

T.C
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ VE FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTLİS İLİ HAVA KİRLİLİĞİNİN TOPRAK KİRLİLİĞİNE ETKİLERİ

Elif ÇELİK

EKİM 2019

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTLİS İLİ HAVA KİRLİLİĞİNİN TOPRAK KİRLİLİĞİNE ETKİLERİ

Hazırlayan
Elif ÇELİK

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sinan Mehmet TURP

Jüri Üyeleri
Doç.Dr. Nurtaç ÖZ
Dr.Öğr.Üyesi Sinan Mehmet TURP
Dr.Öğr.Üyesi Çiğdem ÖZER

EKİM 2019

ONAY

Elif ÇELİK tarafından hazırlanan “**Bitlis İli Hava Kirliliğinin Toprak Kirliliğine Etkisi**” adlı tez çalışması 11/10/2019 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Doç.Dr. Nurtaç ÖZ

(Başkan)

Dr. Öğr. Üyesi Sinan Mehmet TURP

(Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem ÖZER

İmza

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 27./11./2019 gün ve 64/23 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Fatih Ahmet ÇELİK

Enstitü Müdür V

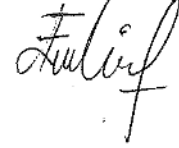
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS ÇALIŞMASI

ETİK BEYANI

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “Bitlis İli Hava Kirliliğinin Toprak Kirliliğine Etkileri” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. 09/12/2019

EHİ ÇELİK



ÖZET

BİTLİS İLİ HAVA KİRLİLİĞİNİN TOPRAK KİRLİLİĞİNE ETKİLERİ

ELİF ÇELİK

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Sinan Mehmet TURP

Ekim 2019, 65 Sayfa

Günümüzde gelişen kentleşme, artan nüfus ve endüstriyel faaliyetler hava kalitesini düşürmektedir. Gelişen kentleşme beraberinde pek çok olumsuz etki yaratmaktadır. Nüfusun yüksek rakamlarda olduğu kentlerde özellikle trafik kaynaklı hava kirliliği önemli boyutlara ulaşmaktadır. Hava kirliliğine neden olan gazlar, partikül madde ve çeşitli reaksiyonlarla ortaya çıkan etkileşim, hava kalitesi ve çevre kalitesine etkide bulunarak yaşam standardımızı olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kirliliği doğrudan ve dolaylı yollarla toprak kirliliğine de neden olmaktadır. Havada askıda bulunan kirletici maddeler yağışlarla yada çökelme ile toprağa inmektedir.

Bitlis ili, coğrafi konumu sebebiyle yılın büyük bir bölümünü ağır kış şartları altında geçirmektedir. Bu sebeple, yoğun olarak fosil yakıt kullanımına ihtiyaç duymaktadır. Ulaşım açısından da bir uluslararası kavşak noktasındadır. Taşıt trafiği, hava kirliliği artışında etkili bir nedendir. Hava kirliliğini oluşturan gaz ve partikül emisyonları, kaynaktan belli bir mesafe kadar uzaklıkta yeryüzüne, toprak veya bitki örtüsüne düşmektedir. Bu sebeple çevre, insan ve canlı sağlığı hem doğrudan hem de dolaylı yollarla etkilenmektedir.

Bu çalışmada, Bitlis şehir merkezinden, GPS (Global Position System) cihazı yardımı ile belirlenen 17 farklı noktadan alınan toprak örnekleriyle, hava kirliliğinin toprak kirliliğindeki kirletici etkisi araştırılmıştır. Ayrıca kömür ve kül örneği alınarak, toprak örnekleriyle aynı kimyasal işlemler uygulanmıştır. Toplanan numuneler, laboratuvar ortamında sıvı hale getirilerek içeriğindeki ağır metaller (Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb), Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğindeki değerler ile karşılaştırılmıştır. Toprak, kül ve kömür içerisinde bulunan ağır metaller değerleri; kömür ve külde bulunan ağır metallerin aylara göre dağılımı, toprak

numunelerinin alındıkları noktalar ve çıkan ağır metal değerleri grafik haline getirilmiştir. Grafikler Toprak Kirliliği Yönetmeliği değerlerine göre yorumlanmıştır. Trafiğin yoğun olduğu noktalarda ve özellikle kış şartlarının ağırlaştığı aylarda ağır metal kirliliğinin önemsenir düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Hava Kirliliği, Toprak Kirliliği, Ağır Metal Kirliliği, Taşıt Emisyonu, Bitlis



ABSTRACT

THE EFFECTS OF BITLIS PROVINCE AIR POLLUTION ON SOIL POLLUTION

Elif ÇELİK

Master Thesis

Bitlis Eren University

Faculty of Engineering and Architecture

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sinan Mehmet TURP

October 2019, 65 pages

Today's developing urbanization, increasing population and industrial activities reduce air quality. Developing urbanization has many negative effects. In cities where the population is high, especially traffic-related air pollution reaches significant levels. Gases causing air pollution, interaction with particulate matter and various reactions ,affects the air quality and environmental quality and adversely affects our standard of living. Air pollution directly and indirectly causes soil pollution. Pollutants suspended in the air come down to the soil by precipitation or precipitation.

Due to its geographical location, Bitlis province spends most of the year under severe winter conditions. Therefore, it needs intensive use of fossil fuels. It is at an international crossroads in terms of transportation. Vehicle traffic is an effective cause of air pollution increase. Gaseous and particulate emissions, which constitute air pollution, fall to the earth, soil or vegetation at a distance from the source. For this reason, environment, human and living health are affected both directly and by means. In this study, the pollutant effect of air pollution on soil pollution was investigated with soil samples taken from 19 different points determined by GPS (Global Position System) device from Bitlis city center. In addition, coal and ash samples were taken and the same chemical processes were applied as soil samples. The collected samples were made liquid in the laboratory and compared with the values of the heavy metals (Al, Cr, Mn, Fe,

Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb). It has been compared with the values in Soil Pollution Control Regulation. Values of heavy metals in soil, ash and coal; distribution of heavy metals in coal and ash by months, the points taken by soil samples and the resulting heavy metal values were graphs. The graphs were interpreted according to the values of Soil Pollution Regulation. It has been determined that heavy metal pollution is significant at the points where the traffic is heavy and especially during the months when winter conditions become heavy.

Keywords: Air Pollution, Soil Pollution, Heavy Metal Pollution, Vehicle Emissions, Bitlis



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca öncelikle bu tez konusunu bana öneren, çalışmanın yürütülmesinde, yazım aşamasında büyük desteklerinden, değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, desteğini almaktan çekinmediğim ve aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Sinan Mehmet TURP'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, bana her zaman maddi manevi destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Bitlis İli Genel Özellikleri	1
1.2. Hava Ve Toprak Kirliliği.....	4
1.3. Önceki Çalışmalar.....	9
2. MATERYAL VE METOT	20
2.1. Materyal.....	20
2.1.1. Terazî	20
2.1.2. Hassas Terazî	21
2.1.3. Etüv.....	22
2.1.4. Polietilen Kaplar	27
2.1.5. Saf Su Cihazı	28
2.1.6. Su Banyosu	29
2.1.7. Çeker Ocak	32
2.2. Metot.....	40
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	42
3.1. Bulgular	42
3.2. Tartışma	52
3.2.1.1.Kurşun	52
3.2.1.2.Kadmiyum	52
3.2.1.3. Bakır	53
3.2.1.4.Çinko	53
3.2.1.5. Demir.....	54

3.2.1.6. Nikel.....	54
3.2.1.7. Krom.....	55
3.2.1.8. Kobalt.....	55
3.2.1.9. Mangan.....	56
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
5. KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	64



ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

1.1. Bazı gaz haldeki kirleticiler	8
1.2. 2015 yılında bitlis ilindeki araç sayısı ve egzoz ölçümü yaptıran araç sayısı	9
3.1. Topraktaki ağır metal sınır değerleri.....	42
3.2.Bitlis ilinde 2017 yılı hava kalitesi parametreleri aylık ortalama değerleri ve sınır değerin aşıldığı gün sayıları (PM10: $\mu\text{g}/\text{m}^3$; CO: mg/m^3).....	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

SEKİL

Sayfa

1.1. Bitlis şehri lokasyon haritası.....	1
1.2. Bitlis ili çalışma alanı.....	2
1.3. Bitlis ilinden ilinden genel görünüm	4
2.1. Terazı.....	21
2.2. Hassas terazı.....	22
2.3. Etüv.....	23
2.4. Toprağın cam tüplere alınması.....	24
2.5. Kurutulacak toprak örnekleri.....	25
2.6. Etüve alınan toprak örnekleri.....	26
2.7. Polietilen kaplar.....	27
2.8. Saf su cihazı.....	28
2.9. Su banyosu.....	29
2.10. Numunelerin su banyosuna yerleştirilmesi.....	30
2.11. Toprak eritme işlemini gerçekleştirirken azalan numunelere asit ilavesi.....	31
2.12. Çeker ocak.....	32
2.13. Isıtıcı tabla.....	33
2.14. Isıtıcı üzerinde buharlaştırılan numuneler.....	34
2.15. ICP-MS cihazı.....	35
2.16. Hidroflorik asit	36
2.17. Hidroflorik asit ve Nitrik asit.....	37
2.18. Ölçülü kap yardımıyla asit karışımının hazırlanması	38
2.19. Hidroklorik asit (Merck KGaA, Darmstadt).....	39
2.20. Alınan toprak numunelerinin harita üzerinde gösterimi.....	40
3.1. Kül içeriğindeki Krom(Cr) içeriği.....	42
3.2. Kül içeriğindeki Nikel (Ni) içeriği.....	43
3.3. Kül içeriğindeki Mangan (Mn) içeriği.....	44
3.4. Kül içeriğindeki Demir (Fe) içeriği.....	45
3.5. Kül içeriğindeki Kobalt(Co) içeriği.....	46
3.6. Kül içeriğindeki Kurşun(Pb) içeriği.....	47
3.7. Kül içeriğindeki Bakır(Cu) içeriği.....	50
3.8. Bitlis ilinde 2018 yılından Sosyal Yardımlaşma aracılığıyla dağıtılan kömür.....	51

SİMGELER DİZİNİ

Mg/Kg	Miligram/Kilogram
pH	Hidrojen Konsantrasyonunun Negatif Logaritması
°C	Santigrat Derece
PM ₁₀	Çapı 10 Mikrondan Büyük Olan Partikül Maddeler
g	Gram
mg/L	Miligram/Litre
V	Hacim
L	Litre
mL	Mililitre
µm	Mikrometre
ppm	Milyonda bir (mikro)

KISALTMALAR DİZİNİ

GPS	Global Position System
Al	Alüminyum
Cr	Krom
Mn	Mangan
Fe	Demir
Co	Kobalt
Ni	Nikel
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Cd	Kadmiyum
Pb	Kurşun
SO ₂	Kükürt Dioksit
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
MS	Kütle Spektrometresi

1. GİRİŞ

1.1. BİTLİS İLİ GENEL ÖZELLİKLERİ

Bitlis, Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat ve Yukarı Murat sınırları içerisinde yer alan bir ilimizdir. Doğu Anadolu bölgesinin bir ili olan Bitlis ili konum olarak, kuzey ve kuzeydoğusunda Tatvan, Kuzeybatısında Güroymak, Batısında Mutki, Güneydoğusunda Hizan ilçeleri ve güneyinde Siirt ilinin Baykan ilçesi bulunmaktadır [1].



Şekil 1.1. Bitlis şehri lokasyon haritası



Şekil 1.2. Bitlis ili çalışma alanı

Bitlis ili toplamda 7 ilçeye sahiptir. Bunlar merkez ilçe dâhil olmak üzere Tatvan, Ahlat, Adilcevaz, Mutki, Hizan, Güroymak'tır. Bitlis ili toplam nüfusu 341.474'tür[2].

Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan bir il olup, genel yüz ölçümü 6.707 km²'dir. Van Gölü'nün 1.876 km²'lik kısmı ve diğer göl yüzeyleri de eklendiğinde Bitlis ilinin toplam yüz ölçümü 8.645 km² olmaktadır. Bitlis ili coğrafik şekillerini etrafında bulunan genellikle volkanik yapılarda olan dağlar ve bu dağlardan oluşan düzlüklerden oluşmaktadır. Bitlis yükseklik olarak deniz seviyesinden 1.545 metre yüksekliktedir[2].

Bitlis ulaşım yönünden bir kavşak noktasında bulunmaktadır. Orta ve Güneydoğu Anadolu ulaşım yolları bu noktadan geçmektedir. Diyarbakır ve Adıyaman'dan gelen karayolu ile Muş ve Bingöl'den gelen karayolu Bitlis'te kesişerek, Van Gölü güneyini takiben Van'a ulaşmaktadır. Bitlis Güneydoğu Torosların geçit verdiği tek bölgedir ve Van Gölünde deniz taşımacılığı da yapılmaktadır.

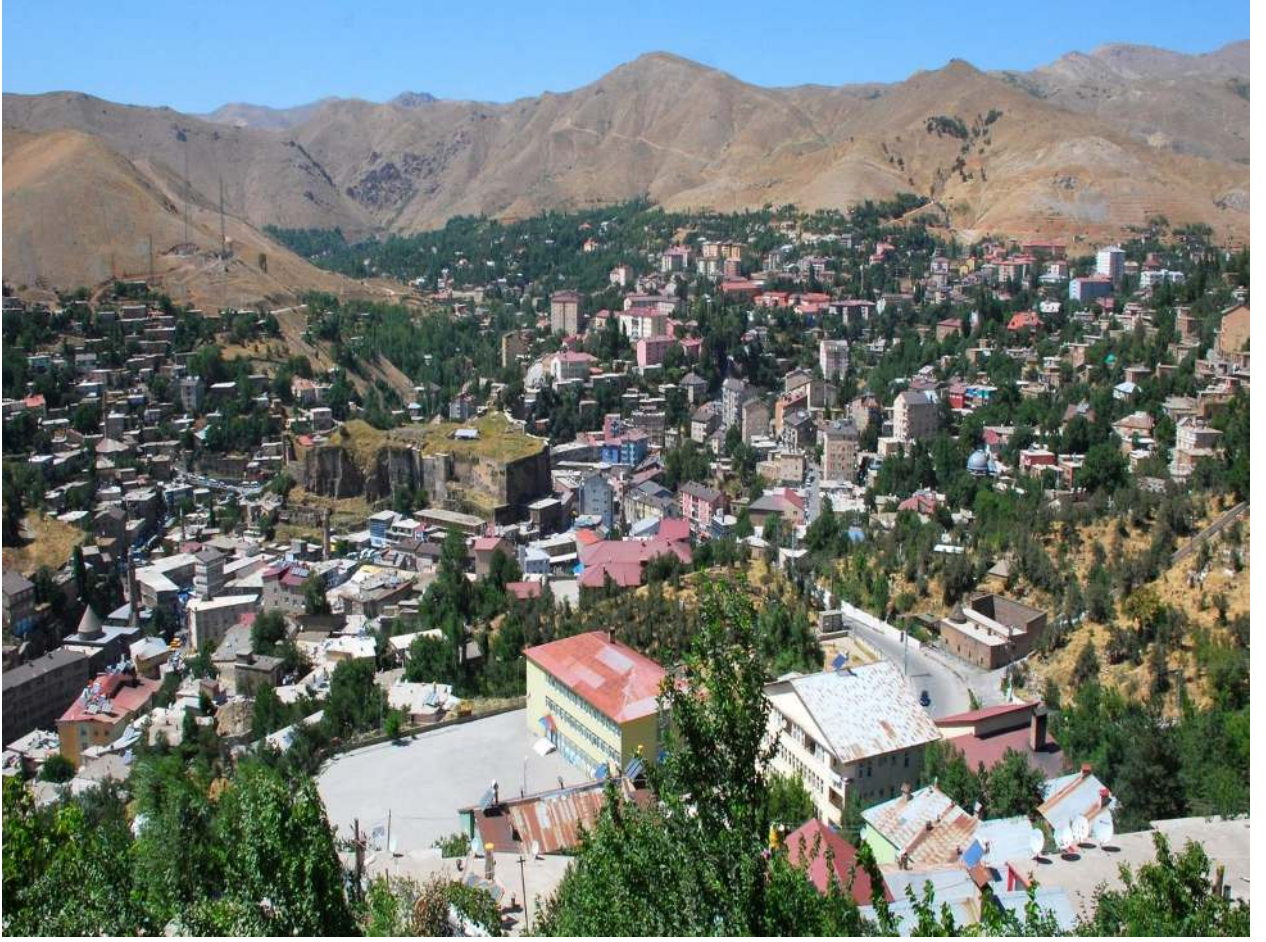
Bitlis, Doğu Anadolu bölgesine ait bir il olduğundan dolayı kış ayları sert ve kar yağışlı geçmektedir. Kış mevsimi erken gelip uzun sürmektedir. Yağan karın yerde kalma süresi uzundur. Bu süreç nisan aylarına kadar devam etmektedir. Ayrıca yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir. Özellikle mayıs-ekim ayları arası kuraktır. Konum olarak deniz seviyesinin çok üstünde ve uzak

olduğundan iklimi karasaldır. Fakat yakınında bulunan Van gölü münasebetiyle kış ayları diğer bölge illerine nazaran daha az soğuk geçmektedir. Sıcaklık yıl boyunca ortalama -19°C ile 36,8°C aralığında değişmektedir. Yağış miktarı 958 mm'dir. Yağışın % 45'i kış aylarında, % 31'i ilkbahar ve % 24'ü sonbahar aylarında görülmektedir. Yağan karın bahar aylarının gelmesiyle erimesi yavaş olduğundan herhangi bir taşkın ya da sel felaketi görülmemektedir. Bu şekliyle yağan yağışlar yeterli miktardadır denilebilir. Bitlis ili bu koşullar dolayısıyla ormanlarla kaplı olup, Türkiye'nin en yüksek ormanlarını haznesinde bulundurmaktadır. Bitlis yüzölçümünün %35'lik bölümü ormanlarla kaplıdır. Nemrut Kraterinin iç yamaçlarındaki 2900 metrede bulunan orman, Türkiye'nin en yüksek ormanıdır ve Hizan orman bakımından en zengin bölgedir. Fakat yöre insanının bilinçsizce yakacak odun ihtiyacını karşılama isteği ve yapılan kesimler ormanların tahrip olmasına ve sayılarının her geçen gün azalmasına neden olmaktadır. İlin %30'luk bitki örtüsü çayır ve meralardan oluşup, %20'lik bölümünde de tarıma elverişli toprak bulunmaktadır. Yağışların fazla olduğu dönemlerde yeşeren, yazın sıcaklıkla ve kuraklıkla birlikte kuruyan otlardan dolayı Bitlis ili karasal iklimin etkilerini taşır diyebilmekteyiz.

Sulak alanlarda kavak ve söğüt ağaçlarıyla elma, armut, ceviz ve dut ağaçları fazla sayıda bulunmaktadır. Ayrıca son yıllarda yapılan ağaçlandırma çalışmalarında önemli adımlar atılmıştır. İlimizde ekime müsait arazinin çoğunda tahıl ürünleri ekilmektedir. En fazla buğday olmakla birlikte çavdar, darı, arpa, baklagillerden özellikle fasulye yetişmektedir. Meyvecilik sebzecilikten daha çok gelişmiştir. Cevizleri, armutları meşhurdur. Antep fıstığı, meyan kökü, elma, kiraz ve dut bol miktarda yetişmektedir. Ahlat'ın armudu ile meyan kökü yüzyıllardan beri bilinmektedir. Vişne, badem, ayva ve kayısı da yetişmektedir.

İlin %18,9'u tarım arazisidir, tarıma elverişli olup kullanılmayan arazi oranı %2,09'dur. 134.918 hektar olan tarım arazisinin %20,6'sı sulanmaktadır. Sulanan arazilerde tütün, pancar, patates ve meyve üretilmektedir. Tarım alanlarının %73,61'i ekili alanlardan oluşmaktadır, %25,24'ü nadas, %0,61 sebze %0,54'ü mera ve bağlıktır. Yetiştirilen ehemmiyetli ürünler çavdar ve tütündür. Şehirde yetiştirilen en önemli meyve ise ceviz olup, yüksek verimliliği ve kalitesi ile tanınmaktadır.

Sanayisi alanında çok geride kalmış olan Bitlis ilinde bölge halkı yatırımlarının çoğunu hayvancılığa yatırmıştır. Bu yüzden halk geçiminin çoğunu hayvancılık ve hayvan ürünleri üzerinden karşılamaktadır. Sanayi yok denecek kadar az olan Bitlis ilinde, çalışma sonuçlarına göre, "gıda ürünleri ve içecek imalatı", "madencilik ve taş ocakçılığı" ve "bitkisel üretim" sektörleri öne çıkmaktadır. Fakat arazinin yüksek, engebeli ve kış şartlarının uzun süre devam etmesi maden arama faaliyetlerini zorlaştırmaktadır.



