L.R.G., Cuevas, A.G., Cornejo, L., Cumbal, L., Toujaguez, R.** (2012). One century of arsenic exposure in Latin America: a review of history and occurrence from 14 countries. *The Science of the Total Environment*, 429: 2–35. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.024>.
- Cachada, A., Rocha-Santos, T., Duarte, A.C.** (2018). Chapter 1 - Soil and Pollution: An Introduction to the Main Issues. *Soil Pollution*, pp.1–28. Academic Press. doi.org/10.1016/B978-0-12-849873-6.00001-7
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012849873600017>.
- Chandramohan, J., Chandrasekaran, A., Senthilkumar, G., Elango, G., Ravisankar, R.** (2016). Heavy Metal Assessment in Sediment Samples Collected From Pattipulam to Dhevanampattinam along the East Coast of Tamil Nadu Using EDXRF Technique. *Journal of Heavy Metal Toxicity and Diseases*. 1 (2:8): 1-9.
- Chen, T. B., Zheng, Y. M., Lei, M.** (2005). Assessment of Heavy Metal Pollution in Surface Soils of Urban Parks in Beijing, China, *Chemosphere*, 60, 542-551.
- Cheng, H., Li, M., Zhao, C., Li, K., Peng, M., Qin, A., Cheng, X.** (2014). Overview of trace metals in the urban soil of 31 metropolises in China. *Journal of Geochemical Exploration*. 139: 31–52.
- Choudhary, M. P. ve Garg, V.** (2013). Causes, Consequences and Control of Air Pollution. Malviya National Institute of Technology, Jaipur, Rajasthan, India, https://www.researchgate.net/publication/279202084_Causes_Consequences_and_Control_of_Air_Pollution (erişim: 21/09/2019).
- Coker, A. O.** (2011). Environmental Pollution: Types, causes, impacts, and management for the health and socio-economic well - being of Nigeria. The University of Ibadan. Ibadan, pp1.
- Coşkun, M., Steinnes, E., Frontasyeva, M.V., Sjobakk, T.E., Demkina, A.** (2006). Heavy Metal Pollution of Surface Soil in the Thrace Region, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 119 (1-3): 545-556.

- Çağlırmak, N. ve Hepçimen, A. Z.** (2010). Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi, *Akademik Gıda*, 8 (2): 31-35.
- Çelik, A., Kartal, A.A., Akdoğan, A., Kaska, Y.** (2005). Determining the Heavy Metal Pollution in Denizli (Turkey) by Using Robino Pseude-Acacia L, *Environment International*, 31,105-112.
- Çelebi, H. ve Gök, G.** (2018). Topraklarda otoyol ve trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(6), 1169-1178, doi: 10.5505/pajes.2016.55632.
- ÇŞB** (2018). Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu (2016 verileriyle). *T.C. Çevre Şehircilik Bakanlığı. Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- ÇŞİM** (2016). Kırklareli İli 2016Yılı Çevre Durum Raporu, T.C Kırklareli Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ÇED, İzin ve Denetim Şube Müdürlüğü, Kırklareli.
- ÇŞİM** (2017). Kırklareli İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu, T.C Kırklareli Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ÇED, İzin ve Denetim Şube Müdürlüğü, Kırklareli.
- Darko, G., Dodd, M., Nkansah, M.A., Aduse-Poku, Y., Ansah, E., Wemegah, D. D., Borquaye, L.S.** (2017). Distribution and ecological risks of toxic metals in the topsoils in the Kumasi metropolis, Ghana. *Cogent Environmental Science*. 3 (1): 1354965.
- DEA** (2010). Framework for the Management of Contaminated Land. Republic of South Africa, *Department of Environmental Affairs*. <http://sawic.environment.gov.za/documents/562.pdf>. (erişim:22/09/2019).
- Decena, S. C. P., Arguelles, M.S., Robel, L.L.** (2018). Assessing Heavy Metal Contamination in Surface Sediments in an Urban River in the Philippines. *Polish Journal of Environmental Studies*. 27(5): 1983-1995.
