



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BARTIN İLİ ORMAN ALANLARINDAKİ TOPRAKTA MEVCUT  
OLAN AĞIR METALLERİN SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ**

**ÖZKAN BAYKANOĞLU**

**DANIŞMAN**

**DOÇ. DR. MERTOL ERTUĞRUL**

**BARTIN-2021**





**T.C.**

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BARTIN İLİ ORMAN ALANLARINDAKİ TOPRAKTA MEVCUT OLAN AĞIR  
METALLERİN SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özkan BAYKANOĞLU**

**BARTIN-2021**

## **BEYANNAME**

Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Mertol ERTUĞRUL danışmanlığında hazırlamış olduğum “BARTIN İLİ ORMAN ALANLARINDAKİ TOPRAKTA MEVCUT OLAN AĞIR METALLERİN SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

13.09.2021

Özkan BAYKANOĞLU

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında desteğini esirgemeyen sabırla bana yol gösteren kıymetli danışmanım Sayın Doç. Dr. Mertol ERTUĞRUL ve Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL hocama teşekkürlerimi sunuyorum.

Yoğun çalışmalarım sırasında sabır gösterdiği ve sürekli bu konuda çalışmam için elinden gelen her şeyi yapan eşim Büşra BAYKANOĞLU'na teşekkürlerimi sunuyorum. Eğitim hayatım öncesinde ve sonrasında maddi ve manevi bütün ihtiyaçlarımı her ne pahasına olursa olsun karşılayan, babam Hüseyin BAYKANOĞLU'na teşekkürlerimi sunuyorum. Tez aşamasına gelmeden önce bana derslerde gerekli tüm bilgileri öğreten Bartın Üniversitesi Lisans Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalında derslerime giren tüm öğretim görevlilerine teşekkür ederim.

Bartın Organize Sanayi Bölgesi ve Bartın Çimento Fabrikası çevresindeki farklı meşcere koşullarına sahip orman vejetasyon alanında bulunan üst toprak kademesindeki ağır metal seviyelerinin incelendiği bu araştırma, Bartın Üniversitesi Rektörlüğü, Proje Teknoloji Ofisi Koordinatörlüğü, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2019-FEN-A-019 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Projeye sağladıkları maddi ve manevi desteklerinden dolayı Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne ve tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Projenin arazi çalışmalarında ve örneklerin alınmasında desteklerini gördüğümüz Bartın Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne, Bartın Orman İşletme Müdürlüğüne şükranlarımızı sunarız. Üst toprak örneklerinde ağır metal analizlerinin gerçekleştirilmesinde bizlere sağladıkları destekler, yardımlar ve değerli katkılarından dolayı Kastamonu Üniversitesi Bilgehan BİLGİLİ Merkezi Laboratuvar çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Çalışmamızın konuyla ilgilenen tüm ilgi gruplarına ve paydaşlara katkı sağlamasını dileriz.

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **BARTIN İLİ ORMAN ALANLARINDAKİ TOPRAKTA MEVCUT OLAN AĞIR METALLERİN SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ**

**Özkan BAYKANOĞLU**

**Bartın Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mertol ERTUĞRUL**

**Bartın-2021, sayfa: 39**

Antik çağlarda metal cevherlerin işlenmeye başladığı günlerden bu yana ağır metaller, doğal çevrimlerin dışında insan faaliyetlerinin sonucunda, atmosfer ve toprağa yayılmaya başlamışlardır. Ağır metallerin etkileri, yüzyıllar boyunca bilinmeden çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Sanayileşmenin başlamasıyla ağır metal içeren kömürler yakılmaya başlandı ve bunun sonucunda endüstri bölgelerinde ağır metal kirlilik miktarı büyük boyutlara ulaşmıştır. Endüstriyel faaliyetlerde ortaya çıkan hava ve su kirlenmelerinin toprağa karışımları, kimyasal yollarla olmaktadır. Toprakta meydana gelen kirlilik, dönüşümü olmayan ve giderilemeyen kirlilik türlerindedir. Bu topraklarda tarım yapılamamakla birlikte, bu topraklar atık kalmakta.

Tabiiatta serbest olarak 35'ten fazla metal elementi bulunmakta olup, bunların 23 tanesi ağır metaldir. 5g/cm<sup>3</sup>'den yüksek olan metaller, ağır metal olarak tanımlanmaktadır. Krom (Cr), civa (Hg), bakır (Cu), kurşun (Pb), nikel (Ni), çinko, demir (Fe), kadmiyum (Cd) ve kobalt (Co) en sık karşılaşılan ağır metallerdir. Atmosfere yayılan ağır metaller, zaman içinde birikerek ile yeraltı sularına, toprağa ve yüzeysel sulara karışarak ekolojik dengeye zarar verebilmektedir.