Şekil 1.3. Bitlis ilinden ilinden genel görünüm[2]

Bitlis ili doğal yapı tarihi, mimari ve kültürel değerler bakımından önemli turizm potansiyeline sahip illerimizdendir. Van Gölü kıyıları, Aygır ve Nazik Gölleri, Nemrut Krateri, Bitlis kış sporları alanı, Çukur Kaplıcası ilimizdeki başlıca doğal kaynak potansiyelini oluşturmaktadır. Tarihin her dönemine tanıklık eden anıtsal yapıları, Türkiye'nin en büyük yanardağı olan eşsiz doğa harikası Nemrut Dağı ve Krater Gölü, Tatvan-Ahlat-Adilcevaz ilçelerimizin bir hilal şeklinde kucakladığı uçsuz bucaksız görüntüsü ile Van Gölü, Süphan Dağı, Beş Minaresi, şifalı suları ve misafirperver insanı ile tarih ve doğanın kucaklaşmasını en güzel şekilde sergileyen şirin bir ilimizdir. Bitlis ili kış mevsiminin uzun sürmesi sebebiyle kış turizmi konusunda da önemli bir yere sahiptir. Fay hattı üzerinde bulunan Bitlis ili ve çevresinde çok fazla sayıda kaplıca bulunmaktadır[2].

1.2. HAVA VE TOPRAK KİRLİLİĞİ

Hava kirliliği ile ilgili çeşitli sayıda tanım mevcuttur. Genel olarak hava kirliliği; belirli bir kaynaktan bırakılan kirleticilerin atmosfere bırakılması sonucu havadaki kirletici değerlerinin insan ve çevreye zarar verici düzeye ulaşmasıdır. Kaynaktan atmosfere direk veya bir değişime uğramadan bırakılan kirleticilere birincil kirleticiler, kaynaktan çıktıktan sonra atmosferde bulunan diğer maddelerle reaksiyona girip bu reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan kirleticiler ikincil kirleticiler olarak ifade edilir. Yoğun şehirleşme, şehirlerin yanlış konumlandırılması, motorlu taşıt sayısının artması, düzensiz sanayileşme, kalitesiz yakıt kullanımı, topoğrafik ve meteorolojik şartlar gibi nedenlerden dolayı hava kirliliği yaşanabilmektedir. Bitlis ilinde kalitesiz kömür yakılmasına bağlı yoğun hava kirliliği sorunları yaşanmaktadır. Hava kirliliği, özellikle kış aylarında sert kış şartları gözlenmekte olup, aşırı soğuk havalardan dolayı yüksek miktarda ve bilinçsizce yakılan kömürlerden kaynaklanmaktadır. Genellikle kış aylarında kullanılan bu yakıtlar hava kalitesi sınır değerlerini aşmamakla birlikte inversiyon etkisiyle de Bitlis ili hava kalitesini lokal olarak olumsuz yönde etkilemektedir[2]. Gaz halindeki kirleticilerin en önemlileri; karbonmonoksit (CO), hidrokarbonlar (HC), hidrojen sülfür (H₂S), azot oksitler (NO_x) ve diğer oksitleyiciler ile kükürt oksitler(SO_x) dir[3].Yapılan bir çalışmada havada bulunan partikül madde(PM₁₀) ve kükürtdioksit(SO₂) değerlerinin kışın diğer mevsimlere ve haftaiçi haftasonu günleri arasındaki farklara bakılmıştır. Sonuç olarak rüzgar hızının yüksek olduğu aylarda ve endüstriyel aktivite ile şehir içi trafik yoğunluğunun azaldığı haftasonu günlerinde kirletici emisyonlarının düşük düzeylerde seyrettiği görülmüştür[4].

Bitlis ilinin uluslararası kavşak noktasında bulunması taşıt emisyon kaynaklı kirliliği arttırmaktadır. Araçların neden olduğu partikül şeklindeki kirleticiler duman (smog) ve kurşun taneciklerinden oluşmaktadır. Egzoz bacasından çıkan dumanlar eksik yanma sonucunda oluşurken, kurşun emisyonları doğrudan benzine karıştırılan ‘kurşun tetraetil’den dolayı meydana gelmektedir. Kurşun partikülleri halojen bileşikler şeklindedir. Hidrokarbonlar motordaki eksik yanma ve yağ haznesindeki, karbüratördeki ve benzin deposundaki buharlaşmadan meydana gelmektedir[3]. Egzoz emisyonları, araçların fren lastik ve debriyaj gibi araç parçaları ile kent ortamında eser miktarda ağır metal kirliliğine yol açmaktadır. Araç emisyonları, sanayi atıkları ve atık su çamuru kentsel toprakların ağır metal kirlenmesi üzerinde gözle görülür bir etkiye sahiptir[5].

Hava kirliliği, doğrudan veya dolaylı olarak insan sağlığını etkilemekte ve yaşam kalitesini düşürmektedir. Toplum sağlığını tehdit eden çevresel sorunların başında hava kirliliği gelmektedir. Hava kirliliği miktarı kritik seviyeyi geçtiğinde özellikle çocuklar, yaşlılar ve kronik akciğer hastalığı olan duyarlı kişiler olmak üzere tüm toplumda pulmoner ve kardiyovasküler

sistem başta olmak üzere birçok sistemde zararlı etkiler yaratmaktadır[6]. Uçucu organik bileşiklere (UOB) maruz kalan kişilerde, akut ve kronik sağlık etkileri oluşturur. Düşük dozlarda UOB'ler, astıma ve diğer bazı solunum yolu hastalıklarına sebep olmaktadır[7]. Atmosferde bulunan kükürtdioksit, azot oksitler ve benzeri gazlar havanın nemi ile birleşerek asitleri oluştururlar. Yağışlarla toprağa inerek toprağın asitliğini arttırmış diğer bir ifadeyle de toprağın pH değerini düşürmüştür olmaktadır. Toprağın asitliğinin artması sonucu nitrat ve alüminyum yıkanması yer altı ve yerüstü sularının niteliğini bozmaktadır. Bununla birlikte beslenmemizi sağladığımız topraklar her geçen gün kirlenmekte ve toprak kirliliğinin artması sonucu meyve, sebze ve tarımsal ürünlerin yetiştirildiği alanın her geçen gün azalmasına sebep olmaktadır[8]. Havada bulunan ağır metaller (As, B, Cu, Fe, Ag, Ni, Pb, Zn) toprağa ulaşınca, bitkilerin yapısına girerek taban suyuna karışır ve toprak mikroorganizmalarına zarar verir[9]. Hava, su, toprak kirliliği birbirini etkileyen üçlü döngü içerisinde. Toprak kirliliği, hava ve su kirliliğini son noktasını oluşturmaktadır ve bu kirlilik türü diğerlerine oranla giderilmesi daha zor bir kirlilik türüdür. Ağır metallerin neden olduğu çevre kirliliği, dolaylı yollarla insan bünyesine geçerek birikimi sonucu ciddi rahatsızlıklara neden olmaktadır. Böylece ağır metaller kirlilik yüklü toprakların, tarım ürünleri, meralar ve insan sağlığına olan etkilerini gıda zinciri dâhilinde incelemiştir[10].

Topraktaki ağır metaller Civa(Hg), Kadmiyum(Cd), Kurşun(Pb), Krom(Cr) ve Arsenik(As) önemli ağır metalleri belirtir. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan topraktaki ağır metallerin türü ve içeriği son zamanlarda giderek artmaktadır ve ciddi çevre sorunlarıyla sonuçlanmıştır. Bu çalışmada, çeşitli şehirler/ülkelerdeki ağır metallerin toprak kirliliğini karşılaştırılarak analiz edilmiş ve dünya çapında toprak ağır metal kontaminasyonunun geçmiş, etki ve iyileştirme yöntemlerini incelemiştir[11].

Yapılan bir çalışmada Sapanca Gölü yakınlarındaki Kınalı-Sakarya karayolu üzerinden toprak örnekleri alınarak kurşun ve nikel analizlerine bakılmıştır. Bu karayolu Ankara ve İstanbul arasında seyahat eden araçlar tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Belirlenen yerlerden alınan toprak numuneleri yılda iki kez; trafik yoğunluğunun yüksek, endüstriyel faaliyetlerin ise az olduğu yerlerden alınmıştır. Alınan toprak örneklerinin eritilmesiyle metaller, atomik adsorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra kurşun ve nikel konsantrasyonları 0 dan 47,54 ve 0 dan 58,67 mg/kg arasında değişmektedir. Sonuç olarak nikel konsantrasyonları sınır değerlerinin altında iken kurşun konsantrasyonları sınır değerlerinin üzerinde çıkmıştır ve en yüksek seviyeleri Eylül, Kasım ve Mart aylarında gözlenmiştir[12].

Sakarya'daki D-100 karayolu kenarından alınan yüzey toprak örneklerini alınarak, sıralı ekstraksiyon yöntemi ile toprak örneklerindeki ağır metaller (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V ve Zn) ICP-OES tarafından bakılmıştır. Karayolu üzerinde bulunan yüzey toprak numunelerinde ağır metal varlığı, bulunabilirliği ve kalıcılığını belirlemek için BCR sıralı ekstraksiyon prosedürü kullanılmıştır. Deney sonuçlarının doğruluğu, BCR-701 onaylı referans materyalin analizi ile kontrol edilmiştir. Sonuç olarak yol kenarından alınan yüzey toprak örneklerinde Zn (229 µg/g), Pb (227 µg/g), Mn (129 µg/g), Fe (113 µg/g) ve Cr (101 µg/g) miktarlarında ağır metaller rastlanmıştır. Bulunan değerler sınır değerler ile aynı değerlere yakın bulunmuştur[13].

Araç emisyonları, sanayi atıkları ve atık su çamuru kentsel toprakların ağır metal kirlenmesi üzerinde gözle görülür bir etkiye sahiptir [14]. Ayrıca toprağın kirlenmesi yeraltı su kirliliğine de tehdit oluşturmaktadır. Egzoz emisyonları, araçların fren lastik ve debriyaj gibi araç parçaları ile kent ortamında eser miktarda ağır metal kirliliğine yol açmaktadır[15].

Toprakta biriken kirleticiler yağmur suyu ile yer altı suyuna sızarak normal şartlarda yüzeysel sulara oranla daha temiz olan bu kaynakları kirletmektedir. Verimli tarım arazilerinin yerleşim ve sanayiye açılması gibi ağaçların kesilerek tarım alanı açmak amacı ile veya sanayi alanı açmak, maden sahası açmak için ormanların yok edilmesi de önemli bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmadaki amacımız, Bitlis ilindeki yoğun kirletici emisyonlarının hava haricinde toprağa olan etkisini araştırmaktır. Böylece hava kirliliğine sebep olan kirletici gazların ve partiküllerin toprakta ne şekilde birikim ve etki yaptığını gözlemleme imkanı sağlamış olacaktır. Bitlis ilinde yaşanan sert kış şartları ve uluslararası kavşak noktası olmasından dolayı yoğun hava kirliliği yaşanmaktadır. Yüksek miktarda ve bilinçsizce yakılan kömürler nedeni ile hava kalitesi sınır değerleri aşılmakta ve inversiyon tabakası oluşmaktadır. Bitlis ilinin jeolojik konumundan dolayı inversiyon tabakası sık görülmektedir. Toplumun maddi imkansızlıklar nedeniyle kaliteli kömür yerine kalite değeri daha düşük kömür kullanması, hava kalitesinin iyileştirilmesini zorlaştırmaktadır. Kalitesiz kömürün ısı değeri düşük olmasından dolayı tüketilen kömür miktarı artmaktadır. Bu da daha fazla kirletici emisyonunun salınımına sebep olmaktadır. Aşağıdaki tabloda gaz halindeki hava kirleticilerin özellikleri ve önemi verilmektedir.

Çizelge 1.1. Bazı gaz haldeki kirleticiler (Introduction To Environmental Engineering, Vesilind P.A. ve ark.)

Kirletici	Formül	Önemli Özellikler	Hava Kirletici Olarak Önemi
-----------	--------	-------------------	-----------------------------

Kükürt dioksit	SO ₂	Renksiz, aşırı boğucu, kokulu, sülfüroz asit (H ₂ SO ₃) formunda suda yüksek çözünürlük	Eşya, sağlık ve bitkiler için tehlikeli
Kükürt trioksit	SO ₃	Sülfirik asit (H ₂ SO ₄) formunda suda çözünür	Yüksek seviyede korozif
Hidrojen sülfür	H ₂ S	Düşük konsantrasyonlarda çürük yumurta kokusunda, yüksek konsantrasyonda kokusuz	Yüksek zehirlilik
Nitröz oksit	N ₂ O	Renksiz, aerosol şişelerinde taşıyıcı gaz olarak kullanılır	Göreceli olarak inert, yanma sonucu oluşmaz
Azot monoksit	NO	Renksiz	Yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıkta yanma sırasında oluşur, NO ₂ 'ye yükseltgenir
Azor dioksit	NO ₂	Kahverengiden turuncuya renkli	Fotokimyasal sis oluşumunda temel bileşen
Karbon monoksit	CO	Renksiz ve kokusuz	Eksik yanma ürünü, zehirli
Karbon dioksit	CO ₂	Renksiz ve kokusuz	Tam yanma esnasında oluşur, sera gazı
Ozon	O ₃	Yüksek seviyede reaktif	Eşya ve bitkiler için tehlikeli, çoğunlukla fotokimyasal sis oluşumu esnasında oluşur
Hidrokarbonlar	C _x H _y veya HC	Birçok	Endüstrilerden ve otomobillerden salınır, atmosferde oluşur
Metan	CH ₄	Yanabilir, kokusuz	Sera gazı

Kloroflorokarbonlar	CFC	Reaktif olmayan, mükemmel termal özellikte	Üst atmosferde ozonu tüketir
---------------------	-----	--	------------------------------

Isınma ve taşıt emisyonları hava kirliliği sebeplerinin büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. 2015 Çevre Durum Raporunda Bitlis ilinde kış aylarında SO₂ gazı ve partiküler madde miktarının yüksek olduğunu, ayrıca eldeki mevcut bilgilerin yetersiz olduğu konu edinmiştir. TÜVTÜRK Van Timar A.Ş. nin verilerine göre toplam 10249 aracın egzoz emisyon ölçümünü yaptığı ve yaşanabilecek olumsuzluklar önlenmiştir. Buna rağmen taşıt egzoz emisyonlarının hava kirliliğine etkisi küçümsenemeyecek kadar yüksek olduğu bilinmektedir. Havadaki kirleticiler toprağın yapısını değiştirerek dolaylı veya doğrudan yağışlarla su kirliliğine de neden olmaktadır. Havadaki kirletici emisyonlar doğrudan solunum ve deri yoluyla canlı bünyesine alınır. Kirliliğin olduğu topraklarda yetişen bitkiler, bu bitkilerle beslenen canlılar kronik ve akut zehirlenmelere dolaylı olarak maruz kalmaktadır[2].

Çizelge 1.2 2015 yılında Bitlis İlindeki Araç Sayısı ve Egzoz Ölçümü Yaptıran Araç Sayısı[2]

Araç Sayısı					Egzoz Ölçümü Yaptıran Araç Sayısı						
Binek	Otomobil	Hafif Ticari	Ağır Ticari	Diğerleri	TOPLAM	Binek	Otomobil	Hafif Ticari	Ağır Ticari	Diğerleri	TOPLAM
7.336	7.096	1.917	3.90	19.36	20.25	-	-	-	-	-	10.3249
			4	2	3						

1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çağlarımak ve arkadaşları 2010 yılında, yaptıkları çalışmada ağır metallerin toprak kirliliği üzerinde oluşturduğu etkilere bakarak canlı ve insan bünyesinde birikimi, canlı döngüsü üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Hava, su, toprak kirliliği birbirini etkileyen üçlü döngü içerisinde. Toprak kirliliği, hava ve su kirliliğini son noktasını oluşturmaktadır ve bu kirlilik türü diğerlerine oranla giderilmesi daha zor bir kirlilik türüdür. Araştırmalarında birçok ağır metali ele almışlardır. Arsenik, civa, kadmiyum, kurşun ve nikel gibi ağır metaller incelenmiştir. Bu ağır metaller her biri farklı kaynaklardan oluşmaktadır. İnsan vücuduna gerek solunum, gerek deri, gerekse yediğimiz besinler yoluyla insan vücuduna taşınıp zamanla birikim yaptığı görülmüştür.

Kısacası; ağır metallerin neden olduğu çevre kirliliği, dolaylı yollarla insan bünyesine geçerek birikimi sonucu ciddi rahatsızlıklara neden olduğu görülmüştür. Böylece ağır metaller kirlilik yüklü toprakların, tarım ürünleri, meralar ve insan sağlığına olan etkilerini gıda zinciri dâhilinde incelemiştir. [10].

Su ve arkadaşları, topraktaki ağır metaller civa(Hg), kadmiyum(Cd), kurşun(Pb), krom(Cr) ve arsenik(As) önemli ağır metalleri belirttiğini söylemişlerdir. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan topraktaki ağır metallerin türü ve içeriği son zamanlarda giderek artmaktadır ve ciddi çevre sorunlarıyla sonuçlanmıştır. Bu çalışmada, çeşitli şehirler/ülkelerdeki ağır metallerin toprak kirliliğini karşılaştırılarak analiz edilmiş ve dünya çapında toprak ağır metal kontaminasyonunun geçmiş, etki ve iyileştirme yöntemlerini incelemiştir[11].

Şişman ve arkadaşları yaptıkları bu çalışmada Sapanca Gölü yakınlarındaki Kınalı-Sakarya karayolu üzerinden toprak örnekleri alınarak kurşun ve nikel analizlerine bakılmıştır. Bu karayolu Ankara ve İstanbul arasında seyahat eden araçlar tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Belirlenen yerlerden alınan toprak numuneleri yılda iki kez; trafik yoğunluğunun yüksek, endüstriyel faaliyetlerin ise az olduğu yerlerden alınmıştır. Alınan toprak örneklerinin eritilmesiyle metaller, atomik adsorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra kurşun ve nikel konsantrasyonları 0 dan 47,54 ve 0 dan 58,67 mg/kg arasında değişmektedir. Sonuç olarak nikel konsantrasyonları sınır değerlerinin altında iken kurşun konsantrasyonları sınır değerlerinin üzerinde çıkmıştır ve en yüksek seviyeleri Eylül, Kasım ve Mart aylarında gözlenmiştir[12].

Khan ve arkadaşları Pakistan'ın Peshawar şehrinde yol kenarındaki toprak ve bitkilerin kurşun ve kadmiyum kontaminasyonu incelenmiştir. Yol kenarından birincil, ikincil, üçüncül yollarla alınan topraklarda ve yaygın bitkilerinde kurşun(Pb) ve kadmiyum(Cd) değerlerine bakılmıştır. Ele alınan veriler yol kenarından alınan toprak ve bitki türlerinde Pb ve Cd konsantrasyonları ($P \leq 0.01$) varyasyon gösteren ANOVA analizi kullanılarak edilmiştir. Pb ve Cd ortalama konsantrasyonları sırasıyla toprak için, 53,9 ve 6,0 mg.kg-1; bitkilerde ise 49,1 ve 10,9 mg.kg-1 bulunmuştur. Okaliptüs camaldulensis bitkisinde yüksek metal birikim indeksi(MAI) gözlenmiştir. Seçilen bitki türlerinde, Pb ve Cd birikimleri E.camaldulensis> Ficus elastica> Dalbergia sissoo> Alstonia scholaris sırasına göre bulunmuştur. Sonuç olarak yol kenarı toprakları ve bitkileri seçilen bölge ile karşılaştırıldığında Pb ve Cd konsantrasyonları ile oldukça kirlenmiştir[16].

Li, Le, Wong ve arkadaşları yaptıkları bu çalışmada GIS tabanlı bir yaklaşım kullanarak Hong Kong'un kentsel topraklarında metal kirliliği çalışması yapmışlardır. Hong Kong'un Kowloon bölgesi üzerinde yapılan araştırmada toprakta bulunan insan kaynaklı kirliliklere ve

metal kirliliğine bakılmıştır. Kowloon bölgesinin yüksek bir bölümünde kapsamlı bir araştırma yapılmış olup, numune sıklığı 3-5 km'lik bir alan oluşturularak (km başına 0-15 cm) belirli bir düzen içinde örnekleme yapılmıştır. Bölgede coğrafi bilgi sisteminde (CBS) jeokimyasal haritalarda belirlenen noktalarda Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn metallerinin değerlerine bakılmıştır. Topraklarda Ni, Cu, Pb ve Zn değerleri için, CBS tabanlı bir çözümleme kullanılarak önemli bir ilişki bulundu, bu da Kowloon bölgesindeki topraklarda bulunan metal kirleticilerin ortak kaynaklara sahip olduğunu düşündürmüştür. Sonuç olarak CBS'de yaptığımız analizler sonucunda yerleşim yerlerinin, sanayi kuruluşlarının, ana yolların, yol kavşaklarının ve trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde hava kirliliğine neden olan metallerin fazla olduğu görülmüştür [14].