- De Kimpe, C. R. ve Morel, J.L.** (2000).Urban soil management: a growing concern. *Soil Sci*. 165, 31–40.
- Demirayak, A., Kutbay, H. G., Kılıç, D., Bilgin, A., Hüseyinova, R.** (2011). Heavy Metal Accumulation in Some Natural and Exotic Plants in Samsun City, *Ekoloji*, 79, 1-11, doi:10.5053/ekoloji.2011.791.
- Diamantopoulou, A., Kalavrouziotis, I. K., Varnavas, S. P.** (2019). Geochemical Investigations Regarding the Variability of Metal Pollution in the Amvrakikos Bay, Greece. *Global NEST Journal*. 21(1): 7-13.
- Djingova R. ve Kuleff I.** (2000). Instrumental techniques for trace analysis, in: B. Markert and K. Friese (eds.), *Thrace elements-Their Distribution and Effects in the Environment*, Elsevier, Amsterdam, pp. 137–185.
- Donev, J., Stenhouse, K., Jenden, J., Hanania, J.** (2017). Energy Education-Diesel.<https://energyeducation.ca/encyclopedia/Diesel> (erişim:16/09/2019).

- Donev, J., Stenhouse, K., Jenden, J., Hanania, J., Campbell, A.** (2018). Energy Education-Gasoline.<https://energyeducation.ca/encyclopedia/Gasoline> (erişim:16/09/2019).
- Düzgün, M.** (2018). Diyarbakır Yöresindeki Tarım Topraklarının Hümik Asit Yönünden Araştırılması ve Ağır Metallerle İlişkilendirilmesi, *Dicle Üniveritesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, Diyarbakır.
- EC SEP** (2013). Science for Environment Policy In-Depth Report: Soil Contamination:Impacts on Human Health. Report prodedced for the European Commission DG Envireonment, Science Communication Unit, Univeristy of the West of Enngland, Bristol, <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>.
- EEA** (2014). Progress in management of contaminated sites. European Environment Agency.<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/progress-in-management-of-contaminated-sites/progress-in-management-ofcontaminated-1>.(erişim:22/09/2019).
- Ekmekyapar, F., Şabudak, T., Şeren, G.** (2012). Assessment of heavy metal contamination in soil and wheat (*Triticum Aestivum L.*) plant around the Çorlu-Çerkezköy highway in thrace region. *Global NEST Journal*, 14(4), 496-504.
- EPDK** (2017). Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, <https://www.epdk.org.tr/> (erişim:21/09/2019).
- Fagbote, E. O. ve Olanipekun, E. O.,** (2010). Evaluation of the Status of Heavy Metal Pollution of Soil and Plant (*Chromolaena odorata*) of Agbabu Bitumen Deposit Area, Nigeria. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*. 5 (4): 241-248.
- Fawell, J. ve Nieuwenhuijsen, M. J.** (2003). Contaminants in drinking water: Environmental pollution and health. *British Medical Bulletin*. Volume 68, Issue 1: 199-208. DOI:10.1093/bmb/ldg027.
- Flagan, R. C. ve Seinfeld, J.H.** (1988). Fundamantel of Air Pollution Engineering, *Prentice-Hall, Inc*, New Jersey, USA, 1-17, 0-13-332537-7.
- Fowler, D.** (1980) Removal of sulphur and nitrogen compounds from the atmosphere in rain and by dry deposition. In: Drablos D, Tolan A (eds) *Ecological effects of acid precipitation*. SNSF Project, Oslo.
- Ghorbani, H., Moghadas, N. H., Kashi, H.** (2015) Effects of Land Use on the Concentrations of Some Heavy Metals in Soils of Golestan Province, Iran. *J. Agr. Sci. Tech.* 17: 1025-1040.
- Golekar, R. B., Baride, M. V., Patil, S. N., Yeole, D. R.** (2013). Assessment and investigation of trace element in soils with reference to Geo-accumulation Index: Jalgaon District, Northern Maharashtra (India). *International Journal of Environmental Sciences*. 4 (1), 54-65.