Bartın Organize Sanayi Bölgesi ve Bartın Çimento Fabrikası etrafında bulunan farklı meşcere koşullarına sahip orman vejetasyonundaki üst toprak koşullarında bulunan ağır metallerin seviyesinin belirlendiği bu araştırmada; Bartın Organize Sanayi Bölgesindeki orman vejetasyonu alanında üst toprak kademesinde Cu'nun ortalama değeri 24,76mg/kg, Zn'nin ortalama değeri 48,13mg/kg, Mn'nin ortalama değeri 153,25mg/kg, Ni'nin ortalama değeri 43,96mg/kg, Cr'nin ortalama değeri 57,14mg/kg ve Pb'nin ortalama değeri 64,45mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma materyalinin ikinci kısmını oluşturan Bartın Çimento Fabrikası etrafında bulunan orman vejetasyonunun 50m ara ile 4 tekrarlı olarak alınan üst toprak numunelerinde Cu'nun ortalama değerinin 35,83mg/kg, Zn'nin ortalama değerinin 54,39mg/kg, Mn'nin ortalama değerinin 132,34mg/kg, Ni'nin ortalama değerinin 28,45mg/kg, Cr'nin ortalama değerinin 41,52mg/kg ve Pb'nin ortalama değerinin 75,23mg/kg olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada her iki lokasyonda da üst toprak kademesinde belirlenen ağır metal türlerinin tümünde ortalama değerlerin FAO ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirlenen sınır değerlerin içinde olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu durum her iki yöredeki orman vejetasyon alanlarında bitki sosyolojisi gruplarında meşcere toprağının yavaş yavaş ağır metal türleri tarafından kirlenmeye başladığı gerçeğini gölgelememelidir. Bu kapsamda Cu, Zn ve Pb ağır metal türleri Çimento Fabrikası çevresinde orman vejetasyon alanında OSB bölgesine göre daha yüksek seviyede çıkmış olmakla birlikte Mn, Ni ve Cr ağır metal türleri OSB bölgesindeki orman vejetasyon alanındaki üst toprak koşullarında ortalama değerler üzerinden daha yüksek bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, üst toprak, orman vejetasyonu, toprak kirliliği, Bartın.

**Bilim Alanı Kodu:** 120511

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **DETERMINING THE LEVEL OF HEAVY METALS AVAILABLE IN THE SOIL IN THE FOREST AREAS OF BARTIN**

**Özkan BAYKANOĞLU**

**Bartın University**

**Graduate School**

**Department of Forest Engineering**

**Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Mertol ERTUĞRUL**

**Bartın-2021, pp: 39**

Since the days when metal ores began to be processed in ancient times, heavy metals have begun to spread to the atmosphere and soil as a result of human activities outside of natural cycles. The effects of heavy metals have been used for a variety of purposes unknowingly for centuries. With the start of industrialization, coal containing heavy metals started to be burned and as a result, the amount of heavy metal pollution in industrial areas has reached great levels. The mixtures of air and water pollutants, which occur in industrial activities, into the soil occur by chemical means. The pollution that occurs in the soil is one of the types of pollution that cannot be transformed and removed. Although agriculture cannot be done on these lands, these lands remain as waste. There are more than 35 free metal elements in nature, 23 of which are heavy metals. Metals higher than 5g/cm<sup>3</sup> are defined as heavy metals. Chromium (Cr), mercury (Hg), copper (Cu), lead (Pb), nickel (Ni), zinc, iron (Fe), cadmium (Cd) and cobalt (Co) are the most common heavy metals. Heavy metals emitted into the atmosphere can damage the ecological balance by accumulating over time and mixing with groundwater, soil and surface waters. In this research, in which the level of heavy metals in the top soil conditions of the forest vegetation with different stand conditions around the Bartın Organized Industrial Zone and the Bartın Cement Factory was determined; In the forest vegetation area in Bartın Organized Industrial Zone, the average value of Cu is 24.76mg/kg, the average value of Zn is 48.13mg/kg, the average value of Mn is 153.25mg/kg,



the average value of Ni is 43, 96mg/kg, mean value of Cr 57.14mg/kg and mean value of Pb 64.45mg/kg. The average value of Cu is 35.83mg/kg, the average value of Zn is 54.39mg/kg, and the average value of Mn is 132 in the topsoil samples taken from the forest vegetation around the Bartın Cement Factory, which constitutes the second part of the research material, in 4 repetitions with 50m intervals. It was determined that the mean value of Ni was .34mg/kg, the mean value of Ni was 28.45mg/kg, the mean value of Cr was 41.52mg/kg, and the mean value of Pb was 75.23mg/kg. In the study, it was determined that the average values of all heavy metal species determined in the upper soil level in both locations were within the limit values determined by FAO and the Ministry of Environment and Urbanization. However, this situation should not overshadow the fact that the stand soil has gradually started to be polluted by heavy metal species in the plant sociology groups in the forest vegetation areas in both regions. In this context, Cu, Zn and Pb heavy metal types were found at higher levels in the forest vegetation area around the Cement Factory compared to the OSB region, but Mn, Ni and Cr heavy metal types were found higher than the average values in the top soil conditions in the forest vegetation area in the OSB region.