Alyüz ve arkadaşları 2006 yılında Kocaeli ilinde yaptıkları çalışmada, uçucu organik bileşiklerin ve formaldehitlerin zamanımızın çoğunu geçirmek zorunda kaldığımız kapalı ortamlardaki etkilerini ve sağlığımız üzerinde ne gibi zararları olabileceğini incelemişlerdir. İç ortamlarda yüksek toksik etkiye sahip uçucu organikler; boya, vernik, yer kaplama malzemeleri, kullanmış olduğumuz fotokopi makineleri ve buna benzer daha birçok alanda karşılaştığımız araçlar ortam hava kalitesini düşürecek ek etkilere sahiptir. İç ortamda bulunan UOB'lerin konsantrasyonu, dışarda bulunan ortamın özelliklerinden etkilenebilmektedir. Trafik yoğunluğunun olduğu bölgelerde uçucu organik madde miktarının daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Bununla birlikte kapalı ortamlarda tüketilen sigara dumanı yüksek dozda formaldehit barındırması nedeniyle ortam kalitesini düşürmektedir. UOB'ler düşük konsantrasyonlarda bulunsalar dahi insan sağlığı üzerinde zamanla birikim sonucunda ciddi sorunlara yol açabilirler. Düşük dozda solunum yollarında hasara ve ileri safhalarında astım gibi ciddi solunum yolu rahatsızlıklarına, sinir sisteminde ciddi deformasyonlara neden olabilmektedir. Bu sorunun çözümü aşamasında; havalandırma sistemlerinin geliştirilmesi, kullanılacak ürün ile ilgili tüketicinin bilgilendirilmesinin sağlanması ve kapalı ortamlarda sigara tüketiminin azaltılması gerektiğini belirtmektedirler [7].

İbret ve arkadaşları tarafından 2009 yılında yapılan çalışmada; kentleşme, sanayi faaliyetlerinin artması ve nüfus yoğunluğunun giderek artması ile hava kirliliğinin olumsuz etkilerinden bahsedilmektedir. Kent merkezleri seçilirken merkezin; güvenli, ticaret yolları üzerinde olan, tarım, hayvancılık ve ulaşım gibi özelliklerin rahat sağlanabileceği yerin olmasına dikkat edilir. Çalışmanın yapıldığı il olan Kastamonu şehri bu özellikler dışında yerleşim alanı oluşturarak hava kirliliğini hisseden bir ilimiz olmuştur. Yüksek yerde kurulup bir vadi boyunca ilerleyen şehir, hava akımının kesilmesi ve kirlenmiş havanın temiz havayla yer değiştirmesi konusunda zorluk yaşadığı için hava kirliliği sorununun yaşanmasında önemli rol oynamaktadır.

Kastamonu şehrinde yanlış yerleşim yeri seçimi hava kirliliği konusunda çözüm seçeneklerini sınırlandırmıştır. Sonuç olarak yapılan çalışmada; Kastamonu şehri örnek gösterilerek yanlış konumlandırılan şehirlerin hava kirliliği sorununda daha fazla etkilendiğini, ileriki aşamalarda bu konuda yapılacak stratejik planlarda bu konunun üzerinde durulması gerektiği kanısına varılmıştır [17].

Garipağaoğlu yapmış olduğu çalışmasında ülkemizdeki hava kirliliği konusunun coğrafi bölgelere göre dağılımına değinmiştir. Ülkemizde hava kirliliği konusunda kirletici olarak duman şeklinde partikül madde, kükürt dioksitler (SO_2) ölçülebildiği için bu değerler hakkında bilgi alınmaktadır. Hava kirliliği genel anlamda tüm canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaratır. Sadece insanlarla sınırlı kalmamakla birlikte çevremizi ve canlı döngüsünü de olumsuz yönde etkilemektedir. Havanın kirlenmesi suya ve toprağa dolaylı yollardan etki etmektedir. 1960'lı yıllarda dünyanın gelişmiş ülkelerinde hava kirliliği konusunda çözümler bulunmuşken, bizim ülkemizde bu sorun katlanarak ilerlemiştir. Türkiye'deki hava kirliliği sorunun çeşitli sebepleri vardır. Bunlar; çarpık kentleşme, nüfus oranının her geçen gün artması, kentlerin ve sanayi kuruluşlarının yanlış konumlandırılması, atmosfere salınan kirletici maddelerin bilinçsizce salınması olarak söylenebilir. Bununla beraber şehirlerin fiziki ve coğrafi özellikleri bu sorunların çözümünde önemli rol oynamaktadır. Sonuç olarak yapılan bu çalışma 1990-2000 yılları arasında Türkiye'deki hava kirliliği konusunda coğrafi bölgelerin şartlarına göre değiştiğini ve yukarıda belirtilen sebeplerden kaynaklandığını göstermektedir [18].

Kardeşoğlu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, hava kirliliğinin kardiyovasküler sistem üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Soluduğumuz ortamlardaki hava kütlesi farklı birçok gazdan oluşmaktadır. İnsan sağlığını etkileyen en önemli çevresel sorunlardan biri olan hava kirliliği, antropojenik ve doğal kaynaklar sonucu oluşarak bu gaz kütlesindeki oranların değişmesini sağlamaktadır. Kirliliğin oluşmasında önemli rol oynayan partiküler maddenin özellikleri de göz önüne alınmıştır. İnsan sağlığı üzerindeki etkileri incelenirken partikül maddenin; kimyasal yapısı, fibrotik reaksiyona neden olup olmaması, partikül maddenin kendine özgü bir şekle sahip olup olmaması ve partikül maddenin çapı ile ilgisi de bu çalışmada göz önüne alınmıştır. Çapı 10 mikrondan büyük olan partikül maddelerin solunum yollarına ulaşması kolay olmaz iken, alveollere ulaşmadan mukoza tabakasına takılarak tutunur geri atılırlar. 10 mikrondan daha küçük çapa sahip partikül maddeler ise bunun tersi olarak alveollere takılır ve kardiyovasküler yani dolaşım sistemi için büyük sorun oluşturmaktadır. Partikül maddenin çapı belirlenerek hava kalitesi hakkında yorum yapılabilir. Hava kirliliği, kardiyovasküler sistem üzerinde birçok ciddi sorun oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda hava kirliliği ile halk sağlığı arasında

önemli bağlar olduğu görülmüştür. Bu sebeple, sürekli artan dünya nüfusu ve çevre sorunlarının insan sağlığı üzerindeki etkilerinin belirli bir seviyede tutulması için alınacak önlemler ve yapılması gerekenlerin görülmesi gerektiği vurgusu yapılmıştır [6].

Bayram ve arkadaşları; hava kirliliğinin insan sağlığına etkilerinin dünyada, ülkemizde ve bölgemizde hava kirliliği sorununu Diyarbakır'da gerçekleşen panel ardından ele almışlardır. Hava kirliliği düzeyleri sürekli kontrol edilmesine rağmen dünya genelinde, özellikle büyük şehirlerde olması gereken değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Oluşan bu kirlilik, ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan, araç egzozlarından, sanayi kuruluşlardan kaynaklanmaktadır. Fosil yakıtların kullanılması sonucu oluşan kirliliği azaltmak için özellikle büyük kentlerde doğal gaz kullanımına geçilmiştir. Diyarbakır'da hızla artan nüfus, çarpık kentleşme ve gelişmekte olan sanayi tesisleri nedeniyle özellikle kış aylarında hava kirliliği ciddi düzeylere ulaşmaktadır. Dünyada ve ülkemizde yapılan çalışmalarda hava kirliliği ile respiratuar mortalite ve morbidite arasında yakın bir ilişki olduğunu bildirmektedir. Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerine bakıldığında solunum sistemi üzerinde önemsenecek düzeyde sorunlar oluşturabileceği görülmüştür. Solunum yollarında iltihaplanma gibi rahatsızlıklarını arttırırken zamanla kirletici madde birikiminde ciddi sorunlara yol açmaktadır. Laboratuvar ortamında yapılan araştırmalarda hava kirleticilerin hücrelere direkt olarak hasara yol açtığı görülmüştür. Sonuç olarak ülkemizde ve dünyada hava kirliliği kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Üzerinde araştırma yapılan Diyarbakır ili için; kaliteli fosil yakıt kullanımına, sanayi tesislerinde hava kirliliğini emisyonlarını azaltmak için doğru yakma sistemlerinin kullanılmasına ve araç kaynaklı kirleticilerin kontrol altına alınması ve kontrollerin daha sıkı şekilde yapılması gerektiği görülmüştür [19].

Özdemir ve arkadaşları İstanbul'daki çocuk oyun parklarında partikül madde ($PM_{2,5}$ ve PM_{10}) kirliliğinin incelemişlerdir. İstanbul gibi büyük şehirlerde gerek sürekli gelişen ve artış gösteren sanayi kuruluşları, gerekse yoğun trafik sonucunda oluşan araç egzoz gazları hava kirliliği emisyonlarını arttırmaktadır. Bu kirlilikten bünyesi yetişkinlere oranla daha hassas olan çocuklar daha fazla etkilenmektedir. Zamanlarının çoğunu dışarda fiziksel aktiviteler ile geçiren çocuklar hava kirliliğinden daha fazla etkilenmektedir. Bu sebeple İstanbul'da 2009 yılının Mart ve Aralık ayları arasında, trafik yoğunluğuna göre yoğun olan 5 farklı çocuk parkında kirletici parametrelerinden $PM_{2,5}$ ve PM_{10} parametrelerinin ölçümlerine bakılmıştır. Her parka belirli ölçüm istasyonları konularak belirlenen aralıklarda gözlemler yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre trafik yoğunluğunun fazla olduğu çocuk parklarında $PM_{2,5}$ ve PM_{10} kirlilik yükünün fazla olduğu, deniz kenarındaki parklarda daha az, orman içerisinde olan parklarda ise kirlilik miktarı belirlenen sınır değerlerinin altında olduğu görülmüştür [20].

Toros ve arkadaşları, hava kirlilik modellerinde kullanılacak emisyon envanteri oluşturulması için yaklaşımlar ve İstanbul hava kirliliği dağılımı örneğini ele almışlardır. Endüstri kuruluşlarının artması ve kentleşme hava kirliliği sorunlarına neden olmaktadır. Nüfusun düzensiz ve sürekli artışı ile birlikte üretimin de dolaylı artışı hava kirliliğini sürekli olarak arttırmaktadır. Hava kalitesi çevriminin bozulması, kentleşme ve endüstrinin artışının yoğun olduğu bölgelerde daha fazla olmaktadır. İç ortam hava kalitesi ölçümü ve belirlenmesi zor ve maliyeti yüksektir, bu sebeple farklı yöntemler araştırılır, geliştirilir ve kullanılır. Bir yerin hava kalitesinin belirlenmesi için; kirletici miktarlarının belirlenmesi, daha sonra kirleticilerin ortamdaki dağılımı, sayısal modeller aracılığıyla ve son olarak alınacak önlemlerin belirlenmesi yapılabilmektedir. Emisyon envanteri hava kirliliği modellemesinde önemli bir prosestir ayrıca şehirler ve şehirler arası trafikte taşıt emisyonu önemli bir hava kirliliği kaynağıdır ve mekânsal emisyon ölçümlerini belirlemede kullanılabilir. Trafik yoğunluğu kentleşmenin ve insan yoğunluğunun bir göstergesi, dolayısıyla antropojenik hava kirliliği motorlu araç yoğunluğu, sayısı ve türü de dolaylı olarak nitelendirilebilir. Bu çalışmada, yeni bir modelleme türü olan ve dünya genelinde kullanımı giderek artan WRF-Chem modelinin emisyon çeşitleri üzerindeki çalışması, alınan sonuçların doğruluklarının incelenmesi ve daha doğru sonuçlara gidilmesine olanak sağlayacaktır. Bunun sonucunda da; yerel yönetimler başta olmak üzere yetkili mercilerin ve kamuoyunun hava kalitesi hakkında farkındalık kazanması, Türkiye hava kalitesi değerlendirmeleri açısından önemli bir çalışma olacaktır[21].

Aslam ve arkadaşları Dubai’de yaptıkları çalışmada, farklı sayıda trafik ışıklarının olduğu bölgelerden aldıkları toprak numunelerindeki ağır metal değerlerini incelemişlerdir. Bu bölgelerden alınan numunelerde Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrisi (AAS) cihazı yardımıyla yedi ağır metal değerine (kadmiyum(Cd), kurşun(Pb), bakır(Cu), nikel (Ni), demir(Fe), mangan(Mn), çinko(Zn)) bakılmıştır. İki den fazla trafik ışığının olduğu bölgeden alınan toprak numunelerinde sırasıyla analiz edilen metallerin aralığı; Cd(0,17-1,01), Pb(259,66-22784,45), Cu(15,51-65,90), Ni(13,31-98,13), Fe(325,64-5136,37), Mn(57,95-166,43) ve Zn(91,34-166,43) mg/kg’dır. Sadece bir trafik sinyali ne sahip yol kenarından alınan örneklerde analiz edilen metallerin aralığı sırasıyla; Cd(ölçülmemiş değer – 0,80), Pb(145,95–308,09), Cu (0,82-18,04), Ni (18,29-59,36), Fe (88,51-3649,42), Mn(25,88-147,34) ve Zn(8,97-106,11) mg/kg’dır. Ayrıca, trafik sinyalleri olmayan yollardaki metallerin aralığı sırasıyla; Cd(0,0-0,57), Pb(8,34-58,20), Cu(2,88-5,81), Ni(3,34-73,80), Fe (55,34–332,81), Mn (2,98–98,73) ve Zn (1,23–46,6) mg/kg’dır. Topraktaki Cd, Cu, Ni, Fe, Mn ve Zn normal değerler aralığında bulunurken, kurşun yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. Sonuç olarak trafik yoğunluğunun fazla olduğu yerler ile

kurşun seviyesi ile korelasyon göstermiştir. Üç farklı izleme noktasından elde edilen değerlerin, trafik ışıklarının fazla olduğu noktalardan alınan toprak numunelerinde yüksek olduğu görülmüştür [22].

Dietrich ve arkadaşları, Middletown Ohio'daki çelik üretim tesisinin yakınındaki Goldman Parkında bulunan çocuklar başta olmak üzere orada bulunan halkın da bu kirlilikten ne kadar etkileneceğini araştırmışlardır. Sokaktan alınan örneklerde orta ve ağır ölçekli kirleticilerin Pb, Sn ve Zn birikim değerlerinin 2 den büyük olduğu, Cr için birikim değeri <1 iken Ni, W, Fe ve Mn değerleri 0-1arasındadır. Sokaktan alınan numunelerde Zn(10,41), Sn(5,45), Pb(4,70), Sb(3,45), Cr(3,19), W(2,59) ve Mn(2,43)'dir. Top oynanan yerlerden alınan numunelerde ise sonuçlar; Zn(1,72), Pb(1,36), Cr (0,99), V(0,95) ve Mn(1,0)'dir. Kirleticilerin heterojen dağılımı sadece çelik üretim tesisinden kaynaklanmadığını başka kirletici faktörlerin olduğunu da göstermektedir. SEM cihazıyla ölçülen kirletici partiküllerden de değerlerin yüksek olduğu ve farklı kaynaklı olduğu görülmüştür. Bu çalışma ile Middletown, Ohio'daki kirliliğin çocuklar için tehlikeli boyutta olduğu, kirletici partiküllerin çelikten bilinen bileşenlerin yüksek olması ile bölgedeki üretim tesisi kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır[23].

Sołek-Podwika ve arkadaşları, Polonya'nın Grzybów kentinde bulunan 20 yıllık kükürt madeni için kullanılmayan arazide kükürt bileşikleri ve ağır metaller ile kirlilik riskinin değerlendirilmesi çalışması yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada sülfür endüstrisinin etkisinin sona ermesinin ardından 20 yıl geçtikten sonra kentin yakınındaki çim kaplı topraklar üzerindeki kükürt bileşiklerinin etkisinin belirtilen sınır değerlerini aşmaması gerektiği ve toprağın kirlenmemiş olmasının gerektiği değerlendirilmiştir. Çalışmanın bir kısmında 1970'li yıllar ve yirmi birinci yüzyılın başlarında toplanan toprak numunelerinde Stot ile S-SO₄-2 değerlerine bakılmıştır. Alınan toprak numunelerindeki kükürt değerlerine bakılarak tahmin edilen çevre kirliliği ile ağır metal arasındaki ilişki incelenmiştir. Değerlendirilen ağır metal kirletici değerleri Pb için 10,2-10,8 mg/kg, Zn 14,3-39,4 mg/kg, Cd 0,2-0,4 mg/kg, Cr 3,8-32,2 mg/kg, Cu 2,7-15,1 mg/kg ve Ni 2,9-18,7 mg/kg olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak kapalı ve üzerinden 20 yıl geçmiş olmasına rağmen kükürt madeni toprak kirliliğinde S_{tot}-SO₄⁻² içeriği yüksek görülmüştür [24].

Chen ve arkadaşları, Çin'de ağır metal kirliliğinin mekânsal özellikleri ve tipik bir maden sahasının potansiyel ekolojik riski konusunda örnek çalışma yapmışlardır. Madencilik faaliyetlerinin olduğu bölgeden alınan toprak numunelerinde arsenik(As), cıva(Hg), bakır(Cu), kurşun(Pb) ve çinko(Zn) olmak üzere beş çeşit ağır metale rastlanılmıştır. Ağır metal miktarları her bölgede farklı oranlarda bulunmuştur. Bu şekilde risk bölgeleri çoktan aza doğru sıralanmıştır. Yapılan çalışmanın amacı, ArcGIS teknolojisi ile belirli bir alan üzerinde ile Hakanson risk

değerlendirme yöntemini uygulayarak topraktaki olası ağır metal kirliliğini değerlendirmektedir. Değerlendirme standartları, çalışılan ağır metallerin miktarına ve türlerine göre ayarlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre Suxian bölgesinde yaklaşık %82,9'u yüksek oranlarda risk altında olduğu görülmüştür. Suxian'daki toprağın yarısından fazlası, güçlü bir Hg(seviye 3 ve üstü) risk seviyesi gösterirken, birincil güçlü ekolojik risk ve oldukça güçlü ekolojik risk bölgeleri de tespit edilmiştir [25].

Huang ve arkadaşları tarafından Güneydoğu Çin'de gecekondü bölgesinde tarımsal toprakların ağır metal kirliliği ve sağlık risk değerlendirmesi hakkında bir çalışma yapılmıştır. Farklı emisyon kaynaklarından elde edilen sonuçlara göre ağır metal ve sağlık riski değerlendirmesi yapılmıştır. Çeşitli antropojenik emisyon kaynakları ve değerlendirme yöntemleri ile tipik bir gecekondü çevresindeki ağır metal kirliliğini ve potansiyel sağlık riskini değerlendirmek için bir değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Ekolojik risk, Nemerow'un yapay kirlilik indeksi (Pn) ve potansiyel ekolojik risk indeksi (RI) kullanılarak değerlendirilmiştir. Kirlenmiş topraklar ve emisyon kaynakları GIS haritalamasıyla tespit edilmiştir. Bitki ve toprak maruziyetinin neden olduğu sağlık riski, insan kaynaklı emisyonların ve ekim sistemlerinin etkilerinin hesaplanmasıyla hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki tarımsal topraklar kadmiyum(Cd), cıva(Hg), kurşun(Pb) ve arsenik(As) ile kirlenmiş olduğu görülmüştür. kirlilik oranlarını madencilik alanı ve yol kenarlarında yüksek olduğu görülmüştür. Ağır metal birikimi sırasıyla çay yaprakları> pirinç tanesi> sebzeler olarak görülmüştür. topraktaki kirletici miktarı sağlık etkileri %87,5 oranında olduğu, sağlık riskleri göz önüne alındığında pirinç(10,44)> sebze(2,86)> çayı(0,05) olduğu saptanmıştır[26].

Isen ve arkadaşları yaptıkları çalışmada sıralı ekstraksiyon yöntemi ile Sakarya ili D-100 karayolu kenarından alınan toprak numunelerinde bulunan ağır metal konsantrasyonlarını belirlemeye çalışmışlardır. 24 toprak numunesi alınarak sıralı ekstraksiyon yöntemine göre ICP-OES cihazı kullanılarak ağır metal konsantrasyonlarına (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V ve Zn) bakılmıştır. Karayolu üzerinde bulunan yüzey toprak numunelerinde ağır metal varlığı, bulunabilirliği ve kalıcılığını belirlemek için BCR sıralı ekstraksiyon prosedürü kullanılmıştır. Deney sonuçlarının doğruluğu, BCR-701 onaylı referans materyalin analizi ile kontrol edilmiştir. Sonuç olarak yol kenarından alınan yüzey toprak örneklerinde Zn (229 µg/g), Pb (227 µg/g), Mn (129 µg/g), Fe (113 µg/g) ve Cr (101 µg/g) miktarlarında ağır metallere rastlanmıştır. Bulunan değerler, sınır değerlere yakın bulunmuştur[13].