- Guan, Y., Shao, C., Ju, M.** (2014). Heavy Metal Contamination Assessment and Partition for Industrial and Mining Gathering Areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 11 (7), 7286-7303.

- Güney, M.** (2006). Heavy Metal Determination In Roadside Soils and Highway Dust From Major Highways of İstanbul, Yüksek Lisans Tezi, *Boğaziçi Üniversitesi*.
- Hakanson, L.** (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*, 14 (8), 975-1001.
- Halder, J. N. ve İslam, M. N.** (2015). Water pollution and its İmpact on the human health, *Journal of Environment and Human*, Volume 2 Number 1,36-46, ISSN:2373-8324, DOI: 10.15764/EH.2015.01005.
- Hill, M. K.** (2010). Understanding Environmental Pollution. *Cambridge University Press*, New York, 374-410, ISBN-13 978-0-521-51866-6.
- Ho, B. Q.** (2012). Urban Air Pollution, Air Pollution-Monitoring, Modelling and Health, Edited by Mukesh Khare, free online editions of InTech, Croatia, 1-2, ISBN 978-953-51-0424-7, www.intechopen.com (erişim: 21/09/2019).
- Hutton G.** (2011). Air Pollution, Global Damage Costs of Air Pollution from 1900 to 2050. Assessment Copenhagen Consensus on Human Challenges. https://www.copenhagenconsensus.com/sites/default/files/air_pollution.pdf (erişim: 21/09/2019).
- Kabata Pendias, A ve Pendias, H.** (2001). Trace Elements in Soils and Plants, 3rd Edition *CRC Press*, Boca Raton, London, Washington DC.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S.** (2017). Metallerin Çevresel Etkileri-I *TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası*, Metalurji Dergisi, 136,47-53.
- Kalebaşı, A, Y. ve Kocabaş, A.** (2010). Heavy metal content of roadside soil in Edirne, Turkey. *Analytical Letters*, 43, 1869-1878.
- Karababa, A. O.** (2016). Coal-fired power plants and their impacts on health. *Coal Report Turkey's Coal Policies related to Climate Change, Economy and Health*, IPC, 60-74.
- Karademir, M. ve Tokar, M.C.** (1998). Ankara'nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim Bitkilerinde Egzoz Gazlarından gelen Kurşun Birikimi, *Çevre Koruma Dergisi*, Cilt 7, Sayı 26, Ankara.
- Karakoyun, G. ve Osmalı, E.** (2015). Erzincan'da Hava Kirliliğine Bağlı Olarak Sarı Çamlarda (*Pinus sylvestris L. Var. Hamata Steven*) Ağır Metal Birikimi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 (2), 67-77.
- Khalilova, H. ve Mammadov, V.** (2016). Assessing the Anthropogenic Impact on Heavy Metal Pollution of Soils and Sediments in Urban Areas of Azerbaijan's Oil Industrial Region. *Polish Journal Environmental Studies*. 25 (1): 159-166.
- Kocabaş, A.** (2008). Edirne'de yol kenarlarındaki topraklarda ağır metal içeriğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne.
- Koç, E. ve Şenel, M. C.** (2013). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, Cilt 54, Sayı 639, s. 32-44.

- Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., Uğurlu, İ.** (2018). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*. Cilt 59, Sayı 692, s 86-114.
- Keleş, C. T.** (2007). Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Li, M. ve Mallat, L.** (2018). Health impact of air pollution. The Art & Science Risk. SCOR. https://www.scor.com/sites/default/files/sp42-air_pollution.pdf (erişim: 21/09/2019).
- Likuku, A. S., Mmolawa, K. B., Gaboutloeloe, G. K.** (2013). Assessment of Heavy Metal Enrichment and Degree of Contamination Around the Copper-Nickel Mine in the Selebi Phikwe Region, Eastern Botswana. *Environment and Ecology Research*. 1 (2): 32-40.
- Loska, K., Wiechula, D., Korus, I.** (2004). Metal contamination of farming soils affected by industry. *Environ. Int.* 30: 159.