**Keywords:** Heavy metal, topsoil, forestvegetation, soil pollution, Bartın.

**Scientific Field Code:** 120511

## İÇİNDEKİLER

BEYANNAME .....	4
ÖNSÖZ .....	3
ÖZET .....	4
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tez Çalışmasının Amacı.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1 Ağır Metaller .....	3
2.2. Toprakta Ağır Metallerin Kaynakları.....	7
2.3.1 Kurşun (Pb) .....	8
2.3.2. Kadmiyum (Cd).....	8
2.3.3. Nikel (Ni).....	9
2.3.4 Krom (Cr) .....	10
2.3.5 Demir (Fe).....	11
2.3.6 Bakır (Cu) .....	11
3. MATERYAL VE METOT.....	13
3.1 Matertal .....	13
3.2 Metot .....	14
3.2.1 Toprak Örneklerinin Alınması .....	14
3.2.2 Toprak Örneklerinde Ağır Metal Analizleri .....	26
3.2.3 İstatistik Analizler .....	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	28
4.1 Organize Sanayi Bölgesine Ait Bulgular ve Tartışma.....	28
4.2 Çimento Fabrikası Bölgesine Ait Bulgular ve Tartışma .....	29
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	32
KAYNAKLAR.....	34
ÖZGEÇMİŞ .....	39

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1.1: Çalışma alanı haritası .....	15
1.2: Örnek alım noktaları.....	16
1.3: Toprak zonlarını gösteren genel kesit .....	16
1.4: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın Çimento).....	17
1.5: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın Çimento).....	18
1.6: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın Çimento).....	19
1.7: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın Çimento).....	20
1.8: Bartın Çimento Numuneler .....	21
1.9: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın OSB).....	22
1.10: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın OSB).....	23
1.11: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın OSB).....	24
1.12: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın OSB).....	25
1.13: Bartın Organize Sanayi Numuneler .....	26

## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
<b>No</b>	<b>No</b>
<b>2.1:</b> Bitkilerde toksisite etkisi gösteren bazı ağır elementler (Daşdemir, 2015) .....	2
<b>2.2:</b> Ağır Metallerin Ekolojik Sınıflandırılması(Yerli, Çakmakçı, vd. 2020) .....	5
<b>2.3:</b> Türkiye ve diğer ülkelerde, topraktaki ağır metal konsantrasyonu limit değerleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Dünya Sağlık Örgütü ve Dünya Tarım Örgütü'nün kirlilik limitleri (Akyıldız & Karataş, 2018) .....	6
<b>2.4:</b> Temel endüstri işletmelerinden atılan ağır metal çeşitleri(Okcu vd, 2009) .....	7
<b>2.5:</b> Bazı Ağır Metallerin Sebep Oldukları Semptomlar ve Sağlık Üzerine Etkileri (Kara, 2018) .....	12
<b>2.6:</b> Örnekleme yapılan alanların tanımı .....	13
<b>2.7:</b> OSB etrafındaki ormanlık alanlardaki ve kontrol noktalarındaki üst toprak kademesinde belirlenen ağır metal türlerine ilişkin ortalama verilere uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları .....	28
<b>2.8:</b> Çimento Fabrikası etrafındaki ormanlık alanlardaki ve kontrol noktalarındaki üst toprak kademesinde belirlenen ağır metal türlerine ilişkin ortalama verilere uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları. ....	30

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

km	: kilometre
m	: metre
m <sup>2</sup>	: metrekare
m <sup>3</sup>	: metreküp
g	: gram
mg	: miligram
µg	: mikrogram
Hg	: civa
Cu	: bakır
Pb	: kurşun
Co	: kobalt
Cr	: krom
Cd	: kadmiyum
Fe	: demir
Sn	: kalay
Ni	: nikel
Zn	: çinko

## KISALTMALAR

pH	: Power of Hydrogen (çözeltilerin asidite veya bazite derecelerinin ölçü birimi)
WHO	: World Health Organization (DSO)
IARC	: International Agency for Research on Cancer (Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı)
ppm	: Partspermillion (milyonda bir birime)



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Tez Çalışmasının Amacı

Bu çalışmada; Bartın ilinde Organize Sanayi Bölgesi ve Bartın Çimento Fabrikasının bulunduğu alandan yaklaşık 2 km uzakta, 3 farklı noktadan alınan toprak numunelerindeki ağır metal seviyesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çevre kirliliği açısından sorun olarak görülen ağır metal kirliliği sanayileşmenin artması ile ortaya çıkmış bir sorundur. Sanayileşmeden öncesinde ağır metal kirliliği oluşumu yokken, günümüzde ağır metallerin birikiminin sebep olduğu hastalıklar adlandırılmıştır. Ağır metaller, gübreleme gibi faaliyetlerde, toprakta fazla miktarda biriktiği zamanda ve pH'ın düştüğü dönemlerde, toprakta yayılır ve bitkiler tarafından alınmaya başlar. Topraktaki ağır metal seviyesinin artmasında endüstriyel faaliyetlerin katkısı oldukça fazladır. Endüstriyel tesislerde yakma faaliyeti olduğunda, bacadan çıkan gaz buharlaşma-yoğunlaşma ile bitki dış yüzeyinde ve toprakta birikir. Toprakta biriken ağır metaller insanlara besin zinciri yoluyla aktarılır. (Alkış, 2011).