Wang ve arkadaşları Pekin'de yüzeysel topraklarda kentleşmenin ağır metal birikiminin etkileri incelenmiştir. Kentleşmekte olan yerlerde ağır metal birikimlerinin yüzey topraklarındaki

kirlilikleri; ekolojik faaliyetler, doğal ortamların, tarım alanlarının tahrip edilip kentsel faaliyetlere dönüştürülmesi toprakların çinko(Zn) konsantrasyonlarını arttırabileceği öne sürülmüştür. Belirli bir alanda yapılan çalışmada kentleşmenin artmasıyla yeşil alan sayısının azaldığı, böylece topraktaki kirlletici konsantrasyonlarının önceki değerlere göre arttığı görülmüştür. Eski yıllara göre topraktaki kirlilik oranı kadmiyum ve çinko değerlerinin %80'nini kapsamaktadır. Sonuç olarak, kent alanlarındaki ağır metal birikimini ölçmede dikkate değer bir faktör olarak ortaya çıkmıştır[27].

Ciarkowska ve arkadaşları yaptıkları bu çalışmada, farklı kentleşme ve endüstriyel faaliyetleri bulunan iki ayrı yerleşim yerinin topraklarında polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve ağır metal düzeylerinin etkilerini incelemişlerdir. Bu yerleşim yerlerinden biri Polonya'nın en büyük ikinci şehri olan Krakow bir diğeri ise küçük, turistik Zakopane kasabasıdır. İki yerleşim yerinin benzer bölgelerinden; trafik, sanayi ve yerleşim yerinin yoğun olduğu yerler, konut yoğunluğu olan yerler ve yerleşim yerinden uzakta bulunan yeşil alanlardan olmak üzere üç farklı bölgeden toprak numuneleri alınmıştır.

Pozitif matris faktörleşmesi (PMF) analizi ile kullanılarak sonuçlara ulaşılmıştır. Bu iki yerleşim yerinde oluşan PAH konsantrasyonlarının kaynaklarından bahsedilmiştir. Krakow'da trafik kaynaklı emisyonlar, petrol yanması ve çelik endüstrisi iken Zakopane topraklarında; evlerin ısınma amaçlı yaktığı kömür ve biyokütle ve trafik kaynaklı benzin emisyonlarıdır. PAH konsantrasyonları Krakow'da 337-59,694 µg/kg, Zakopane kasabasında ise 55-1180 µg/kg çıkmıştır. Krakow şehri ölçüm sonucu değerleri, Cd değeri 2,33- 4,18 mg/kg, Pb değeri ise 24,2-82,1 mg/kg; Zakopane topraklarında bu değerler; Cd değeri 0,57-2,29 mg/kg ve Pb değeri 17,8-67,8 mg/kg çıkmıştır.

Sonuç olarak, çıkan sonuçlar dâhilinde Krakow şehrinin kirlletici konsantrasyonlarının Zakopane kasabasına oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. Krakow'un kentsel bölgeleri için, PAH kütlesinin toplamına en büyük katkı trafikle ilgili kaynaklardan gelirken, Zakopane'deki aynı alanlar için ana kaynak yerli kömür ve odun yanmasından kaynaklanan emisyonlardır. Çıkan sonuçlar dâhilinde PAH ve ağır metal konsantrasyonları sırasıyla; şehir merkezi> kırsal bölge> yeşil alan şeklinde olduğu görülmüştür. Benzo(a) piren'in (BaP_{eq}) toksik eşdeğerlik faktörlerine dayanarak yapılan insan sağlığı risk değerlendirmesinde, çalışılan bölgelerin çoğunda düşük seviyelerde PAH konsantrasyonlarına rastlanmıştır. Yalnızca Krakow merkezinde bir bölgede BaP_{eq} konsantrasyonları sınır değeri dokuz kat aştığı saptanmıştır[28].

Rozanski ve arkadaşları Polonya'nın iki ayrı şehrinde (Varşova ve Bydgoszcz) halka açık oyun alanlarının ve spor tesislerinden, aynı özelliklere sahip bölgelerden toprak örnekleri

almışlardır. Aldıkları toprak örneklerindeki ağır metal kirliliğinin dağılımlarını incelemek ve iki farklı şehirde sağlık etkilerini değerlendirmek amaçları arasında bulunmaktadır. Örneğin; Varşova şehrinde trafiğin yoğun olduğu bölgeye yakın bir açık alandan alınan örnek ile Bydgoszcz şehrinde bulunan yine trafiğin yoğun olduğu bölgeden alınan toprak örneklerinin özellikleri karşılaştırılmış. Kentleşme sebebiyle artan hava, su ve toprak kirliliği özellikle ağır metal kirliliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Genellikle çocuklar ve gençlerin yoğun olarak kullandığı oyun alanları ve spor tesislerinde bulunan ağır metal kirliliği sağlığı önemli ölçüde tehdit etmektedir.

Polonya Çevre Bakanlığı Yönetmeliği'ne göre Pb, Cu, Zn, Ni, Cd ve Co' nun toplam değerleri yönetmelik kılavuzunda verilen değerlerle karşılaştırıldığında, çalışma yapılan topraklar kirlenmemiş olarak sınıflandırılmıştır. Uygulamalı jeoakümülayon endeksi yardımıyla (I_{geo} ; Müller, 1969) toprak bölgeleri karşılaştırılarak bölgelerin kirlilik değerleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Çıkan değerlerin yönetmelik değerleri ile karşılaştırılması sonucu Varşova'da sadece iki bölgede değerler yüksek çıkmıştır. Genel olarak sonuçlarda kurşun (Pb) ve çinko (Zn) konsantrasyonları Polonya topraklarının genelinde sınır değerleri aştığı görülmüştür. Kurşun ve çinko gibi ağır metal konsantrasyon değerleri belirlenen şehirlerde nüfusun yoğunlukta olduğu ve en eski yerleşim yeri bölgelerine ait topraklarda fazla en yüksek olduğu topraklar çoğunlukla görülmüştür. Topraklarda bulunan ağır metal çeşitliliği çinko ve kurşun değerlerini potansiyel risk olarak görmektedir. Varşova'da ortalama Pb konsantrasyonunun 87,25 mg/kg ve Zn konsantrasyonunun 207,25 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Özellikle bazı bölgelerde çocuklarda yutma ve solunmadan kaynaklanan sağlık riskleri, özellikle çocuklar için ciddi sorun olabileceği saptanmıştır. Bydgoszcz'da ise yapılan çalışma sonuçlarına göre ağır metal konsantrasyonları herhangi bir tehlike yaratacak boyutta görülmemiştir.

Sonuçlar dâhilinde Varşova kentinde incelenen ağır metal değerlerinin yüksek olması nedeniyle özellikle halka açık alanlarda, park spor alanları, oyun alanları gibi yerlerde bu değerlerin düşürülmesi gerektiği açıklanmıştır. Varşova kentindeki kurşun ve çinko kirliliğinin büyük bir kısmının trafik yoğunluğundan, ayrıca ısınma ve enerji kaynaklı kömür kullanımının da bu konsantrasyonların artmasına neden olduğu gözlenmiştir. Genel olarak yapılan çalışma alanlarında kurşun ve çinko değerlerinin diğer ağır metallere göre sınır değerlere yakın olduğu saptanmıştır. Bydgoszcz'ta çalışma alanları, oyun alanları, spor tesisleri ve halka açık kullanım alanlarında elde edilen sonuçlar doğrultusunda insan sağlığını olumsuz yönde etkileyecek risk potansiyeline rastlanmamıştır. Varşova kentine göre daha az kirlilik gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak kentlerin nüfus yoğunluğu gösterilmektedir. Ayrıca çocukların bu topraklarla direk teması söz konusu olduğundan çocuklara çok küçük yaşlarda hijyen kuralları (el yıkama vb.)

öğretilmelidir. Son olarak Varşova kentinde kirletici konsantrasyonlarının yüksek olduğu ve sınır değerlerin altına çekilmesi, böyle alanlarda özellikle çocukların bu kirleticilere maruz kalmamaları için gerekli önlemlerin alınması gerektiği belirtilmiştir [29].

Fait ve arkadaşları Fas'ın Kazablanka şehrinde katı atık düzensiz depolama sahasında bulunan ağır metallerin toprak ve bitki üzerinde ne gibi etkileri olduğunu araştırmışlardır. Düzensiz katı atık depolama sahasına evsel, endüstriyel ve tıbbi atıklar hiçbir işleme tabi tutulmadan atılmaktadır. Canlı faaliyetleri sonucu ağır metaller (kadmium (Cd), kurşun (Pb), çinko (Zn), bakır (Cu), nikel (Ni), krom (Cr), arsenik (As) ve kobalt (Co)) insan sağlığı ve çevre sağlığı açısından ciddi tehlikeler oluşturmaktadır. Çöp depolama alanlarında düzensiz depolamadan kaynaklanacak pek çok olumsuzluk söz konusudur. Vahşi depolamanın yapıldığı alanlarda öncelikle etrafa yayılan kötü koku ve zehirli gazlar açığa çıkmaktadır. Depolama alanlarında rastgele toplanan çöplerin yarattığı bir diğer sorun ise sızıntı sularıdır. Bu sızıntı sularında çok yüksek konsantrasyonlarda ağır metal bulunmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında depolama alanında oluşan sızıntı sularının etkisi, çalışma alanından çok uzakta olsa dahi alınan toprak örneklerinde sızıntı suyu kaynaklı ağır metal içerikli kirleticilere rastlanmıştır. Yapılan çalışmada da ağır metal kirliliği bulunan toprakların geri kazanılması ve iyileştirilme çalışmaları yapılması göz önünde bulundurulmuştur. Fakat toprak kirliliği iyileştirme yöntemleri oldukça maliyetlidir ve yüksek işçilik performansı gerektirir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar sonucu toprak kirliliğinde bitkiler kullanılmaya başlanmıştır. Biyoakümülatör denilen bitkiler kirli topraklarda saptanan kirletici maddeye uygun seçilerek, bitkinin kök ve gövdesinde kirletici birikimi olacak şekilde kirlenmiş topraklarda kullanılmaktadır. Uygun biyoakümülatör bitkisinin seçilmesi toprak kirliliğinin giderilmesi, insan ve çevre sağlığına zarar verebilme potansiyeline sahip ağır metal ya da kirleticilerin kontrol altına alınmasında büyük fayda sağlamaktadır.

Yapılan çalışmada Mediouna depolama sahasından alınan toprak örneklerinde ağır metal kirliliğine rastlanmıştır. Kirlilik giderimi ve toprağın geri kazanımı için 14 biyoakümülatör bitkisi seçilmiştir. Depolama sahası etrafında yetişen bitkiler seçilmiştir. Bitkilerin köklerdeki (translokasyon faktörü (TF)) ve toprak kısımlarında ağır metal konsantrasyonları biyolojik konsantrasyon faktörü (BCF) ile karşılaştırma yapılmıştır. Alınan bitki ve toprak örnekleri laboratuvar ortamında eşleşmiş plazma-atomik emisyon spektrometrisi (ICP-AES) cihazında okutulacak forma getirilmiştir.

Sonuç olarak Mediouna Düzensiz Depolama Sahasında araştırılan As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn ağır metallerin kritik değerleri aştığı görülmüştür. Çalışma alanında kullanılan bitkilerde

birden fazla ağır metal birikimi gözlenmiştir. Ağır metal değerlerinin saptanması için kullanılan bitkiler; *D. maritima*, *D.tenuifolia*, *F. Vulgare* bitkileri kurşun(Pb) için, *S. marianum* Cd, Cr, Cu ve Zn için, *A. Spinosum* Zn için ve Co için *A. italicum* kullanılmıştır. Toprak kirliliğinin azaltılması ve giderilmesi amaçlanırken toprağın biyolojik ve fiziksel yapısında olumsuz etkiler yaratılmaması için fitoremediasyon yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonucu ağır metal değerleri Zn: 1943,11 mg/kg, Pb: 301,76 mg/kg, Cr: 184,64 mg/kg, Ni: 124,34 mg/kg, Cu: 120,82 mg/kg, Cd: 24,17 mg/kg, As: 18,45 mg/kg, Co: 4,90 mg/kg olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar göz önüne alındığında Zn, Cr, Ni, Cu ve Cd ağır metalleri değerlerinin belirlenen sınır değerleri aştığı görülmüştür[30].

2. MATERYAL VE METOT

2.1. MATERYAL

2.1.1. Terazî



Şekil 2.1. Terazi

Yaptığımız çalışmada, belirli noktalardan alınan toprak numunelerinin tartımı için terazi kullanılmıştır. Belirlenmiş olan her noktalardan toplanan toprak numuneleri için tartım işlemi aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Amaç, alınan her numunenin aynı miktarda değerinin içeriğine bakılmasıdır

2.1.2. Hassas Terazi



Şekil 2.2. Hassas terazi

Aldığımız toprak numunelerinden deneyimiz için gerekli olan 0,1 gram toprak numunesinin tartımı için hassas terazi kullanılmıştır.

2.1.3. Etüv



Şekil 2.3. Etüv

Tartımı yapılan toprak numunelerinin içerisinde bulunan su muhtevasının uzaklaştırmak için etüv fırını kullanılmıştır. Ölçülen toprak numuneleri cam tüplere konularak etüv fırınına konulmuştur.



Şekil 2.4. Toprağın cam tüplere alınması



Şekil 2.5. Kurutulacak toprak örnekleri



Şekil 2.6. Etüve alınan toprak örnekleri

2.1.4. Polietilen Kaplar



Şekil 2.7. Polietilen kaplar

Kullanılan asit karışımının cam malzemelere zarar verme gücü olduğundan eritme ve buharlaştırma işlemleri polietilen kaplar kullanılmıştır.

Yukarıda görülen fotoğraf işlem sonrası çekilmiştir. İşlem boyunca eritme işlemleri için kullanılan kimyasallar kapların renk değişimine sebep olmuştur.

2.1.5. Saf Su Cihazı



Şekil 2.8. Saf su cihazı

Toprak numunelerine eklenen kimyasal karışımın belirli oranda seyreltilmesi için saf su kullanılmıştır.

2.1.6. Su Banyosu



Şekil 2.9. Su banyosu

Belirli noktalardan alınan katı numunelerin sıvı hale dönüştürülmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Buharlaştırma işlemleri için çeker ocak içerisinde su banyosu kullanılmıştır. İçerisine asit eklenen numuneler su banyosu içerisinde kaynatılan su içerisinde bekletilerek toprak numunelerinin eritilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 2.10. Numunelerin su banyosuna yerleştirilmesi



Şekil 2.11. Toprak eritme işlemini gerçekleştirirken azalan numunelere asit ilavesi

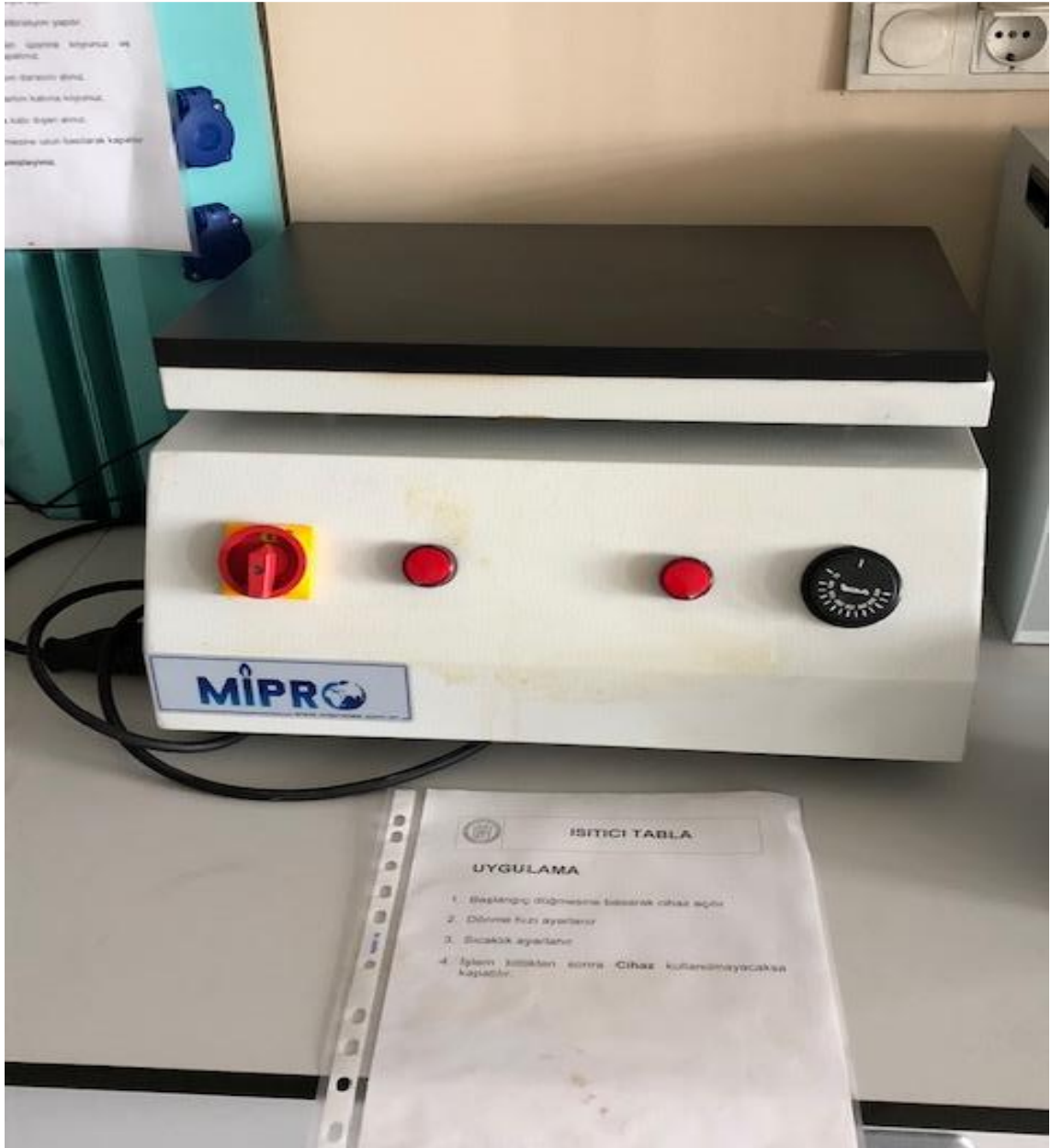
2.1.7. Çeker Ocak



Şekil 2.12. Çeker ocak

Solunması durumunda ciddi sağlık problemleri yaratacak bu işlem çeker ocakta yapılmıştır. Kimyasalların buharlaştırılması sırasında ortama zararlı gazların yayılmasını engellemektedir. Dışarıya açılan bacası sayesinde ortamda oluşabilecek zehirli gaz miktarını minimuma indirmiştir.

2.1.8. Isıtıcı Tabla



Şekil 2.13. Isıtıcı tabla

Bir ocak görevi görmektedir. Su banyosunun yetersiz kaldığı anlarda deneyin bir kısmı ısıtıcı üzerinde gerçekleştirilmiş. Çeker ocak içerisine yerleştirilen ısıtıcı bir su banyosu görevi görmüştür. Üzerine cam şişelerde su konularak kaynatılması sağlanmıştır. Daha sonrasında kaynayan su beherlerinin içerisine toprak ve asit karışımının bulunduğu polietilen kaplar konulmuştur. Çeker ocak içerisinde gerçekleşen bu işlem toprak eritme işlemlerinde kolaylık sağlamıştır.