- Lovett, G. M. ve Kinsman, J. D.** (1990) Atmospheric pollutant deposition to high-elevation ecosystems. *Atmos Environ* 24A:2767–2786.
- Luo, X. S., Yu, S., Zhu, Y.G., Li, X. D.** (2012). Trace metal contamination in urban soils of China. *Sci. Total Environ.* 421–422, 17–30.
- Luo, Y., Wu, L., Liu, L., Han, C., Li, Z.** (2009). Heavy Metal Contamination and Remediation in Asian Agricultural Land. p.9. Paper presented at *MARCO Symposium*, Japan.
- Machender, G., Dhakate, R., Prasanna, L., Govil, P. K.,** (2011). Assessment of heavy metal contamination in soils around Balanagar industrial area, Hyderabad, India. *Environmental Earth Sciences*. 63(5): 945–953.
- Marjanović, M. D., Vukčević, M. M., Antonović, D. G., Dimitrijević, S. I., Jovanović, D. M., Matavulj, M. N., Ristić, M. D.** (2009). Heavy Metals Concentration in Soils From Parks and Green Areas in Belgrade. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 74 (6): 697-706.
- Mehr, M. R., Keshavarzi, B., Moore, F., Sharifi, A., Lahijanzadeh, A., Kermani, M.** (2017). Distribution, source identification and health risk assessment of soil heavy metals in urban areas of Isfahan province, Iran, *Journal of African Earth Sciences*, Volume 132, p:16-26 <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.04.026>.
- Mishra, R. K., Mohammad, N., Roychoudhury, N.** (2016). Soil pollution: Causes, effects and control, *Tropical Forest Research Institute*, Vol.3 No.1 India.
- Mmolawa, K. B., Likuku, A. S., Gaboutloeloe, G. K.,** (2011). Assessment of heavy metal pollution in soils along major roadside areas in Botswana. *African Journal of Environmental Science and Technology*. 5(3): 186-196.
- Mohseni-Bandpei, A., Ashrafi, S.D., Kamani, H., Paseban, A.** (2017). Contamination and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Soils of Esfarayen City, Iran. *Health Scope*. 6 (2): e39703.

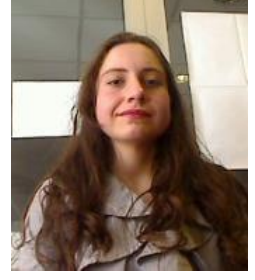
- Morand, C. P. ve Maesano, I. A.** (2004). Air pollution: from sources of emissions to health effects, *Breathe*, Volume 1, Number 2: 108-119, DOI: 10.1183/18106838.0102.108.
- Morton-Bermea, O., Hernandez Alvarez, E., Gaso, I., Segovia, N.** (2002) Heavy metal concentrations in surface soil from Mexico City, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 68, 383–388.
- Muller, G.** (1969). Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River. *Geol. J.* 2(3):108-118.
- Muller, G.** (1981). Die Schwermetallbelastung der Sedimente des Neckars und seiner Nebenflüsse: eine Bestandsaufnahme. *Chem Ztg* 105: 157-164.
- NEED** (2018). National Energy Education Development Project. <https://www.need.org> (erişim: 21/09/2019).
- Nwankwoala, H. O. ve Ememu, A.J.** (2018). Contamination Indices and Heavy Metal Concentrations in Soils in Okpoko and Environs, Southeastern Nigeria. *Sch J Appl Sci Res.* 1(3): 9-19.
- OECD** (2017). Diffuse Pollution, Degraded Water: Emerging Policy Solutions. *OECD Publications*, OECD Environment Directorate, www.oecd.org/water (erişim: 21/09/2019).
- Olabanji, I. O., Oluyemi, E. A., Fakoya, T. O., Eludoyin, A. O. Makinde, W. O.** (2015). Effects of Wastes Disposal System on Metal Composition of Hospital Dumpsite Soil in Ilesa, Southwestern Nigeria. *J. Int. Environmental Application & Science.* 10 (3): 319-330.