Toprağın tabii yapısı, toprakta yapılan endüstriyel ve tarımsal işlemler neticesinde tamamı veya bir kısmı yabancı maddelerle kirletilir. Bu maddeler, belirli derecede ve çoğunlukla çok az miktarda toprağın bünyesinde vardır. Bu nedenle, kimyasal kirlilikte ağır metaller ilk aklı gelen kirleticilerdir. (Özkan, 2017). Ağır metaller, ortamdaki dirençleri ve sahip oldukları toksisite nedeniyle antropojenik kaynaklı en tehlikeli kirleticiler olarak sınıflandırılmaktadır (Ölgen ve Gür, 2012)

Toprakta olduğu gibi kimi zaman ağaç yaprakları ve ibrelerinde de ölçülerek mevcut olan ağır metal elementleri belirlenmeye çalışılmaktadır (Alaourivd, 2020).

Ağır metallerin bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri, bitkilerin türüne göre değişiklik sergilemektedir. Çizelge 1.1.'de, bitkilerde toksisite etkisi gösteren bazı ağır elementlere yer verilmiştir.

<b>Ağır metal</b>	<b>Bitkide görülen semptomlar</b>	<b>Bitki türü</b>
Zn	Yaprak uęlarındaki klorosis ve nekrosis, geę yapraklarda sararma, geę büyümesi, dengesiz kök sistemi	Tahıllar ve ıspanak
Pb	Bitkide bodurlaşma, yaşlı yapraklarda kıvrılma, kötü kök gelişimi	Tahıllar
Cd	Yaprak kenarlarında kahverengileşme, klorosis, kırmızımsı yaprak damarları, zayıf kök sistemi	Sebzeler
Co	st yapraklarda klorosis, yaprak kenarlarında beyazlaşma kök zararları	Tüm bitkiler
Fe	Yaprakların daha koyu yeşil olması, kök ve gövdede bodurlaşma, kimi bitkilerde koyu kahverengi ile mor arasında değişen yaprak rengi	ęeltik ve tütün
Cu	Yaprakların daha koyu yeşil olması, zayıf kök sistemi	Tahıllar, sebzeler ve narenciye

Tablo 1.1: Bitkilerde toksisite etkisi gösteren bazı ağır elementler (Daşdemir, 2015)



## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Ağır Metaller

Ağır metaller yer kabuğunda natürel halde mevcut olan bileşiklerdir. Yok edilemezler ve bozulmazlar. Ağır metaller; hava yolu, gıdalar ve içme suyu ile insan vücuduna geçerler. Kimi ağır metaller (örneğin; çinko, bakır, selenyum), iz elementler kadar insanlarda metabolizmanın sağlıklı bir şekilde sürdürülmesi için gerekli maddelerdir. Ancak, yüksek yoğunlukta olmaları halinde zehirli olabilirler. Mikro seviyede olduğunda sağlık yönünden destek maddesi olan ağır metal elementleri insanlar için toksik etkilere sebep olurlar. Bu nedenle ağır metaller yönünden risk yaratan miktar ve yerlerinin ortamdaki varlık ve miktarlarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Alagourivd, 2020). İnsan bünyesine solunum, deri yolu ve ağız ile alınan ağır metallerin, vücuttan; bağırsak, böbrek, karaciğer, deri ve akciğerler ile boşaltım yollarından atılmaları mümkün değildir. Bundan dolayı, canlıların bünyelerinde ağır metaller birikmeye başlar. Canlı vücudunda biriken bu metaller, tehlikeli düzeylere ulaştıklarında, tehlikeli fiziki hastalıklara ve hatta bu nedenle ölüme sebep olurken aynı zamanda psikolojik, nörolojik hastalıklar ve davranış bozukluklarına yol açarken, yapılan çalışmalar sonucunda Parkinson ve Alzheimer hastalıkları gibi dejeneratif hastalıklara da sebep olabilecekleri düşünülmektedir (Özbulat ve Tuli, 2016).

İnsanoğlu binlerce yıl boyunca, zararlılığını bilmeden, süs eşyası, silah, su iletim borusu, takı ve mutfak malzemesi gibi amaçlar için ağır metalleri kullanmışlardır. Sanayi devrimin başlaması, ağır metal içeren kömürlerin yakılması ile bu durum büyük ivme kazanmıştır. Gerek fabrika ve endüstri alanlarından çıkan gazlar, gerekse fosil yakıt kullanan taşıtlardan kaynaklanan egzoz dumanı ile günümüzde ağır metal kirliliği önemli seviyelere ulaşmıştır (Okcu et al., 2009).

Ağır metaller, topraktan temizlenmesi oldukça güç kirleticilerdir. Özellikle TSP, DAP ve diğer fosforlu gübrelerin aşırı kullanılması gibi tarımsal ve endüstriyel faaliyetler topraktaki ağır metal kirliliğinin ana nedenleridir. Bu şekilde ağır metal zehirlenmesine uğramış topraklarda şu yöntemler ile mücadele yapılmaktadır;

- 1- Bir uygulama yapmadan o bölgenin kullanımını yasaklamak yoluyla
- 2- Toprağı kirlenmiş bölge ya da başka bir bölgede temizlemek yoluyla (Seven vd, 2018).
- 3- Kirlenmiş toprağı o bölgede tutarak ve bu bölgeyi sürekli izleyerek kirlenmenin diğer bölgelere geçmesinin önlenmesi yoluyla.
- 4- Kirlenmiş toprağı uzaklaştırarak belirli bir bölgede tutmak yoluyla.