Şekil 2.14. Isıtıcı üzerinde buharlaştırılan numuneler

2.1.9. ICP-MS CİHAZI

ICP-MS İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP) ve Kütle Spektrometresi (MS) olmak üzere iki ayrı bölümden oluşmaktadır. Katı ve sıvı formdaki numunelerin içerisinde bulunan metal içeriklerinin öğrenilmesi değerlendirilmesi amacıyla kullanılır. Numune örneklerinde düşük konsantrasyonlarda da olsa çok fazla metal içeriğine aynı anda hassas bir şekilde bakılmaktadır. Katı formda bulunan numuneler çözelti haline getirilerek ölçüme hazır hale getirilmelidir. Yaptığımız çalışmada da alınan toprak numuneleri belirlenen kimyasal çözelti ile sıvı hale getirilip

ölçüme hazırlanmıştır. ICP-MS cihazı kalitatif ve kantitatif ölçümleri yapabilen ileri teknolojiye sahip analitik bir cihazdır[31]. Sıvı hale getirilen numuneler DAYTAM (Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi) bünyesinde bulunan ICP-MS cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 2.15. ICP-MS cihazı

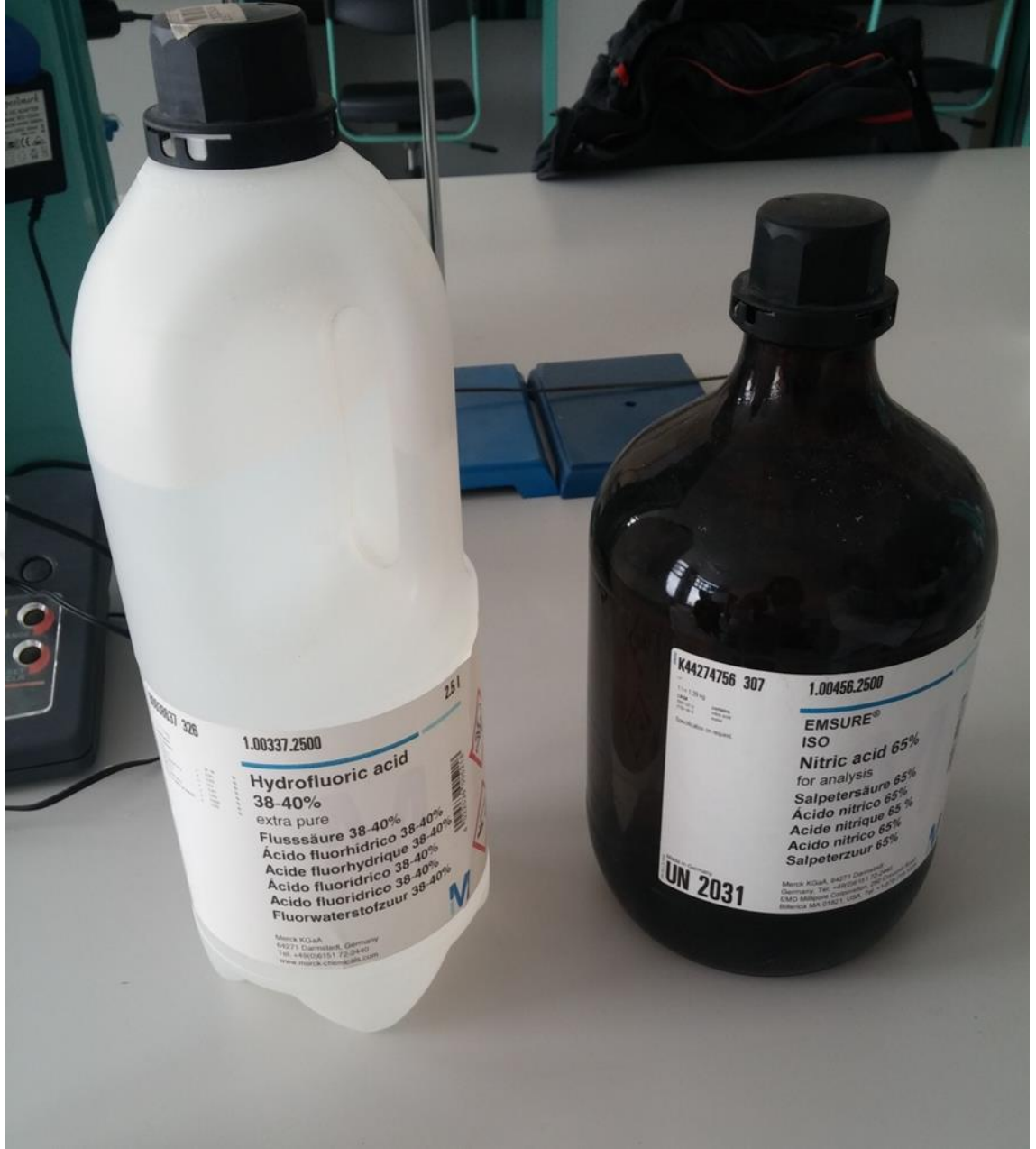
2.1.10. Kullanılan Kimyasallar

Çalışmamızda toprağın katı halden sıvı hale getirilmesi işlemlerinde ilk etapta hidroflorik (Merck KGaA, Darmstadt) ve nitrik asit (Merck KGaA, Darmstadt) karışımıyla karıştırıp buharlaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonrasında asit miktarının azalmasıyla hidroklorik asit eklenmiştir. Bu işlem toprak katı halden sıvı hale geçtiği ana kadar devam ettirilmiştir.



Şekil 2.16. Hidroflorik asit (Merck KGaA, Darmstadt)

Hidroflorik asit, cam malzemeleri eritme gücü olduğu için aktarma ve ölçüm işlemleri polietilen kaplarla yapılmıştır.

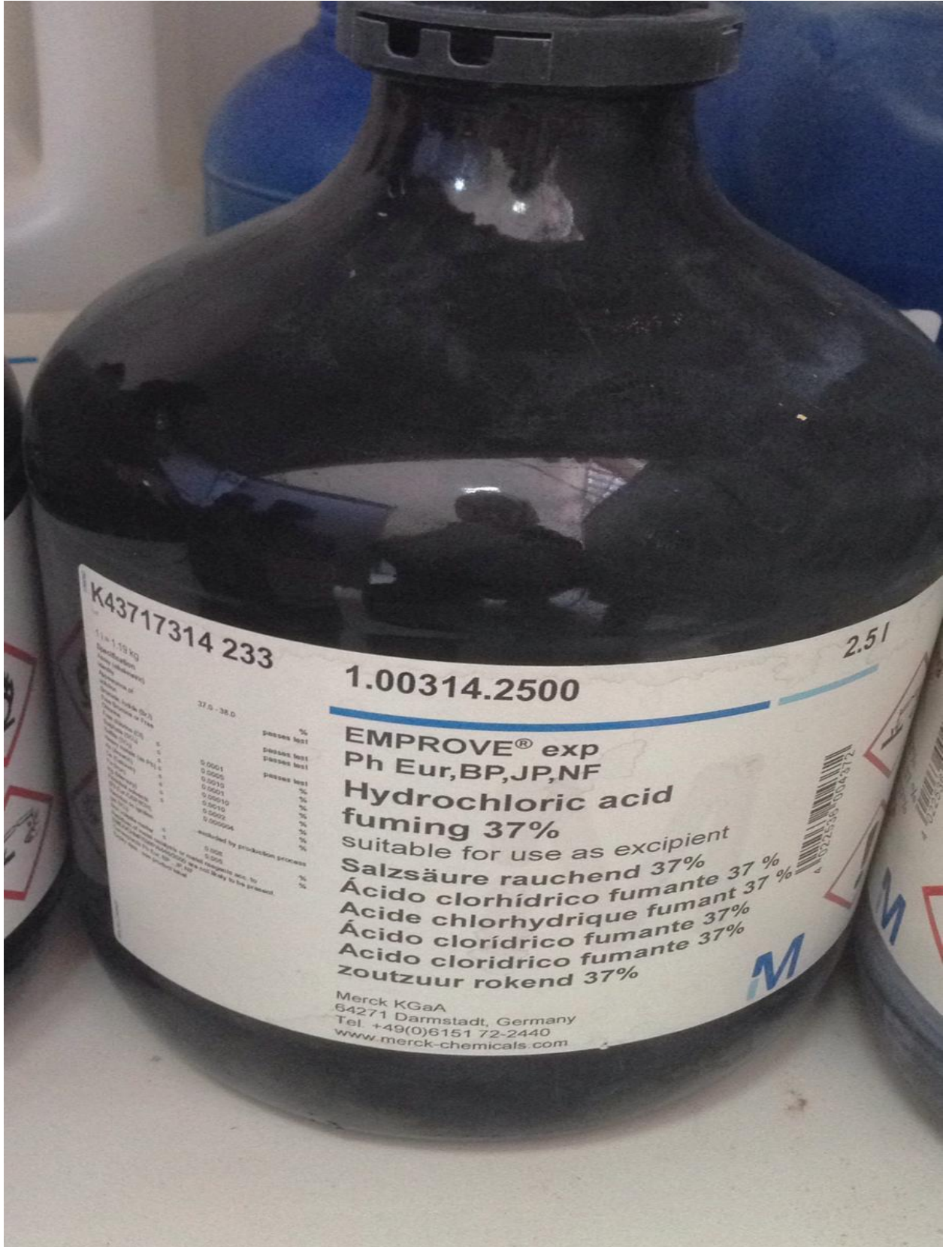


Şekil 2.17. Hidroflorik asit ve Nitrik asit (Merck KGaA, Darmstadt)

Eşit miktarda alınan hidroflorik ve hidroklorik asitler ölçülen toprak numunelerinin eritilmesi işlemlerinde kullanılmıştır.



Şekil 2.18. Ölçülü kap yardımıyla asit karışımının hazırlanması (Merck KGaA, Darmstadt)



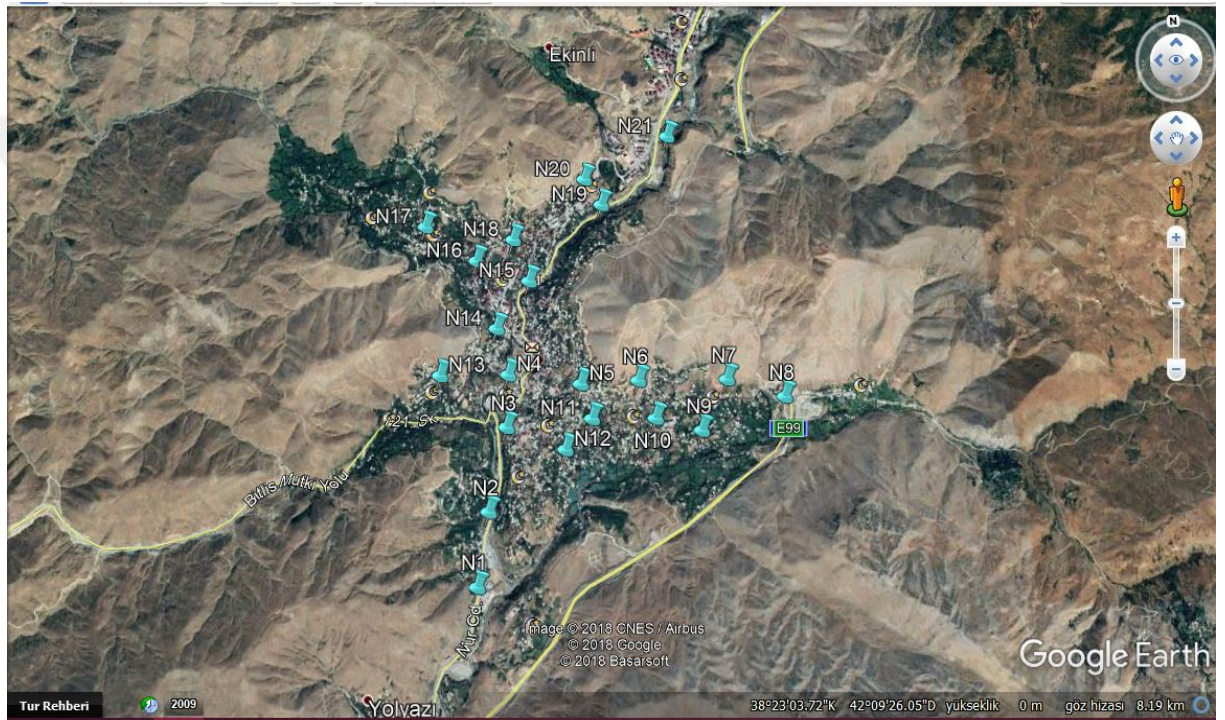
Şekil 2.19. Hidroklorik asit (Merck KGaA, Darmstadt)

Çeker ocakta buharlaştırma işlemi sırasında hidroklorik asit eklenmiştir.

2.2. METOT

2.2.1. Çalışma Alanı

Bitlis ili genelinde hava kirliliğinin toprak kirliliğine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada il genelinin haritası çıkarılmıştır. Bitlis ve çevresindeki farklı noktalardan GPS (Global Position System) cihazı ile koordinatlar belirlenerek alınacak toprak numuneleri ve numunelerin özellikleri geniş kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır.



Şekil 2.20. Alınan toprak numunelerinin harita üzerinde gösterimi

Yeşil ataçlarla gösterilen noktalar toprak numunesi alınan yerlerin konumunu vermektedir. Harita üzerinde numune alınan yerler numaralandırılmıştır. O noktalardan alınan toprak numuneleri plastik saklama torbalarına konulmuştur. Laboratuvar ortamına getirilen toprak numuneleri uygun saklama koşullarına göre muhafaza edilmiştir. Alınan her bir toprak örnekleri haritaya işlenerek ve numaralandırılarak, ayrıca kimyasal işlemlerden geçirilerek ölçüme hazır hale getirilmiştir.

Toplanan toprak numuneleri deneye başlamadan önce 80°C etüvde kurutulmuştur. Toprağın içerisinde bulunan nemden ayırmak için kurutma işlemi yapılmıştır. Toprağın kurutulmasının bir diğer amacı ise içerisinde bulunan organik maddelerin inorganik maddelere

dönüşmesini sağlamaktır. Belirlenen noktalardan alınan her numune porselen spaütül ile 0,1 gram tartılarak hassas terazide ölçülmüştür. Tartılan toprak numuneleri polietilen kaba alınarak üzerlerine hazırlanan 10 ml derişik HF + HNO₃ (1:1) karışımından eklenmiştir. Asit eklenmesi işlemleri sırasında ortama kimyasal gaz salınımı gerçekleşeceğinden işlemler çeker ocak içerisinde yapılmıştır. Çeker ocak içerisinde asit karışımı yapılmadan önce su banyosu hazırlanmıştır. İçerisi su ile doldurulan su banyosu kaynamak üzere ayarlanmıştır. Çeker ocak içerisinde bulunan su banyosuna eklenen numuneler buharlaştırılmaya başlanmıştır. Bu süreçte toprak üzerine eklenen asit karışımının hacminde azalma gözlenmiştir. Toprağı eritme işlemi tamamlanıncaya kadar örnekler üzerine 7 ml derişik HCl eklenmiştir. Bu işlemler toprak numunesi asit içerisinde tamamen çözünene kadar devam etmiştir. Çözünme işlemi bitince yani toprak numunesi katı formdan sıvı forma dönüşünce numune ölçüm kaplarına alınmıştır. Elde edilen kalıntı 7 ml derişik HCl’ de çözündükten sonra deiyonize su ile 25 ml’ye tamamlanacaktır. Son olarak ölçüm kaplarında bulunan sıvı forma dönüşmüş toprak numunelerinde bulunan ağır metal element düzeyleri ICP–MS cihazında okutulacaktır [32].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bulgular

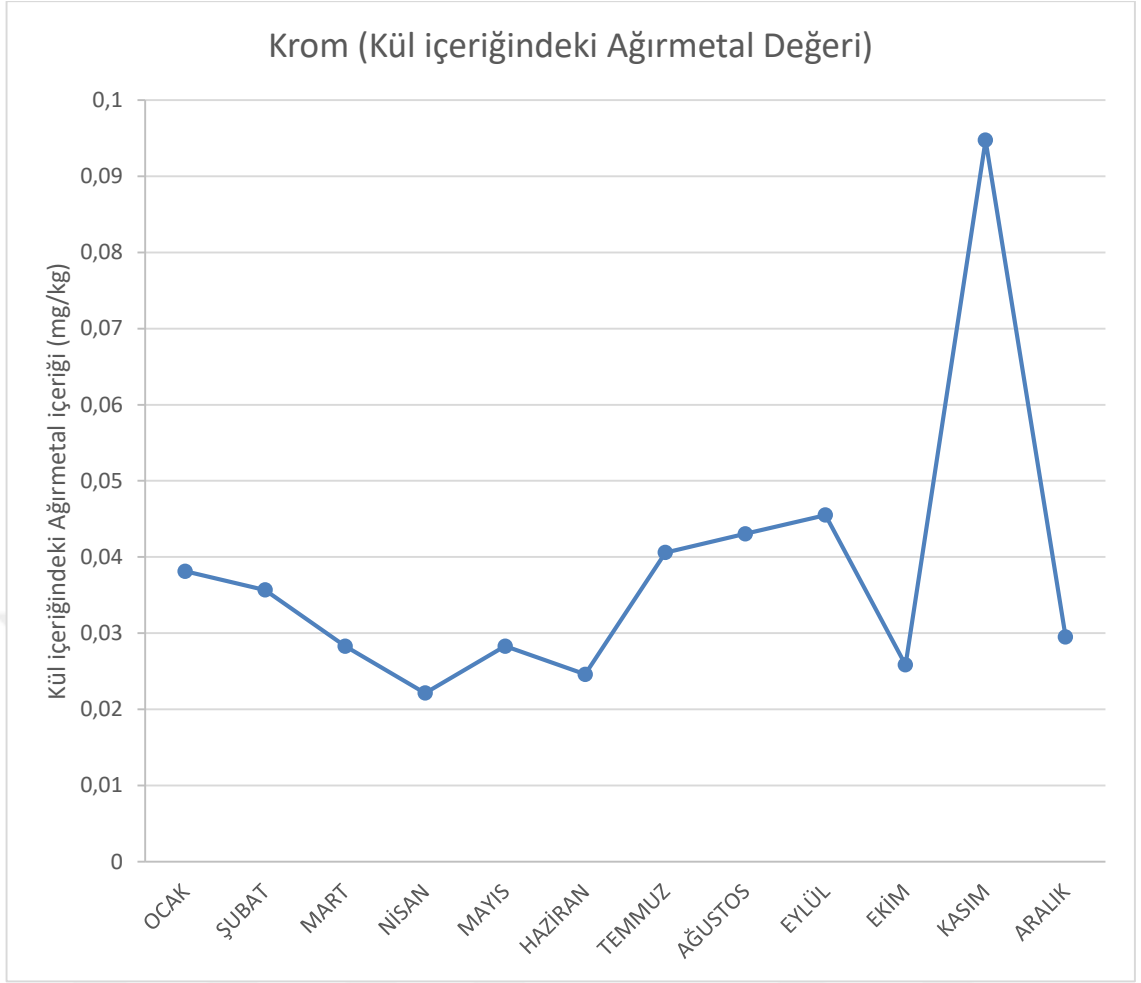
Bu tez çalışmasında Bitlis ili çalışma alanından alınan toprak örneklerindeki ağır metal içerikleri üzerinde çalışılmıştır. Hava kirliliğinin toprağa olan etkileri araştırılmıştır. Bitlis ilinde kül ve kömür örnekleri alınarak çalışma yapılmıştır. Bitlis ilinde 2017 yılı hava kalitesi parametreleri aylık ortalama değerleri ve sınır değerin aşıldığı gün sayıları tablosu ve ICP-MS analiz sonuçları göz önüne alınarak, kömür ve kül içerisinde bulunan ağır metal değerlerinin yıllık PM₁₀ değerleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda alınan kül ve kömür örneklerinin sayısal sonuçları aylar içerisinde değişimi excell kullanılarak grafik haline getirilmiştir. Hesaplamalar sonucu kül ve kömür içeriğinde bulunan ağır metal değerleri hesaplanmıştır. Aşağıda tek tek grafik halinde görülmektedir.