- Oliveira, S. M. B. de, Pessenda, L. C. R., Gouveia, S. E. M., Favaro, D. I. T.** (2011). Heavy Metal Concentrations in Soils from a Remote Oceanic Island, Fernando De Noronha, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.* 83 (4): 1193-1206.
- Ontario ME.** (2001). Cobalt in the environment. *Ontario Ministry of the Environment*, <https://foodshedproject.ca/wp-content/uploads/2015/12/CoFacts.pdf> (erişim: 22/09/2019).
- Osman, T. K.** (2014). Soil Degradation, Conservation and Remediation, Springer Science Business Media Dordrecht, doi.org/10.1007/978-94-007-7590-9-6:149-150,170,177,190,191.
- Öncel, M. S., Zedef, V., Mert, S.** (2004). Lead Contamination of Roadside Soils and Plants in the Highways Between İstanbul and Sakarya, NW Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin (FEB)*, 13(12B): 1525-1529.
- Önder, S. ve Dursun, Ş.** (2005). Air Borne Heavy Metal Pollution of Cedrus Libani (A.Rich.) in the City Center of Konya, *Atmospheric Environment Elsevier*, 40, 1122-1133.
- Özkan, A.** (2017). Antalya-Cilvegözü Karayolu Etrafındaki Tarım Arazilerinde ve Bitkilerdeki Ağır Metal Kirliliği, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 9-18.
- Özkul, C.** (2008). İzmit (Kocaeli) Çevresinde Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Derişimine Etkisi. *Uygulamalı Yerbilimleri*, Sayı 2, s:1-9.

- Pak, O.** (2011). Kırklareli Sınırları İçerisindeki Otoban Kenarında Bulunan Tarım Arazilerinde Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ.
- Papastergios, G., Filippidis, A., Christofides, G., Kassoli-Fournaraki, A., Fernândez-Turiel, J., Georgakopoulos, A., Gimeno, D.** (2007). Trace element contents in uncultivated surface soils in the Kavala area, northern Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 40 (3), 1491-1498.
- Paterson, E., Sanka, M., Clark, L.** (1996). Urban soils as pollutant sinks-a case study from Aberdeen, *Scotl and.Sci.Total Environ.*11,129–131.
- Poggio, L., Vrscaj, B., Schulin, R., Hepperle, E., Marsan, F.A.** (2009). Metals pollution and human bioaccessibility of top soils in Grugliasco (Italy). *Environ.Pollut.*157, 680–689.
- Pourret, O. ve Faucon, M. P.** (2016). Cobalt. Encyclopedia of Geochemistry, *Springer* 1-17. Doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-39193-9_271-1.
- Qing, X., Yutong, Z., Shenggao, L.** (2015) .Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.120, 377-385.
- Ripin, S. N. M., Hasan, S., Kamal, M. L., Hashim, N. M.** (2014). Analysis and pollution assessment of heavy metal in soil, Perlis. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 18 (1): 155-161.
- Sarı, T.** (2009). Edirne ve Çevresinde otoban Kenarlarındaki Topraklarda Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ.
- Singh, M. R. ve Gupta, A.** (2016). Water Pollution-Sources, Effects and Control. https://www.researchgate.net/publication/321289637_WATER_POLLUTION-SOURCESEFFECTS_AND_CONTROL (erişim:21/09/2019).
- Sivakumar, S., Chandrasekaran, A., Balaji, G., Ravisankar, R.** (2016). Assessment of Heavy Metal Enrichment and the Degree of Contamination in Coastal Sediment from South East Coast of Tamilnadu, India. *Journal of Heavy Metal Toxicity and Diseases*. 1 (2:11): 1-8.
- Sofianska, E. ve Michailidis, K.** (2016). Assessment of heavy metals contamination in the western Drama plain soils (Macedonia, N. Greece), using combined geochemistry and GIS mapping techniques. *Soil and Sediment Contamination*. 25(3):296-312.