Örneğin; içme suyuna ağır metal bulaşması olmuşsa, gıda zinciri yoluyla veya kirli hava konsantrasyonunun yüksek olmasından dolayı ağır metal zehirlenmesi oluşabilmektedir. Su kaynaklarına ağır metaller; asit yağmurları veya endüstriyel atıkların toprağına ulaşması ve toprakta da bulunan ağır metallerin çözünmesi ile ağır metallerin yeraltı sularına, göllere ve ırmaklara taşınmasıyla olur. Su kaynaklarına taşınan ağır metaller, seyrelerek; sülfat, kısmen sülfür, karbonat ve bunların bileşikleri yapısında su dibine çökerler. Endüstriyel faaliyetlerin doğaya rasgele bırakılması ile toprak ekosistemine müdahil olan ağır metaller toprakta birikir. Toprağın pH değeri, biriken metallerin çözünürlüğüne önemli ölçüde tesir etmektedir. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle yeraltı suyundaki ağır metal miktarı sürekli yükselir.

Bitkiler için mutlaka gerekli olan bazı elementler, yüksek konsantrasyonda toksik etki gösterebilmektedir. Gerekli elementler; Zn, Mo, Mn, Co, Fe, Cu ve bazı koşullarda da Ni'dir. Bu elementler dışında; Cd, Hg, Pb ve Cr benzeri ağır metaller ise sanayi faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan atık ve atık sularla tarımsal ekosisteme karışmakta ve kirliliğe sebep olmaktadır (Sarı 2009). Toprakta yapılan çalışmalarda, ağır metal kirliliğinin toprak derinliği ile ters orantılı olarak azaldığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, toprak üst kısmında kolloidal materyali daha çok bulunması olarak gösterilmiştir (Sarı 2009).

Ağır metaller, toprakta toksik etki yaratacak seviyede olması durumunda, topraktaki bitkide bu toksik etkiden zarar görmekte. Bitkide; besin elementleri ile rekabet etmekte, hücre zarının geçirgenliği değişmekte ve biyokimyasal tepkimeleri üzerinde olumsuz etki oluşturması şeklinde sıralanabilir (Sarı 2009). Tablo 2'de ekolojik bakımdan bazı ağır metallerin farklılıkları verilmiştir.

Ağır metaller toprakta olduğu kadar bitkilerin çeşitli organlarında birikmek suretiyle de bitkilere zarar verirler. Bitkilerde biriken ağır metal miktarının belirlenmesi ile ilgili de çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan Kastamonu’da gerçekleştirilen bir çalışmanın sonucunda, Sevik ve arkadaşları, en çok ağır metal biriktiren ağaç türünün Süs eriği (*Prunus cerasifera*), en az biriktiren türün ise Adi dişbudak (*Fraxinus excelsior*) olduğu belirlenmiştir (Sevik vd, 2019).

Element	Özgül ağırlık gr/cm <sup>3</sup>	Canlılar için lüzumlu olmaları	Kirletici vasfı
Ag	10,5	Lüzumlu değil	+
Cd	8,5	Lüzumlu değil	+
Cr	7,2	Lüzumlu	+
Co	8,9	Lüzumlu	+
Cu	8,9	Lüzumlu	+
Fe	7,9	Lüzumlu	+
Hg	13,6	Lüzumlu değil	-
Mn	7,4	Lüzumlu	+
Pb	11,3	Lüzumlu değil	+
Mo	10,2	Lüzumlu	+
Ni	8,9	Lüzumlu	-
Pt	21,5	Lüzumlu değil	+
Tl	11,9	Lüzumlu değil	+
Sn	7,3	Lüzumlu değil	+
U	19,1	Lüzumlu	+
V	6,1	Lüzumlu	+
W	19,3	Lüzumlu	+
Zn	7,1	Lüzumlu	+
Zr	6,5	Lüzumlu değil	-

Tablo 2.2: Ağır Metallerin Ekolojik Sınıflandırılması(Yerli, Çakmakçı, vd. 2020)

Bunun gibi bazı ağaç türlerinin biyoindikatör olarak, ortamdaki ağır metal miktarının belirlenmesi amacıyla başarıyla kullanılıp kullanılmayacağını incelendiği çeşitli çalışmalar da yapılmış olup, Arıcak ve arkadaşları (2020) bu durumu Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Türkyılmaz ve arkadaşları (2020) ise *Aesculus hippocastanum*, *Robinia*

*pseudoacacia sophorajaponica*, and *Salix babylonica* türlerini kullanarak incelemişlerdir (Arıca vd. 2020; Türkyılmaz vd, 2020).

Bu çalışmaların dışında Özel vd (2017), ağır metallerin topraktaki birikimden farklı olarak bitki yapraklarında birikiminin belirlenmesini incelemiş ve bu amaçla Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) türünü kullanmışlardır. Çalışmada mevcut ağır metal oranının yapay sınır ağları ile tahmin edilmesi şeklinde farklı bir metot kullanılmıştır (Özel vd, 2017). Yine Özel vd (2015) tarafından yapılan bir başka çalışmada araç trafiği neticesinde meydana gelen ağır metal kirliliğinin, *Platanus orientalis*L. yaprakları ile tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir. Bartın ve Karabük illerini araştırma alanı olarak seçen çalışmanın sonunda yapraklarda özellikle sırasıyla kurşun (Pb), çinko (Zn), nikel (Ni), bakır (Cu), krom (Cr) ve kadmiyum elementlerinin yoğun olarak buldukları tespit edilmiştir (Özel vd, 2015).