Çizelge 3.1. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri(Toprak Kirliliği Yönetmeliği, Ek-4)

Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği		
Ağır Metal (Toplam)	pH 5-6 (mg/kg Fırın Kuru Toprak)	pH>6 (mg/kg Fırın Kuru Toprak)
Kurşun	50	300
Kadmiyum	1	3
Krom	100	100
Bakır	50	140
Nikel	30	75
Çinko	150	300
Civa	1	1.5

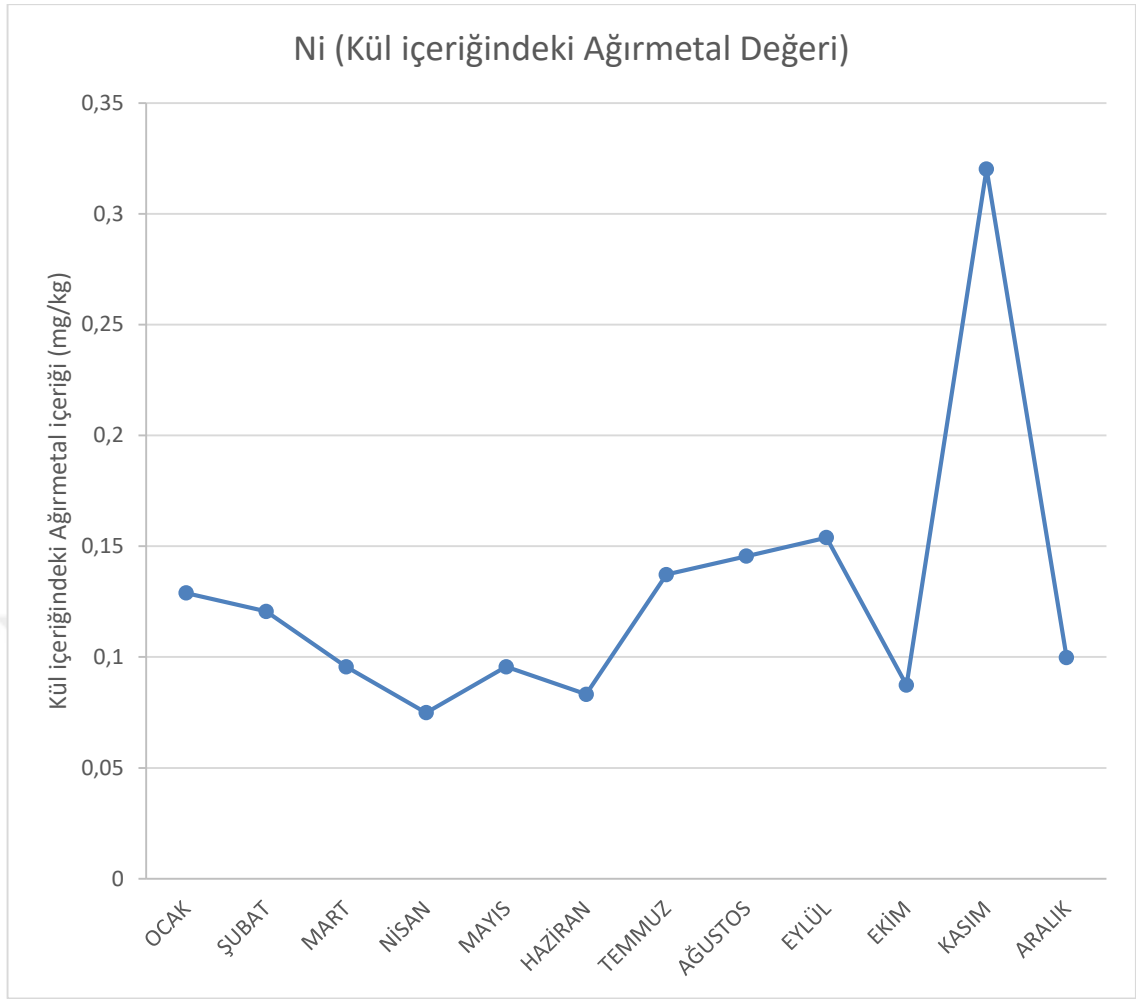
Çizelge 3.2. Bitlis İlinde 2017 Yılı Hava Kalitesi Parametreleri Aylık Ortalama Değerleri Ve Sınır Değerin Aşıldığı Gün Sayıları (PM₁₀: µg/m³; CO: mg/m³)

İstasyon Adı	SO ₂	AGS*	PM ₁₀	AGS*
Ocak	43	0	31	0
Şubat	36	0	29	0
Mart	21	0	23	0
Nisan		0	18	0
Mayıs	12	0	23	1
Haziran	10	0	20	0
Temmuz	14	0	33	0
Ağustos	10	0	35	0
Eylül	10	0	37	1
Ekim	33	2	21	0
Kasım	25	7	77	0
Aralık	90	4	24	0
AGS*: Sınır Değerin Aşıldığı Gün Sayısı				



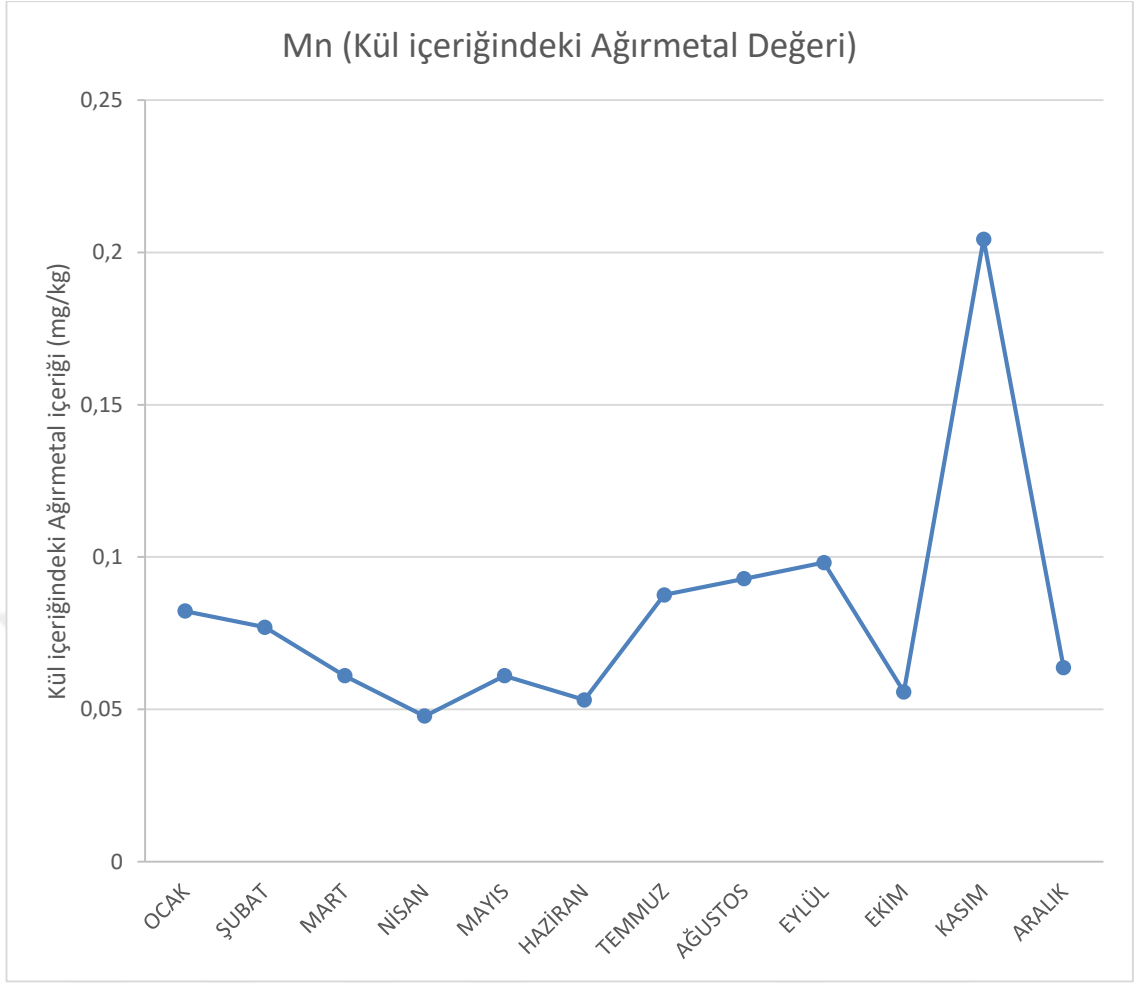
Şekil 3.1. Kül içeriğindeki Krom(Cr) içeriği

Bitlis ilinin karasal iklime sahip olmasından dolayı kış şartları çok ağır geçmektedir. Çoğunlukla ısınma kaynaklı kömür kullanılmaktadır. Yukarıda grafikte görüldüğü üzere küldeki krom değeri ekim-aralık ayları arası en üst değerleri görmektedir. Yıl boyunca kül içeriğindeki krom ağır metal değerleri 0,02-0,09 mg/kg aralığında değişmektedir. Krom değerinin düşük olması toprak kirliliğinde külden kaynaklı toprak kirliliğinin düşük seviyelerde olabileceği söylenebilmektedir.



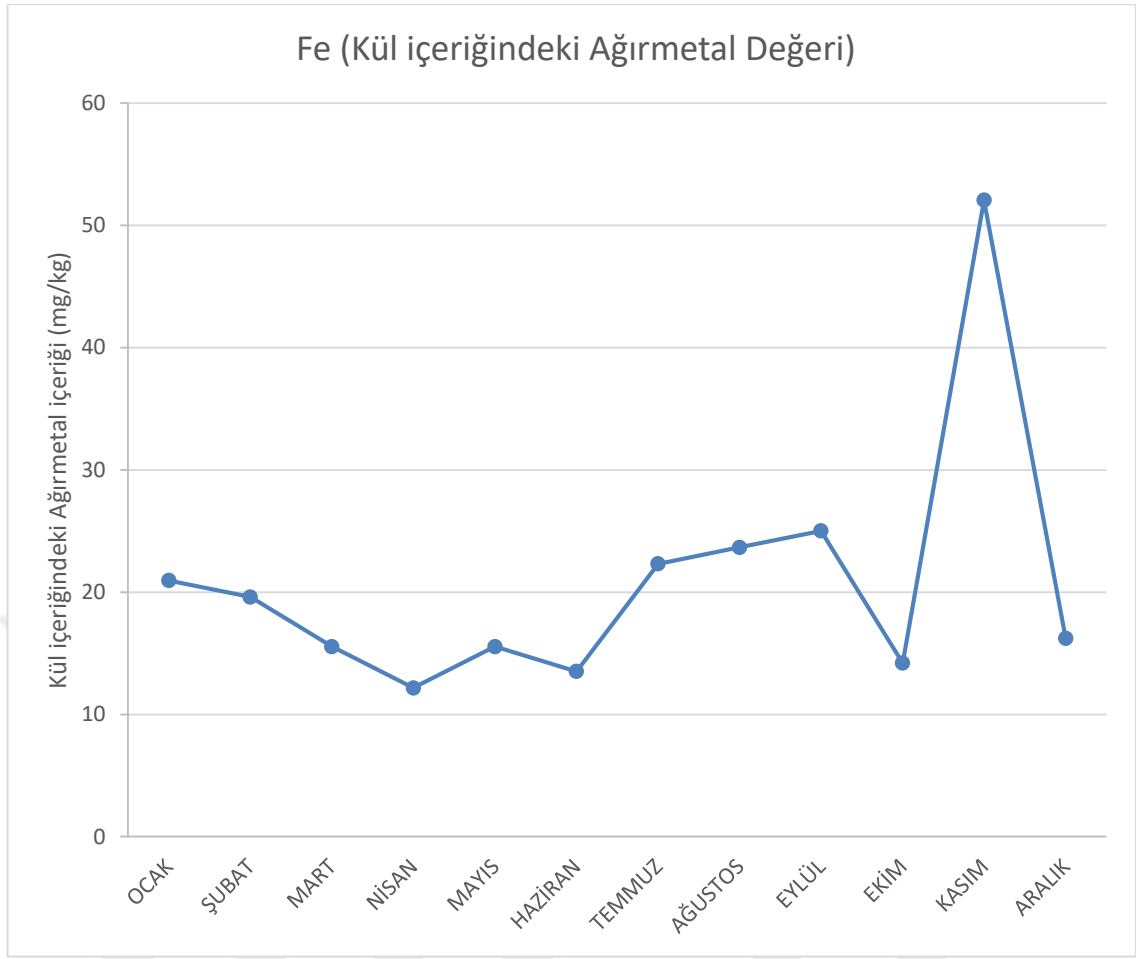
Şekil 3.2. Kül içeriğindeki Nikel (Ni) içeriği

Kül içeriğindeki nikel ağır metalinin değişimi incelendiğinde Ekim-Aralık ayları arasında diğer aylara oranla konsantrasyonlarda artış olduğu görülmüştür. Nikel değeri en yüksek 0,3 mg/kg olarak Kasım ayında gözlenmiştir. En düşük değeri ise Mart, Mayıs ve Aralık aylarında 0,09 mg/kg olarak ölçülmüştür. Nikel kaynaklı toprak kirliliğinde, nikel kaynağının ısınma kaynaklı olmasının düşük seviyelerde olduğu söylenebilmektedir[33].



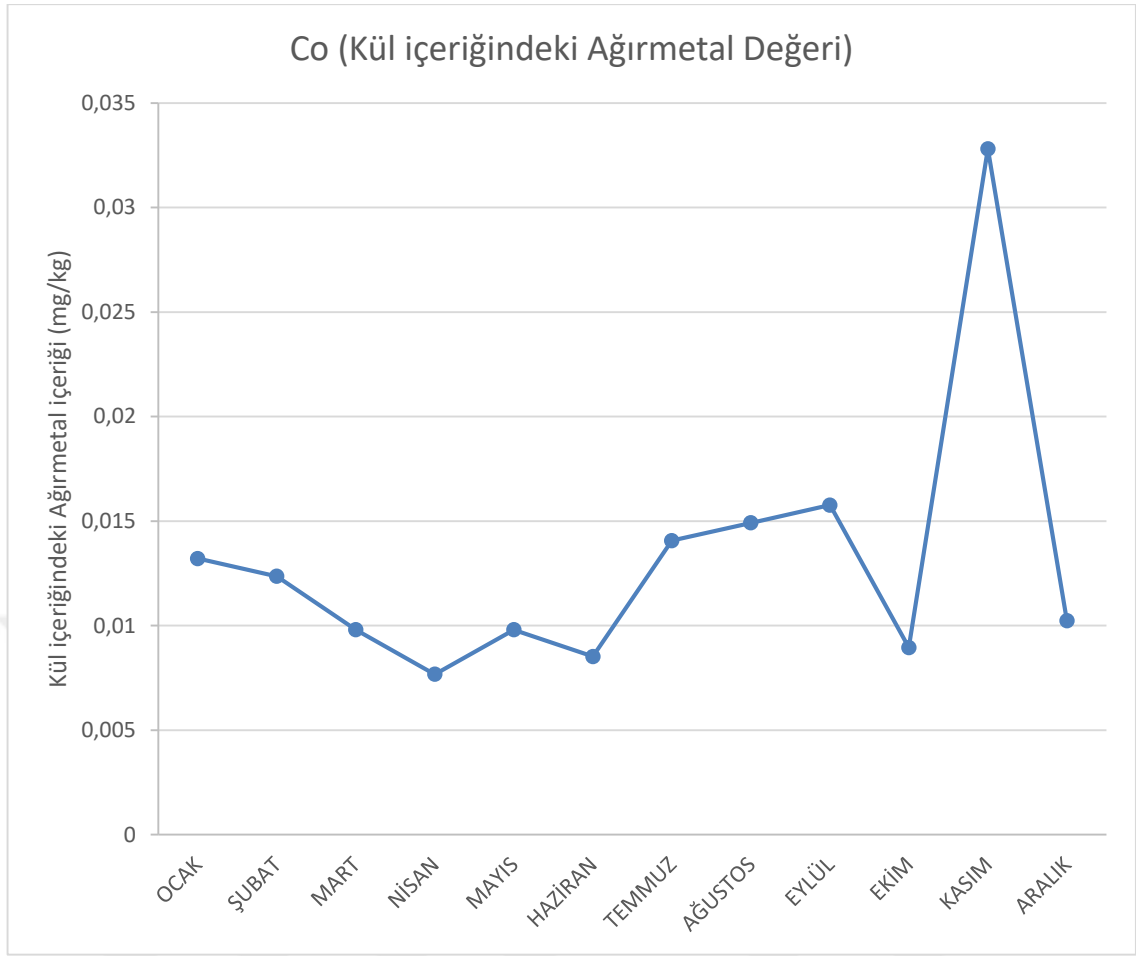
Şekil 3.3. Kül içeriğindeki Manganez (Mn) içeriği

Yıl boyu ısınma kaynaklı kullanılan kömür külündeki manganez içerikleri yukarıda tablo halinde verilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere Ekim-Kasım ayları arasında manganez değerinin en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir. Yıl içinde en düşük değeri Nisan ayında 0,048 mg/kg olduğu görülmektedir. En yüksek değeri Kasım ayında 0,2 mg/kg değeri ile görülmüştür. [34].



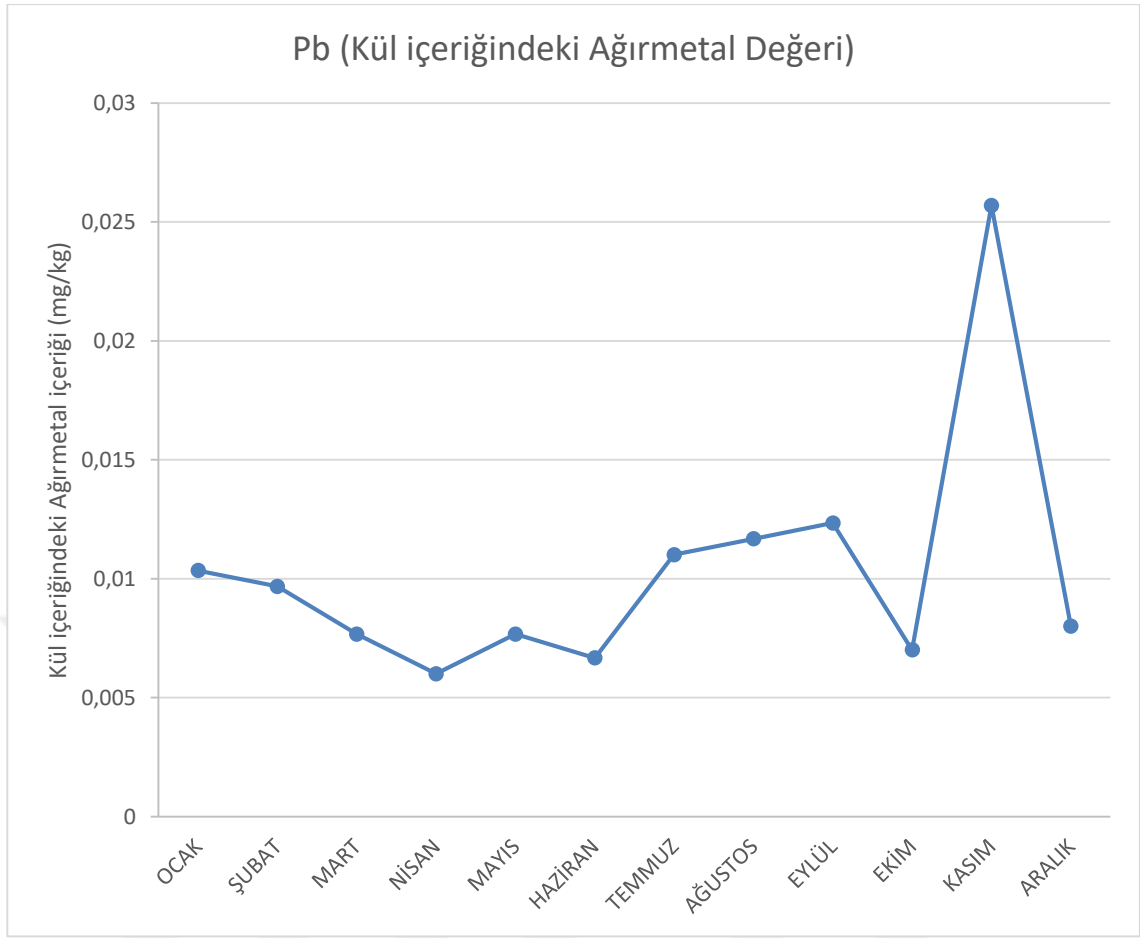
Şekil 3.4. Kül içeriğindeki Demir (Fe) içeriği

Bitlis ilinde yapılan çalışmada kül içeriğindeki demir ağır metalinin aylara göre değişimi incelenmiştir. Grafikte de görüldüğü en yüksek değerin Eylül ve Kasım aylarında saptandığı görülmektedir. Eylül ayında 25,01 mg/kg çıkmışken, Kasım ayında bu değer 52,05 mg/kg olarak saptanmıştır. Yıl boyu küldeki en düşük Fe değeri Nisan ayında 12,2 mg/kg olarak ölçülmüştür.



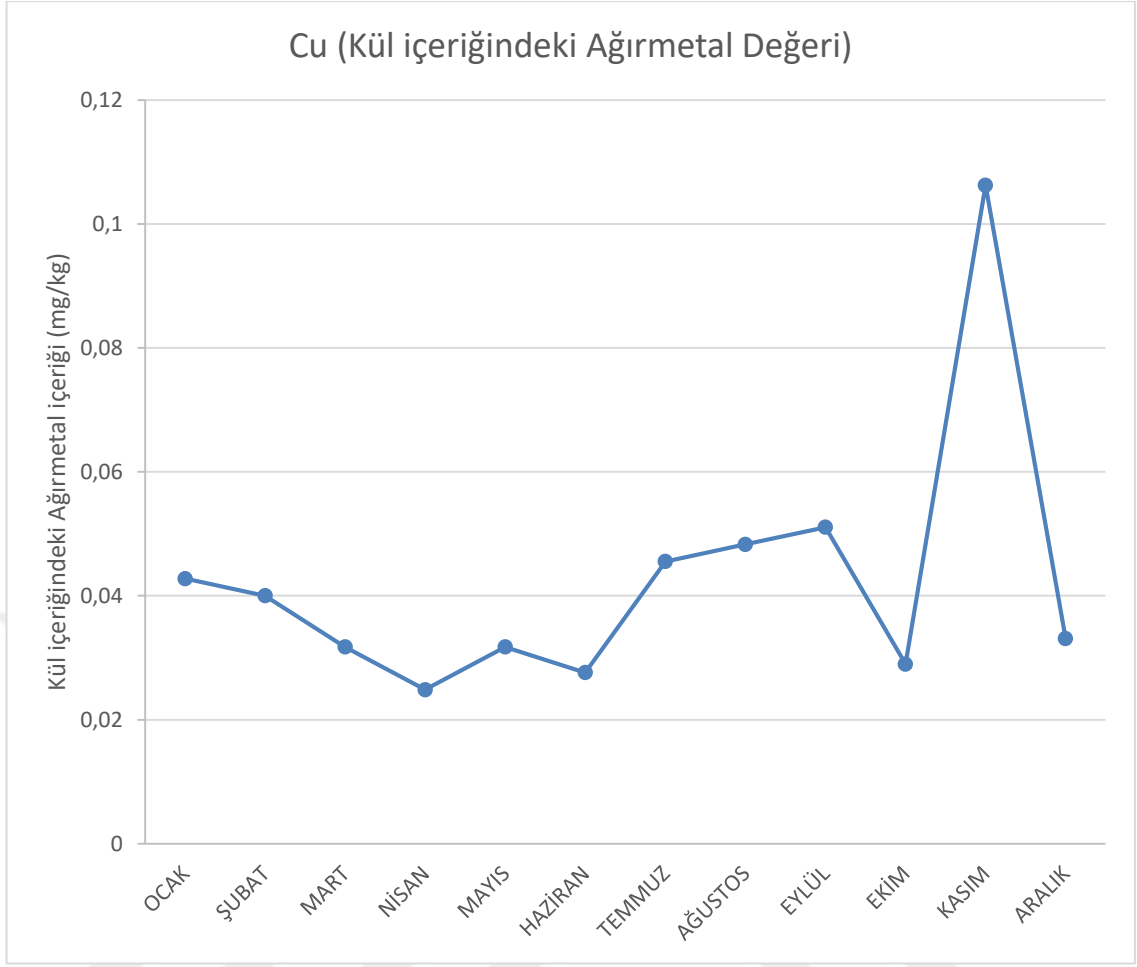
Şekil 3.5. Kül içeriğindeki Kobalt(Co) içeriği

Bitlis ilinde belirlenen noktalardan alınan külde sonuçları ile havada bulunan kobalt ağır metal hesaplarının yapılmıştır. Aylara göre kül içeriğindeki kobalt içeriği korelasyon ile grafik haline getirilmiştir. Yıl boyu görülen dağılımda kobalt miktarı Ekim-Aralık ayları arasında en yüksek değere ulaşmıştır. En düşük değeri Nisan ayında 0,008 mg/kg değeri ile belirlenmiştir. En yüksek kobalt değeri ise 0,03 mg/kg olarak Kasım ayında ölçülmüştür.