- SSR** (2010). Soil Contamination in West Africa. *Environmental Remediation Pollution*. <https://www.scribd.com/doc/71599035/Soil-Contamination-in-West-Africa> (erişim:22/09/2019).
- Swartjes, F. A.** (2011). Dealing with Contaminated Sites. Dordrecht, *Springer* Netherlands. <http://link.springer.com/10.1007/978-90-481-9757-6>. (erişim:22/09/2019).

- Tarazona, J. V.** (2014). Pollution, Soil. *Encyclopedia of Toxicology*, pp. 1019–1023. Elsevier. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123864543005315> (erişim:22/09/2019).
- TKKY** (2005). Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050531-6.htm> (erişim:22/09/2019).
- Torlak, C.** (2018). İki Farklı pH Ortamında Yetiştirilen Ayçiçeği Bitkisinde Herbisit Olarak Kullanılan İmazamoks İle Ağır Metal Düzeyleri Arasındaki ilişkinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.
- Tripathee, L., Kang, S., Rupakheti, D., Zhang, Q., Bajracharya, R. M., Sharma, C. M., Huang, J., Gyawali, A., Paudyal, R., Sillanpää, M.** (2016). Spatial Distribution, Sources and Risk Assessment of Potentially Toxic Trace Elements and Rare Earth Elements in Soils of The Langtang Himalaya, Nepal. *Environmental Earth Sciences*. 75:1332.
- Turrall, H., Sagasat-Mateo, J., Zadeh, S. M.** (2017). Water pollution from agriculture: a global review, *the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, Rome.
- TÜİK** (2019). Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr (erişim:22/09/2019)
- Wei, B. G. ve Yang, L. S.** (2010). A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchem.J.*94,99–107.
- Weissmannová, D. H., Pavlovský, J., Chovanec, P.,** (2015). Heavy metal Contaminations of Urban soils in Ostrava, Czech Republic: Assessment of Metal Pollution and using Principal Component Analysis. *International Journal of Environmental Research*. 9 (2): 683-696.
- Wong, C. S. C., Li X. D.,Thornton, I.** (2006).Urban environmental geochemistry of trace metals. *Environ.Pollut.*142,1–16.
- Wuana, R. A. ve Okieimen, F. E.** (2011). Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *International Scholarly Research Network ISRN Ecology*.Volume 2011, Article ID 402647, 1-20, doi:10.5402/2011/402647.
- Yaylalı Abanuz, G.,** (2011). Heavy Metal Contamination of Surface Soil Around Gebze Industrial area, Turkey. *Microchemical Journal*. 99 (1): 82–92.
- Yıldırım, H. H.** (2016) Türkiye’de Enerji Sorunu, Alternatif Çözüm Önerileri için Rüzgar Enerjisi ve Yatırımları: Güney Marmara Bölgesinde Rüzgar Enerjisi Yatırımlarının Risk ve Getiri Değerlendirmesi Üzerine Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.
- Yıldız, N.** (2004). Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller. ZT-531. *Yüksek Lisans Ders Notları*, Erzurum.
- Yörük, O.** (2008). Ergene Havzasında Yetiştirilen Ayçiçek Bitkisinde (Helianthus annuus L.) Bazı Eser Element İçeriklerinin ICP-OES ile Tayini,

Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,
Edirne.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Seda Bahar TURHAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Kırklareli/ 20.05.1987
E-Posta : ssedabahar@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, Sakarya Üniveritesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Öğretmenliği Bölümü
- **Yüksek Lisans** : Kırklareli Üniversitesi, Fizik Anabilim Dalı, Fizik Programı-devam ediyor

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Seda Bahar Turhan, 2012 tarihinde Kırklareli'nin Pehlivanköy İlçesi'ne Fen Bilimleri Öğretmeni olarak atandı. 2015 tarihinde Anadolu Üniversitesi Kamu Yönetimi Bölümü'nden mezun oldu. 2018 tarihinden itibaren Kırklareli'nin Pınarhisar İlçesi'ne bağlı Kaynarca Beldesi'nde öğretmenlik yapmaktadır.