Elementler	Türkiye topraklardaki ağır metal konsantrasyonu sınır değerleri (ÇŞB) (mg/kg)		Dünya Sağlık Örgütü (WHO)/Dünya Tarım Örgütü (FAO) ağır metal konsantrasyonu sınır değerleri (µg/g)
	Ph 5-6 mg/kg	Ph>6 mg/kg	
As	-	-	20
Cd	1	3	3
Co	-	-	50
Cr	100	100	100
Cu	50	140	100
Fe	-	-	50000
Mn	-	-	2000
Ni	30	75	50
Pb	50	300	100
Zn	150	300	300
Hg	1	1,5	-

Tablo 2.3: Türkiye ve diğer ülkelerde, topraktaki ağır metal konsantrasyonu limit değerleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Dünya Sağlık Örgütü ve Dünya Tarım Örgütü'nün kirlilik limitleri (Akyıldız & Karataş, 2018)

## 2.2. Toprakta Ağır Metallerin Kaynakları

Yağış, ağır metallerin doğrudan toprağa karışmasını ve oradan da bitkilere hatta yer altısularına karışmasında önemli etkindir. Endüstriyel faaliyetler, ağır metallerin çevreye yayılmasında en önemli etkindir. Toprağa ağır metal yayılmasına sebep olan endüstriyel faaliyetler şunlardır;

- Termik santraller,
- Çimento fabrikaları,
- Çöp ve atık yakma tesisleri,
- Demir çelik sanayi,
- Cam üretimi tesisleridir.

Temel endüstri işletmelerinden atılan ağır metal çeşitleri Tablo 4'te verilmiştir.

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kâğıt Üretimi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-alkali Sanayi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Fabrikaları	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik Sanayisi	+	+	+	+	+	+	+	+
Termik Santraller (Enerji Üretimi)	+	+	+	+	+	+	+	+

Tablo 2.4: Temel endüstri işletmelerinden atılan ağır metal çeşitleri(Okcu vd, 2009)

Ağır metallerin çevreye yayılarak zararlı etkiler oluşturmalarının sebepleri çoğunlukla teknolojik gelişmelerin bir sonucu olsa da bazen yanlış metot kullanımı ve istenmeyen endüstriyel kazalar da bu duruma yol açabilmektedir (Daşdemir, 2015). Bu konuya güzel bir örnek olarak 1979 yılında Lengerich-Almanya'da bulunan bir çimento tesisinden kaynaklanan Talyum kaçağı olayı verilebilir (Okcu vd, 2009).

## **2.3. Toprakta Bulunan Bazı Ağır Metaller**

### **2.3.1 Kurşun (Pb)**

Yapılan çalışmalarda kurşun, toprakta önemli miktarda bulunmaktadır. Tarım topraklarının bu ağır metalden kirlenmesinin çeşitli sebepleri bulunmaktadır. Sanayi atıkları ve tarımda gübreleme, motorlu taşıtların egzoz gazları, sıvı fosil yakıtların yakılması, kurşun ile kirlenmiş atık sular, maden ocakları, katı yakıtların yakılması, endüstriyel faaliyetler, metal işleyen tesislerde püskürtülerek uygulanan kurşunarsenat içeren pestisitler ve insektisitler şeklinde sıralanabilir. Benzinin yanması sonucu atmosferde oluşan kurşun, tarım topraklarındaki kurşun kirliliğinin çoğuna sebep olmaktadır. Çeşitli yollardan toprağa ulaşan kurşun miktarının 0.18-4,80 mg/m<sup>2</sup>/gün seviyesine kadar ulaştığı saptanmıştır (Sarı 2009).

Kurşun, organik ve inorganik halde tabiatta bulunabilmektedir. Organik formu uçucudur, gıda maddelerine ve içme suyuna karışmaktadır. İnorganik hali atmosferde parçacık halinde bulunur. Canlı yaşamı üzerinde organik kurşun, inorganik kurşuna kıyasla daha fazla öneme sahiptir (Daşdemir, 2015). Tüm topraklarda, tabii olarak bulunan inorganik haldeki kurşun, genel miktar olarak 1- 200 mg/kg aralığında değişmekte olup, bu değer ortalama olarak 15 mg/kg kadardır (Pak 2011).

### **2.3.2. Kadmiyum (Cd)**

Kadmiyum, yoğunluğu 8.65 g/cm<sup>3</sup>, atom numarası 48, toksik ve geçiş metali grubunda yer almaktadır. Kadmiyum'un doğada tek başına bulunduğu minerali yoktur. Kadmiyum doğada az bulunan bir elementtir. Seramikler, elektro kaplama, kumaş boya çalışmaları, tekstil boyama, kurşun madenciliği deşarjlarında bulunmaktadır (Karataş 2004). Kadmiyum doğada saf olarak bulunmamakla birlikte, çinko ve diğer metallerle birlikte maden filizleri halinde bulunmaktadır. Kadmiyum çoğunlukla bakır, çinko, kurşun elde etme tesislerinde yan ürün olarak çıkmaktadır (Daşdemir 2015).