Şekil 3.6. Kül içeriğindeki Kurşun(Pb) içeriği

Analiz sonucu hesaplamalar göz önünde bulundurulduğunda Bitlis ilinde Ekim-Aralık ayları arasında kurşun değerlerinin en yüksek değerlere çıktığı görülmektedir. Kül içeriğindeki kurşun değerinin yıl içinde en yüksek olduğu ayın Kasım ayı olduğu yukarıdaki tabloda görülmektedir. Kasım ayında kül içeriğindeki kurşun değeri 0,03 mg/kg diye ölçülmüştür.



Şekil 3.7. Kül içeriğindeki Bakır(Cu) içeriği

Analiz sonuçları göz önüne alındığında küldeki bakır içeriği yıl içerisinde farklı değerler almıştır. Grafikte de görüldüğü gibi bakır en yüksek değerini Kasım ayında almıştır. Ocak-Ekim ayları arasında 0,02-0,05 mg/kg arasında değerler görüşmüştür. Kasım ayında bu değer 0,11 mg/kg'dır. Kurşun sonuçları yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin altında çıkmıştır. Isınma kaynaklı hava kirliliğinde bakır oranının düşük konsantrasyon seviyesinde olduğu söylenebilmektedir. Yıl içinde en yüksek değeri Ekim-Kasım ayları arasında görülmüştür.

Kömür ve kül analizlerinden alınan değerlerin yıl içerisindeki değişimleri göz önüne alınmıştır. Yapılan çalışmanın genelinde hava kirliliğindeki kirleticilerin ısınma kaynaklı olabilmesi düşük seviyelerdedir. Bu kirleticilerin farklı kaynaklardan toprağa karıştığı söylenebilmektedir.

Kömür ve kül değerlerindeki diğer ağır metaller incelendiğinde bu değerlerin özellikle yakıt kullanımının yüksek olduğu aylarda artış olduğu gözlenmektedir. Bitlis ilinde ağır kış şartlarının yaşanması ısınma kaynaklı yakıt tüketimini yılın çoğu ayında devam etmesinin sağlamaktadır. Isınma kaynaklı kullanılan kömür içeriğindeki ağır metal değerlerine yaptığımız

çalışmada bakılmıştır. Kömür deney ortamında toprak eritme yöntemi kullanılarak sıvı hale getirilip, ICP-MS cihazında okutulmuştur. Kömür numunelerinin ağır metal içeriklerindeki PM₁₀ değerlerinin aylara göre dağılımına bakılmıştır. Bu ağır metaller; alüminyum, kurşun, kadmiyum, krom, mangan, demir, kobalt, bakır, nikeldir. Kömür içeriğindeki ağır metaller göz önüne alındığında PM₁₀ değerleri; Al: 189,789 mg/kg, Cr: 0,428 mg/kg, Mn: 0,260 mg/kg, Fe: 127,970 mg/kg, Co: 0,031 mg/kg, Ni: 0,380 mg/kg, Cu: 0,537 mg/kg, Cd: 0,714 mg/kg, Pb: 0,195 mg/kg'dır.

Hava kirliliğinin en önemli kirletici etkenlerinden biri de ısınma kaynaklı kullanılan fosil yakıtlardır. Kış şartlarının sert olmasıyla çok fazla miktarda ve bilinçsizce kömür yakımı kullanılmaktadır. Kış aylarında artan kirletici konsantrasyonlarını hava kirliliği kontrolü yönetmeliği sınır değerlerini aşarak bölgesel kirliliğe sebep olmaktadır. Kış aylarında gözle görünür düzeyde inversiyon tabakası oluşmaktadır. Bitlis ilinde kullanılan kömür kalitesinin düşük olması hava kirletici emisyonlarını direk dolaylı yoldan toprağın ve suyun da kirlenmesine neden olmaktadır.



Şekil 3.8. Bitlis ilinde 2018 yılından Sosyal Yardımlaşma aracılığıyla dağıtılan kömür

3.2. Tartışma

3.2.1. Toprakta Ağır Metal Kaynakları Ve Örneklerde Bulunan Ağır Metal Değerleri

3.2.1.1. Kurşun

Kurşun, çevre kirliliğinde önemli yeri olan ağır metallerdendir. Antropojenik kaynaklar ile çevreye dağılması ile birçok negatif etkileri bulunmaktadır. Kurşun doğada bulunduğu ekolojik çevrimi olumsuz etkileyen bir ağır metaldir. Akla ilk gelen kurşun kaynağı, motorlu taşıtlarda kullanılan yakıtın yanması sonucu oluşan tetra-etildir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle trafik yoğunluğunun olduğu bölgelerde kurşun kirliliği hava, toprak ve su kirliliğinin başlıca nedenleri arasında olduğu görülmektedir. Çalışma alanımız olan Bitlis ili uluslararası kavşak notasında bulunmaktadır. Kurşun kirliliğinin başlıca nedenleri arasında olduğu söylenebilmektedir. Yıl boyu çok yoğun bir şekilde kullanılmakta olan uluslararası karayolu taşıt emisyonlarından kaynaklanan kurşun kirliliğinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca gerek ısınma gerekse endüstriyel işletmelerinde kullanılan yakıtlardan da kurşun konsantrasyonları çevreye yayılmaktadır. Kurşunun sağlık açısından da ciddi boyutta negatif etkilerinin bulunduğu bilinmektedir. Sağlık örgütü verilerine göre kurşunun kanda bulunabilecek sınır değeri 40 mg/L değerindedir. Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) verilerine göre çalışma ortamında müsaade edilen sınır değeri 0,1 mg/m³ olarak belirlenmiştir [35].

Yaptığımız tez çalışmasında farklı bölgelerden alınan toprak numunelerinin içerdiği kurşun değerlerine bakılmıştır. Yukarıda materyal ve metot kısmında verilen çalışma haritası üzerinde alınan noktalar isimlendirilmiştir. Bu noktalara bakıldığında en yüksek kurşun değerinin 2,97 mg/kg olarak N15-18 noktalarında olduğu görülmüştür. Daha sonra en yüksek değerler; N:19 noktasında 2,49 mg/kg ve N:4 noktasında 1,64 mg/kg olarak analiz edilmiştir.

3.2.1.2. Kadmiyum

Kadmiyumun çevre kirliliği noktasında her alanda etkileri gözlenmektedir. Hava kirliliği, toprak kirliliği, su kirliliği döngüsünde her noktada kadmiyuma rastlanmaktadır. Hava kirliliğinde sigara dumanı, fosil yakıt yakımı ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır. Toprak kirliliğinde bitki ekimi sırasında kullanılan gübreler, su kirliliğinde ise çeşitli endüstrilerin atık sularında bulunmaktadır. Havada kadmiyum hızlı bir şekilde okside olarak kadmiyum okside

dönüşmektedir. Kadmiyum suda çok hızlı çözünbildiğinde deniz ürünleri aracılığıyla insan vücuduna alınması kolaylaşmaktadır. Vücuttan atılması zor olan kadmiyum birikimi sonucunda insan bünyesinde ciddi hasarlar oluşturmaktadır. Özellikle çalışma ortamında kadmiyum değerinin düşük konsantrasyonlarda olmasına özen gösterilmelidir. Solunum sistemi ve özellikle de böbreklerde ciddi sorunlara yol açabilmektedir[35].

Bitlis ili genelinde analizi yapılan toprak numunelerine bakıldığında en yüksek değeri N13-14 noktasında 1,69 mg/kg olarak ölçülmüştür. Çalışma alanının geneline bakıldığında kadmiyum kirliliğinin düşük seviyelerde olduğu gözlenmektedir.

3.2.1.3. Bakır

Bakır metali tarım, sanayi tesisleri, endüstri kuruluşları gibi farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Havada toprakta bulunabileceği gibi çeşitli yiyecekler vücuda girişi olmaktadır. Yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınma ve korozyon direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri bakırın en önemli özelliklerinin arasındadır. Bakır birçok endüstri dalında kullanılmaktadır. Bunlar otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik işletmeleridir. Boya ve metal endüstrilerinden yapılan işlemlerde kullanılan bakır havaya karışmaktadır. Evlerde ya da tesislerde kullanılan fosil yakıt içerisinde bakır bulunmaktadır. Bakır ile etkileşim sonucu insan sağlığı olumsuz yönde etkilenmektedir. Vücuda giren bakır karaciğer, böbrek ve beyinde hasara neden olur. İş yerlerinde havadaki bakır tozları için sınır değerleri 1 mg/m³'dür [35].

Yaptığımız çalışmada toprak alınan noktalar incelendiğinde en yüksek bakır değeri N15-18 noktalarında 3,99 mg/kg olarak ölçülmüştür. Diğer yüksek noktalara bakıldığında N6: 3,28 mg/kg, N19: 2,92 mg/kg olarak ölçülmüştür. Bakır değerlerine bakıldığında çalışma alanının tamamında değerler 0,19-3,98 mg/kg arasında değişkenlik göstermiştir. Toprak kirliliği yönetmeliğine göre bakır değerleri sınır değerleri aşmadığı gözlemlenmiştir.

3.2.1.4. Çinko

Çinko elementi genellikle metal kaplama tesislerinde kullanılmaktadır. Çinko tüketimi dünya genelinde en çok kullanılan metaller arasındadır. Diğer yandan çok farklı endüstrilerde de çinko kullanımına rastlanmaktadır. Tarım alanlarında verimi ve ürün kalitesini arttırmak için kullanılan gübre içeriğinde çinkoya rastlanmaktadır. Topraktaki zararlı böcek ve canlıların yok

edilmesi için kullanılan malzemelerde de çinko içeriğine rastlanmaktadır. Toprak içeriğinde yönetmelikte belirtilen değerlere göre çinko içeriği 10-300 mg/kg arasında olması beklenmektedir. Toprakta bulunan çinko metali bitkiler aracılığıyla insan vücuduna taşınmakta ve birikimi sonucunda ciddi sağlık problemlerine yol açmaktadır[35].

Bitlis ilinde alınan toprak örneklerinde yönetmelik değerlerinin alt sınır değerinin üzerinde çinko konsantrasyonlarına rastlanmıştır. Çalışma yapılan noktalardan en düşük çinko değeri N9 noktasında 1,33 mg/kg olarak ölçülmüştür. En yüksek çinko değeri N15-18 noktasında 38,43 mg/kg olarak ölçülmüştür. Bir diğer yüksek çinko değerleri; N13-14 noktasında 20,22 mg/kg ve N4 noktasında 17,43 mg/kg değerindedir.

3.2.1.5. Demir

Demir canlı devamlılığını sağlamak için vücutta bulunması gereken en önemli etken bileşendir. Oksijenin taşınması, protein ve enzim tamamlayıcısı ve hücre büyümesi ve farklılık kazanması için gerekli bir etken madde demirdir. Vücutta demir en fazla hemoglobinde bulunur. Kırmızı kan hücrelerindeki protein dokulara oksijen taşınmasını sağlamaktadır. Demirin fazlası ve az olması vücutta çeşitli rahatsızlıklara yol açmaktadır. Yer kabuğunun büyük bir kısmında demir içeriği yüksek düzeyde bulunmaktadır. Toprakta yüksek olması yetiştirilecek besin kalitesini arttırmaktadır. Toprakta ayrıştırılabilir demir değeri göz önüne alınarak toprağın toksisitesi hakkında bir değerlendirme yapılmıştır. Fe konsantrasyonu 0,2 mg/kg ise düşük toksik, 0,2-4,5 mg/kg arasında ise orta toksik ve 4,5 mg/kg değerinin üzerinde ise incelenen toprak örneği çok toksik olarak değerlendirilmektedir [35].

Çalışma alanımızda bulunan topraklarda demir miktarının diğer analizi yapılan ağır metallere göre yüksek olduğu görülmektedir. Demir konsantrasyonunun en yüksek olduğu nokta N15-18 noktasında 2276,27 mg/kg'dır. En düşük değer ise N22 noktasında 437,60 mg/kg değerinde olduğu saptanmıştır.

3.2.1.6. Nikel

Nikel miktarı ekolojik döngüde düşük değerlerde de olsa görülmektedir. Kaynakları incelendiğinde; ısınma ve farklı amaçlarla endüstri tesislerinde yakılan kömürler, katı atık depolama sahalarında atıkların yakılması, sigara dumanının havaya karışması ve lağım karışmış topraklarda nikel rastlanmaktadır. Ayrıca nikel alaşım oluşturulmasında, korozyona dayanıklı

alaşımli ürünlerin üretiminde, paslanmaz çelik üretimi, piller, elektrotlar ve makine parçalarının üretildiği tesislerden de kaynaklanmaktadır. İnsan sağlığı açısından nikel ciddi sorunlar oluşturabilmektedir. Özellikle solunum yoluyla vücuda alınan nikel astım, burun ve gırtlak kanseri gibi ciddi solunum rahatsızlıklarına neden olabilmektedir. Ayrıca bazı takı üretimi yapılan tesislerde gerekli önlemlerin alınmadan çalışılması durumunda, nikelin direk olarak deriye nüfuz etmesi ilerleyen zamanlarda deride ciddi hasar oluşturarak cilt kanserine neden olabilmektedir[35].

Çalışma alanına bakıldığında nikel konsantrasyonun en yüksek olduğu nokta N15-18 24,25 mg/kg'dır. Bir diğer yüksek noktada nikel değeri N13-14: 16,42 mg/kg değerinde olduğu ölçülmüştür. Çalışma alanının geneline bakıldığında nikel miktarı 0,26 mg/kg- 24,25 mg/kg değerleri arasında farklılık göstermektedir.

3.2.1.7. Krom

Kromun topraktaki kaynağı çok farklı endüstrilerden kaynaklanmaktadır. Bunlar kimya sanayisi, gübre sanayisi, metal işleri ve dökümhaneler, kâğıt endüstrisi gibi farklı sanayi tesisleri olabilmektedir. İnsan faaliyetleri sonucu kromun çevreye dağılımı söz konusu olabilmektedir. Kömür yakılan tesisler ya da konutlarda ısınma amaçlı kömür kullanımı sonucu çevreye krom içerikli kirleticiler yayılmaktadır. Yakma işlemlerinde kâğıt ve benzeri maddelerin kullanılması kromun çevreye dağılımı kaynakları arasında yer almaktadır. Tarım topraklarında ve yönetmelikte belirtilen değerde, kromun değeri 100 mg/kg'dır. Toprakta hareketsiz halde bulunan krom bitki bünyesine ulaşamamaktadır. Suda kolay çözünebilen krom toprakta aşırı zarar verici etkiye sahip değildir. Toprakta yüksek konsantrasyonlarda bulunan krom bileşenleri bitkinin köklerini çürüterek zarar vermektedir. Bitkinin içeriğine ulaşmadan bitki köklerinden yok olmasına neden olmaktadır. Toprakta bulunan yüksek konsantrasyonda krom konsantrasyonları hem bitki hem de toprakta toksik etkilere neden olmaktadır[35].

Çalışma alanımızdan alınan toprak analizi sonuçlarına bakıldığında en yüksek kurşun miktarı N6 noktasında 13,03 mg/kg değeriyle saptanmıştır. N8 noktasında 7,31 mg/kg ve N15-18 noktasında 5,75 mg/kg olarak ölçülmüştür. En düşük kurşun miktarı ise N22 noktasında 0,52 mg/kg olarak ölçülmüştür.

3.2.1.8. Kobalt

Yapılan araştırmalar sonucunda kobalt, diğerk ağır metallerde olduğu gibi toprak kirliliği aısından önemli bir yere sahiptir. Trafiğin yoğun olduğu bölgelerden alınan toprak örneklerinde krom konsantrasyonlarının diğerk alanlara göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Özellikle büyük tonajlı araçların sürekli olarak kullanıldığı bölgelerden alınan toprak örneklerinde kobalt değerleri yüksek çıkmıştır. Bitlis ilinin uluslararası karayoluna sahip olması krom kirliliğine neden olabilmektedir. Özellikle taşımacılık, lojistik amaçlı ağır tonajlı kamyon, tır gibi araçların sürekli geçişi ve seyahatleri söz konusudur. Çalışmalar göz önüne alındığında toprakta ayrıştırılabilecek krom değer 0,09 mg/kg belirlenmiştir. Bu değerin üzerinde krom içeren topraklarda yetişen bitkiler için zararlı etkileri bulunmaktadır. Kromun insan sağlığı üzerinde de çeşitli olumsuz etkileri gözlenmiştir. Vücuttan atılması zor olan bir ağır metal olduğundan olabildiğince temasından ve vücuda girişinden kaçınılmalıdır. Krom insan vücudunda özellikle kas ve kemik gibi dokularda bulunmaktadır. Sağlık örgütünün belirlediği verilere göre insan vücudunda yaklaşık 1,1 mg/kg değerinde kobalt bulunmaktadır. Kromun vücutta birikimi sonucu solunum ve dolaşım gibi sistemlerde olumsuz etkilere neden olmaktadır[36].

Çalışma alanından alınan toprak örnekleri analizi sonucunda krom değer N6 noktasında en yüksek değer 13,03 mg/kg olarak ölçülmüştür. Daha sonraki yüksek değerler sırayla; N8: 7,31 mg/kg ve N15-18 noktasında da 5,75 mg/kg olarak ölçülmüştür. Çalışma alanında çıkan en düşük değer N22 noktasından alınan örnekte 0,52 mg/kg analiz edilmiştir.

3.2.1.9. Mangan

Toprakta bulunan mangan miktarı diğerk ağır metallerden farklılık göstermektedir. Daşdemir yaptığı çalışmada toprakta bulunması gereken mangan sınır değerlerini 200-300 mg/kg olarak belirtmiştir. Bitlis ili çalışma alanından alınan toprak numunelerinin mangan içeriklerine bakılmıştır. Mangan değerleri numune noktalarının geneline bakıldığında birbirinden çok farklı değerler saptanmıştır. N22 noktasında 4,6 mg/kg değerıyla en düşük konsantrasyona sahip noktadır. N19 noktasında ise en yüksek değer 70, 01 mg/kg olarak ölçülmüştür. Çalışma alanının geneli incelendiğinde 4,6-70,01 mg/kg gibi geniş aralık görülmektedir. Daha önce yapılan çalışma baz alındığında numune alınan toprak örneklerinde düşük değerlerde mangan kirliliği gözlenmiştir[34].