Toprakta ki kadmiyum, çevre sorununun da ciddi kirliliğe sebep olmaktadır. Toksik etkisi çok fazla olduğundan canlılar için çok tehlikeli ağır metallere biri olduğu kabul edilmektedir (Özkuş 2019). Kadmiyum, içme sularıyla da vücuda geçebilmektedir. Böbreklerimize, kadmiyumun uzun süreli etkisinde en fazla etkilenecek olan organımızdır. İlerleyen yaşlarda

böbreklerdeki birikim yüksek tansiyona da neden olmaktadır. Kadmiyum etkisi sonucu keksin olarak kanser yaptığı belirlenen organlarımız; prostat ve akciğerdir (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010). Kadmiyumun insan vücuduna geçmesinde etkili olan sebepler; kadmiyum ile kirlenmiş toprakta yetişen ürünlerin tüketilmesi ve bu ürünler ile beslenen hayvanlardan üretilen gıdaların tüketilmesi, endüstriyel faaliyet sonucu oluşan atıksuların içme suyuna karışması ile insan vücuduna ulaşabilmekte (Kara, 2018).

Güçlü bir şekilde toprak partiküllerine bağlanır. Kadmiyum bileşiklerinden bazıları tabiatta parçalanamaz yalnız suda çözünebilir. Kadmiyuma düşük düzeylerde maruz kalırsa dahi yıllar içinde birikebilir ve vücutta uzun mühlet kalabilir. Toprağın üst kısımlarında biriken kadmiyumun nedeni insanlar tarafından sebep olunan kirlenmedir. Toprağa tatbik edilen fosfat gübreleri, yüzeyde Cd'un birikmesinin en önemli kaynağıdır (Dartan ve Toröz, 2013).

### **2.3.3. Nikel (Ni)**

Nikel, 28 atom numaralı ve 8.91 g/cm<sup>3</sup>yoğunluğa sahip, zehirli madde içeren ağır metal olupgeçiş metali grubunda yer alır. Şeker hastalarının bünyesi için çok gerekli bir besinsel mineraldir. Nikel, ağız yolu ile vücuda alındığında; bir bölümü bağırsak, akciğer ve deride birikebilir, büyük bir bölümüemilime uğramadan dışkı ile dışarı atılır. (Bingöldağ, 2017). Kullanım alanları olarak özellikle;kozmetikte, boya pigmentlerinde, metal işleme endüstrileri, motorlu taşıt ve uçak endüstrileri,çelik dökümhaneleri, batarya,makine parçalarında ve elektriksel kontakların üretiminde kullanılır (Karataş 2004).

Topraktaki nikel elementinin esas kaynağı, çoğunlukla baz bileşenli kayalar içerisinde mevcut olan Pentlandit (Fe,Ni)8S8) mineralidir. Tüm topraklarda değışen miktarlarda nikel bulunmaktadır (Daşdemir, 2015). Toprakta bulunan nikelin toplam tolere edilebilir miktarları 100 mg/kg civarındadır. Normal koşullarda bitkilerin nikel kapsamları kuru madde üzerinden 1 ppm'i geçmemektedir. Özellikle atıkların depolanmaları sonucu topraklara bulaşan yüksek düzeydeki nikel, bitkilere şiddetli bir şekilde zehir etkisi yapmaktadır. Nikel'in özellikle çinkodan 8 kat daha fazla zehirli olduğu bilinmektedir (Karataş 2004).Toprağın pH'sı nikelin topraktan alınmasında önemlidir. Bitkiler tarafından toprakta ki mevcut nikel alınır ve kolaylıkla bitkiye geçerek zehir tesiri yapabilir. Uzun zaman zarfında, nikel elementinin aşırısı bitki büyümesini yavaşlatır (Dartan ve Toröz, 2013).

Nikel karışımı bileşiklerin büyük çoğunluğu, korozyon ve ısı direncinin; sert, yüksek ve dayanıklı olduğundan bakır-nikel alaşımı ve paslanmaz çelik üretiminde kullanılır. Ayrıca nikel bileşiklerinin deride alerjik etkisi ve kanserojen etkisi de olduğu gibi solunum sistemini de etkileme özelliği vardır. Zaten Ni bileşikleri, Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün IARC kuruluşu tarafından "Grup 1 - insanlarda kanserojen" ve nikel, metalik ve alaşımları da "Grup 2B – insanlarda olasılıkla kanserojen" olarak sınıflandırılmaktadır (Bingöldağ 2017).

#### **2.3.4 Krom (Cr)**

Kromun fazla miktarlarda bulunduğu toprak türü, nikel gibi serpantinli topraklardır. Kromit adı verilen mineral, topraktaki kromun kaynağı durumundadır. Kromit minerali ve krom, toprakta kimyasal bakımdan tamamen yararsız durumdadır (Daşdemir, 2015).