Kül değerleri ile kömür değer arasındaki ilişki incelendiğinde hakim rüzgar yönüne doğru havadaki ağır metal yoğunluğu artmaktadır. Dolayısıyla bu noktalarda topraktaki ağır metal

yoğunluğu havanın etkisiyle arttığı söylenebilmektedir denilebilmektedir. Buradaki çeşitli hava olayları nedeniyle (rüzgar yönü, rüzgar hızı, rüzgar şiddeti ve yağış olayları vs.) toprağa ulaşmakta ve havadaki ağır metalin toprağa kontamine olması söylenilebilir. Kadmiyum ağır metali Toprak Kirliliği Yönetmeliğine göre değeriendirildiğinde sınır değerin üzerinde çıkmıştır. Küldeki kadmiyum ağır metali ile kömürdeki değeri farkına bakıldığında bu değeri 3,5 mg/kg görölmektedir. Küldeki diğer ağır metaller ile kömür arasındaki farklar göz önüne alındığında sınır değeri yakın olan noktaların trafik yoğunluğunun olduğu bölgelerde görölmektedir. Kadmiyum kirliliğinin gübre kaynaklı olduğu genel olarak bilinse de, fosil yakıt yakımından kaynaklanan hava kirliliği de tahmin edilmektedir. Ayrıca numune aldığımız noktalara bakıldığında coğrafik koşullardan dolayı bir yükselti söz konusudur. Burada oluşun hakim rüzgar yönü ağır metal dağılımını etkilemektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

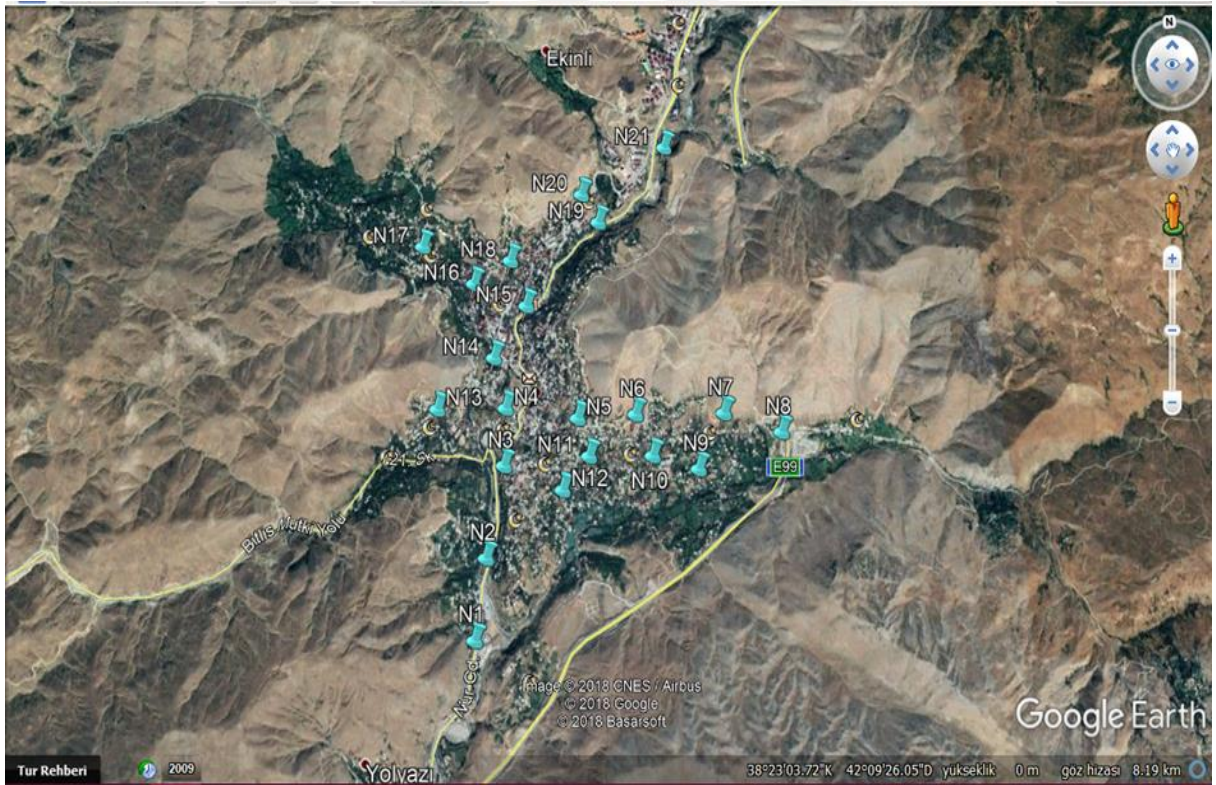
Hava kirliliği, çevre kirliliğinin en önemli aşamalarından biri olarak gösterilebilmektedir. Son yıllarda kamuoyunda da ciddi boyutlara ulaştığı konusunda sık sık açıklamalar yapılmaktadır. Dünya genelinde özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde insan nefes almakta zorlanır duruma gelmektedir. Hava kirliliği konusunda yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonucunda kirletici emisyonlarının farklı kaynaklar olduğu görülmüştür. Trafik, bilinçsizce yakılan fosil yakıtlar, araçlarda kullanılan yakıt çeşidi, araç emisyonları ve denetim ve önleyici kontrollerin az sayıda yapılması gibi farklı kaynaklar bulunmaktadır. Hava kirliliği bir kelebek etkisiyle dünyanın her yerinde hissedilebilecek etkiyi yaratmaktadır. Küresel iklim değişikliği sebepleri arasında önemli bir neden olarak gösterilmektedir. Hava kirliliği sadece o bölgede yaşayan insanları rahatsız etmekle kalmamaktadır. Doğada yapılan her etki tepkisini göstermektedir. Hızla artan hava kirliliği doğal çevrimde su kirliliği ve toprak kirliliği de yaratmaktadır. İnsan ve doğada yaşayan tüm canlıları etkisi altına alarak yaşam kalitesini oldukça düşürdüğü gözlemlenmektedir. Doğada yaratılan her kirliliğinin önlenmesi gerekmektedir. Hava kirliliği konusunda alınabilecek önlemler şunlardır:

- Hava kirliliğinin ne kadar önemli olduğunun insanoğlu tarafından idrak edilmesi gerekmektedir. Herkes temiz bir havayı soluma hakkına sahiptir. Hava kirliliğinin önlenmesinde en önemli adım kirlilik giderimi için bilinçlendirme yapılması gerekmektedir. Hava kirliliği kaynaklarının belirlenip önlenmesi için önemli bir adım olarak değerlendirilebilmektedir.
- Hava kirliliği denilince akla gelen sebepler arasında ilk sırayı trafik kirliliği almaktadır. Özellikle yakıt kullanımının konusunda hassasiyet oluşturulmalıdır. Araçlarda kullanılan kurşunlu benzin yakılması sonucu oluşan emisyonlar yüksek derece hava kirliliğine sebep olmaktadır. Daha temiz yakıt kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Araçların egzozlarına emisyon ölçümünün yapılabildiği cihazlar takılmalı ve düzenli bir şekilde kontrol ve denetimler yapılmalıdır. Yeni üretilen araçlarda egzoz emisyonlarının ölçülebileceği ve kontrollerinin kolaylıkla yapılabileceği için sistemler geliştirilmelidir. Trafik yoğunluğunun yaşandığı illerde araç sayısının azaltılması hem trafik rahatlamasına hem de kirletici konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır. Bu sebeple özel araç kullanımının azaltılıp, toplu taşıma araçlarının kullanımının yaygınlaştırılması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır.
- Devlet yönetimlerinin hava kirliliği konusunda hassas davranması insanları da kurallara uymaya zorlamaktadır. Bu konuda ciddi yaptırımların söz konusu olması kirlilik azaltımı ve giderimi konusunda önemli adımlar arasında yer almaktadır.

- Hava kirliliğinin bir diğer kirletici emisyon kaynağı ise gerek ısınma gerekse endüstri ve sanayi kuruluşlarında farklı amaçlarla kullanılan fosil yakıtlardır. Özellikle kış aylarının sert ve uzun geçtiği bölgelerde kömürün yakıt olarak kullanılması gözle görülür bir kirlilik yaratmaktadır. Şehrin üzerinde oluşan inversiyon tabakası hava kirliliği oluşumunun önemli göstergesidir. Kullanılan yakıt miktarı, yakma süresi, yakma şekli ile ilgili bilgilendirmenin yapılması, kömürden oluşan kirliliğin azaltılmasında etkili olmaktadır. Bu konuda yakıt kullanımının bilinçli yapılması önemlidir. Fazla yakıt kullanımının azaltılması ve yakılan kömür kalitesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de son yıllarda daha temiz yakıt kaynağı olarak doğalgaz kullanılmaktadır. Doğalgaz kullanımının olmadığı bölgelerde temiz kömür yakımı ile ısınma kaynaklı hava kirliliği azaltılabilmektedir. Aynı şekilde sanayi kuruluşlarının da kazanlarında yakılan kömürün kalitesinin ve yakıldığı zaman oluşan kirletici emisyonlarının en aza indirilmesi sağlanmalıdır.
- Hava kirliliğinin doğal çevrimde toprağa etkisi yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonucu kanıtlanmaktadır. Hava askıda kalan kirleticiler gerek yağmur gerekse kendi özgül ağırlıkları ile toprağa ulaşmaktadır. Kuru ve ıslak çökelpmenin gözlemlendiği topraklar ağır metaller ve diğer kirleticiler ile kirlenmektedir. Yapılan ölçüm ve çalışmalarda trafik yoğunluğunun yüksek değerde olduğu bölgelerde, toprakta özellikle kurşun ağır metalinin yüksek konsantrasyonlarda olduğu saptanmıştır. Isınma ve diğer amaçlarla kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklı emisyonlarında toprağa ulaştığı saptanmıştır. Toprakta oluşan kirlilik yağışlarla toprak yüzeyinden bitki köklerine ulaşmaktadır. Kirlenmiş topraklarda yetişen tüm bitki çeşitlerinin canlı vücuduna taşınma olasılığı olduğu için toprak kirliliği ciddiyetini her daim korumaktadır. Yapılan çalışmalarda düzenli olarak kirli toprak ürünleriyle beslenen canlıların vücudunda toprakta bulunan kirletici maddelere rastlanmıştır. Toprakta bulunan ağır metallerin insan vücudundan atılması zordur. Zamanla birikimin artması ile insan vücudunda toplanan ağır metaller tüm sistemlerin bozulmasına neden olmaktadır. İnsan bilincinin çevreyi ve doğayı koruma konusunda bilinçlenmesi tüm kirliliklerin oluşmasını engelleyecek durumdadır. Maalesef insanoğlu yüzyıllardan bu yana doğayı tahrip etmeye ve elinden geldiğince zarar vermeye devam etmektedir. Bu durumda da oluşan kirliliklerinin azaltılması konusunda pek çok yöntem ve çalışma geliştirilmektedir. Toprak kirliliğinin önlenmesi konusunda yaratılan yöntemler maliyet açısından yüksek değerlerde bulunabilmektedir. Kirlenmiş topraklarda kirlilik giderimi sağlamak amaçlı çeşitli önlemler alınabilmektedir. Kirlenmiş toprağın kirlilik değerleri çok yüksek değerde ise o alanın kullanımının

yasaklanması gerekmektedir. Kirlenmiş bölgenin gözaltına alınması ve sürekli kirlilik akışının izlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada Bitlis ilinin 17 farklı noktasında toprak örnekleri alınmaktadır. Ayrıca kül ve kömür örneklerinin içeriğindeki ağır metal değerleri de çalışmada incelenmektedir. Alınan toprak, kömür ve kül numuneleri laboratuvar ortamında analiz şartları için gerekli çalışmalar yapılmaktadır. Katı haldeki numunelerin sıvı hale getirilme işlemi laboratuvar ortamında sağlanmaktadır. Numuneler ICP-MS cihazında ölçülerek değerler yorumlanmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda farklı noktalardan alınan toprak numunelerinde ağır metal değerleri değişkenlik göstermektedir. Yapılan tez çalışmasında doğada bulunan ağır metaller arasında çevre kirliliği kontamine olma olasılığı en fazla olan ağır metaller değerlendirilmiştir. Alınan numunelerde Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb toplamda on ağır metal değeri incelenmiştir. Toprak kirliliği yönetmeliğinde altı adet en önemli ağır metalin toprakta bulunması gereken sınır değerleri verilmiştir. Bu altı ağır metalin dışında dört tane daha ağır metal değerleri ölçülmüş ve incelenmiştir.



Şekil 2.20. Alınan toprak numunelerinin harita üzerinde gösterimi

Alınan toprak örneğinde alüminyum (Al) değerlerinin N23 noktasında 2362,86 mg/kg ile N7 noktasında 244,18 mg/kg aralığında değiştiği, Cr değerlerinin N6 noktasında 13,03 mg/kg ile N23 noktasında 0,5 mg/kg arasında değerler aldığı saptanmıştır. Mn değerlerinin N19 noktasında

70,09 mg/kg, N22 noktasında 4,6 mg/kg arasında değiştiği ölçülmüştür. Fe değerleri N16-17: 1613,2 mg/kg- N22: 437,6 mg/kg; Co değerleri N23: 0,04 mg/kg- N8:0,9 mg/kg aralıklarında değişmektedir. Ni değerleri N15-18: 24,3 mg/kg- N23: 0,3 mg/kg. Cu değerleri N15-18: 3,98 mg/kg-N23: 0,19 mg/kg; Zn değerleri N15-18 38,4 mg/kg- N9:1,3 mg/kg aralığında olduğu ölçülmüştür. Kadmiyum değerleri incelendiğinde toprak numunelerinin geneli olmak üzere ICP-MS cihazında ölçülmemiştir. Toplamda beş noktada kadmiyum değerleri ölçülebilmektedir. En yüksek kadmiyum değeri N13-14 noktasında 1,68 mg/kg iken en düşük değer N9 noktasında 0,21 mg/kg olarak ölçülmüştür. Pb değerleri incelendiğinde değerler; N15-18 noktasında: 2,97 mg/kg iken N23 noktasında 0,37 mg/kg aralığında değişmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde ağır metallerin en yüksek değerleri aldığı toprak örnekleri; Al: N23, Cr: N6, Mn:N19, Fe: N15-18, Co: N8, Ni: N15-18, Cu: N15-18, Zn: N19, Cd: N13-14 ve Pb: N15-18'dir. Sonuçlar göz önüne alındığında birden fazla ağır metal kirliliğinin gözlemlendiği nokta N15-18 noktası olarak görülmektedir. Bu noktada demir, nikel, bakır ve kurşun değerleri en yüksek noktalarda ölçülmüştür. Bu noktanın trafiğin yoğun olduğu bir bölgeden alınmış olduğu yukarıda verilen haritada görülmektedir. Hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgede toprakta birden fazla ağır metal örneğine rastlanmıştır.

5. KAYNAKLAR

[1] Alkan A, 2010. Bitlis Şehrinin Çevre Sorunları ve Alınması Gereken Önlemler. Environmental Issues of Bitlis City and Precautions To Be Taken.

- [2] ÇED ve Çevre İzinlerinden Sorumlu Şube Müdürlüğü Bitlis Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Bitlis İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu, Bitlis 2018.
- [3] Karpuzcu M, 2010. Çevre Kirlenmesi Kontrolü. 11. Basım, İstanbul. Özel Matbaa, pp.166-167- pp.174.
- [4] İskender S, Bolu F, Yılmaz M, Mayda AS, 2015. Düzce Hava Kalitesi İstasyonu 1 Ekim 2011-31 Mart 2015 Tarihleri Arasındaki Verilerin İncelenmesi. Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6 (3): 161-167.
- [5] Kızıloğlu Algan FT, Bilen S, 2003. Toprak Kirlenmesi ve Biyolojik Çevre. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36 (1): 83-88.
- [6] Kardeşoğlu E, Yalçın M, Işlak Z, 2011. GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi, Kardiyoloji Servisi, İstanbul. TAF Prev Med Bull 10 (1): 97-106.
- [7] Alyüz B, Veli S, 2006. İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler Ve Sağlık Üzerine Etkileri. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü. Univ J Sci, 7(2): 109–116.
- [8] Turp SM, 2000. Toprak Kirliliğinde Ağır metallerin Etkisi ve Anamur-Silifke Bölgesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [9] Çepel N, 2000. Toprak İle Söyleşi Tanımı, Sorunları Ve Korunma Çareleri. Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları. Ankara.
- [10] Çağlarırnak N, Hepçimen AZ, 2010. Ağır Metal Kirliliğinin Gıda Zinciri Ve İnsan Sağlığına Etkisi. Celal Bayar Üniversitesi, Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkez Müdürlüğü. Akademik Gıda s: 31-35.
- [11] Su C, Jiang L, Zhang W, 2014. A Review On Heavy Metal Contamination In The Soil Worldwide: Situation, Impact and Remediation Techniques. Environmental Skeptics and Critics, s: 24-38.
- [12] Şişman İ, İmamoğlu M, Aydın AO, 2002. Determination Of Heavy Metals In Roadside Soil From Sapanca Area Highway, Turkey.
- [13] Isen H, Altundağ H, Keskin CS, 2013. Determination Of Heavy Metal Contamination In Roadside Surface Soil By Sequential Extraction. Pol. J. Environ. Stud. Vol., 22: 1381-1385.
- [14] Li XD, Lee SL, Wong SC, Shi WZ, Thornton I, 2004. The Study Of Metal Contamination In Urban Soils Of Hong Kong Using A GIS Based Approach, Environ. Pollut, 129: 113–124.
- [15] Thorpe Harrison RM, 2008. Sources And Properties Of Non-Exhaust Particulate Matter From Road Traffic: A Review. Sci Total Environ., 400: 270–282.

- [16] Khan S, Khan MA, Rehman S, 2011. Lead and Cadmium Contamination Of Different Roadside Soils and Plants In Peshawar. Department of Environmental Sciences, University of Peshawar, 21(3): 351-357.
- [17] İbret BÜ, Aydınözü D, 2009. Şehirleşmede Yanlış Yer Seçiminin Hava Kirliliği Üzerine Olan Etkisine Bir Örnek: Kastamonu Şehri. A Sample For The Effect Of The Wrong Settlement Choice In Urbanization On Air Pollution: The Center Of Kastamonu. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Coğrafya Dergisi, 18: 71-88.
- [18] Garipağaoğlu N. Türkiye’de Hava Kirliliği Sorununun Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı. Marmara Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölüm Doğu Coğrafya Dergisi, 9.
- [19] Bayram H, Dörtbudak Z, Evyapan Fişekçi F, Kargın M, Bülbül B, 2006. Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu” Paneli Ardından. Dicle Tıp Dergisi, 33 (2): 105-112.
- [20] Özdemir H, Borucu G, Demir G, Yiğit S, Ak N, 2010. İstanbul’daki Çocuk Oyun Parklarında Partikül Madde (PM_{2,5} Ve PM₁₀) Kirliliğinin İncelenmesi. Ekoloji Dergisi 20 (77): 72-79.
- [21] Toros H, Bağış S, 2017. Hava Kirlilik Modellerinde Kullanılacak Emisyon Envanteri Oluşturulması için Yaklaşımlar ve İstanbul Hava Kirliliği Dağılımı Örneği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32 (2):1-12.
- [22] Aslam J, Khan SA, Khan SH, 2011. Heavy Metals Contamination In Roadside Soil Near Different Traffic Signals In Dubai, United Arab Emirates. Journal Of Saudi Chemical Society 17: 315–319.
- [23] Dietrich M, Huling J, Krekeler MP, 2018. Metal Pollution Investigation Of Goldman Park, Middletown Ohio: Evidence For Steel and Coal Pollution In A High Child Use Setting. Science Of The Total Environment, 618: 1350–1362.
- [24] Sołek-Podwika K, Ciarkowska K, Kaleta D, 2016. Assessment Of The Risk Of Pollution By Sulfur Compounds And Heavy Metals In Soils Located In The Proximity Of A Disused For 20 Years Sulfur Mine (SE Poland). Journal Of Environmental Management, 180: 450-458.
- [25] Chen Y, Jiang X, Wang Y, Zhuang D, 2018. Spatial Characteristics Of Heavy Metal Pollution and The Potential Ecological Risk Of A Typical Miningarea: A Case Study In China. Process Safety And Environmental Protection 113: 204-219.
- [26] Huang Y, Chen Q, Deng M, Japenga J, Li T, Yang X, He Z, 2018. Heavy Metal Pollution And Health Risk Assessment Of Agricultural Soils In A Typical Peri-Urban Area In Southeast China. Journal Of Environmental Management 207: 159-168.

- [27] Wang M, Liu R, Chen W, Peng C, Markert B, 2018. Effects Of Urbanization On Heavy Metal Accumulation In Surface Soils, Beijing. *Journal Of Environmental Sciences* 64: 328-334.
- [28] Ciarkowska K, Gambus F, Antonkiewicz J, Koliopoulos T, 2019. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon and Heavy Metal Contents In The Urban Soils In Southern Poland. *Chemosphere* 229: 214-226.
- [29] Rozanski SL, Kwasowski W, Castejon JMP, Hardy A, 2018. Heavy Metal Content and Mobility In Urban Soils Of Public Playgrounds and Sport Facility Areas, Poland. *Chemosphere* 212: 456-466.
- [30] Fait S, Fakhi S, ElMzibri M, Malek OA, Rachdi B, Faiz Z, Fougrach H, Badri W, Smouni A, Fahr M, 2018. Behavior of As, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Ni, and Zn At The Soil/Plant Interface Around An Uncontrolled Landfill. Casablanca.
- [31] <http://daytam.atauni.edu.tr> (Erişim tarihi:12.08.2019).
- [32] Özdemir Z, Demir E, 2013. Kazanlı - Mersin Bölgesinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb için Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi ve Çevresel Ortamın Yorumlanması, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 37 (2): 119-140.
- [33] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik Ek- Ve Ek-4. Ankara.
- [34] Daşdemir A, 2015. İstanbul Avrupa Yakası Otoban Kenarlarındaki Tarım Arazilerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- [35] Seven T, Can B, Darende BN, Ocak S, 2018. Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, Sayı 1(2): 91-103.
- [36] Adiloğlu S, Sağlam MT, 2015. Karayolu Kenarlarındaki Tarım Arazilerindeki Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Kobalt (Co) İçerikleri. *AKÜ FEMÜBİD* 15 (3): 24-29.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Siirt'te doğdum. İlköğretimi Fevzi Çakmak İlköğretim Okulu'nda ve liseyi Siirt Atatürk Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 2009 yılında kazandığım Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2014 yılında mezun oldum. 2016'da Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladım. Eylül 2019'da yüksek lisansımı tamamladım. Yabancı dilim İngilizce' dir.

Elif ÇELİK