Endüstride ve sanayide, kromun kullanım alanında oldukça geniştir. Bu alanların başında; metalürji endüstrisinde pas engelleyicileri ve çeşitli lehim üretimi, boya, cam, cila, paslanmaz çelik üretimi ve seramik malzemeleri, deri sanayi gelmektedir. Fosil yakıtların, krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu, ağaç ve kâğıt mamullerin tutuşması sonucunda tabiatta (hexavalent) altı değerlikli krom meydana gelmektedir (Gökbayrak 2018).

Cr, toprağın en üst tabakasında birikir. Krom parçacıkları toprak parçacıklarına sıkıca bağlanarak suda dibe çöker. Topraktan ufak oranlarda sulara karışabilir. Krom, hayvan ve insanların beslenmesi için gerekli olduğundan besleyici önemi vardır. Suyla, havadan solunarak ve besinlerle vücuda alınabilir. Kimi zaman fosfat gübresinde aşırı miktarda krom bulunması, topraktaki kromun en önemli kaynağı olabilmektedir (Dartan ve Toröz, 2013).



### **2.3.5 Demir (Fe)**

Demir, yer yüzünde en çok bulunan elementler arasında dördüncü sırada yer alır ve minör elementler arasında sayılır. İnsanlarda oksijen naklinde yer alan proteinlerin mecburi bir bileşenidir. Sağlığın sürdürülmesinde yer alan enzimlerin ve protein tamamlayıcı bir parçasıdır. Demir elementi, vücutta, yaklaşık 2/3 oranında, kırmızı kan hücrelerindeki protein dokularına oksijen taşınması görevini gerçekleştiren hemoglobinlerde mevcut bulunurlar (Seven vd, 2018).

Demirin toprakta bulunma oranı diğer mineral elementlere göre daha fazladır. Yaklaşık olarak yer yüzünde ki demir içeriği %5,1'dir. Toprakta bulunan toplam demir miktarı normalde yüksektir sadece bitkilerin gereksinimi, gelişiminde yarar sağlayan demir oranı az olmasına karşın, bitkilerde demir eksikliği yaygın olarak görülmektedir. Topraktaki toplam demir miktarı %0.02 ile %10 arasında değişmekte olup, ortalaması %3,8'dir (Sarı 2009).

Demir elementi, yeşil bitkilerde klorofil meydana gelmesi için lazım olmakla beraber klorofil molekülünün bileşiminde yer almamaktadır. Normal bitki gelişmesine yetecek miktarda toprakta demir bulunur. Bitkilerde demir noksanlığı işareti (kloroz), özellikle mangan ile demir arasındaki interaksiyon ,başka elementler ve kireç sebep olur. (Pak 2011).

### **2.3.6 Bakır (Cu)**

Bakır, tüm canlıların beslenmesinde gerekli olan elementlerden birisidir. Ancak, fazlalığında hayvanlarda ve bitkilerde bakır toksisitesi ortaya çıkabilmektedir. (Sönmez vd, 2006). Bakır oldukça zehirli bir metaldir ve bitkide zehirlenme yaptığında oluşabilecek hasarlar; bitki renginde koyulaşma, doku hasarı ve köklerde bozulma meydana gelir. Diğer yan etkilerinde ise, DNA hasar görür ve fotosentez işlemi bozulur, membran geçirimsizliği bozulur ve sonucunda kök hücrelerinde iyon kaybı oluşur. (Okcu vd, 2009).

Bakır ve bileşikleri tarımda kullanım alanları; biosit, fungusit, böcek zehri ve antibakteriyel madde olarak yumuşakçalara ve tarım zararlılarına karşı yaygın olarak kullanılır. Fazla kullanımda toprakta biriken bakır bitki tarafından fazla alındığında zehir etkisi yapar. İnsanlar bakır tozuna maruz kaldığında; beyin, karaciğer ve böbrekte hasar meydana gelir. Maruz kalınan doza bağlı olarak koma ve ölüme sebep olabilir (Seven vd, 2018).

Element	Başlangıç Düzeyi Semptomlar	İleri Düzeydeki Semptomlar	Etkiler
Nikel	Bayılma	Nefes Darlığı	Ödem
	Baş ağrısı	Nefes Darlığı	Taşikardi (kalsiyum difüzyonuna engel olarak)
	Güçsüzlük	Nefes Darlığı	Gırtlak kanseri, akciğer kanseri, diğer solunum yolu problemleri
	Kusma		Solunum yolu hastalıkları (zatürre), dermatitis
Çinko	Kusma	Göğüs ağrısı	Ülser (deri)
	İshal	Öksürme	Mukoz zarlarda tahriş
		Üşüme	Akciğer ödemi
		Ateş	Solunum yollarında tahribat
Bakır			Hamilelikte yüksek oranda düşüğe neden olur.
Kadmiyum	Mide bulantısı	Akciğer ödemi	Sindirim sisteminde birikme ile sorunlara neden olabilir.
	Kusma	Zatürre	Kalsiyum bağlayıcı proteini küçük bağırsakta engeller.
	Karın ağrısı	Teratojen	Hücre arası gecen proteinlerin hücre zarlarından geçişini engeller.
		Kanser	Aktif transport mekanizmasıyla hücreleretaşınabilir.
			Kardiyak hücrelerini etkiler.
			Bağışıklık sisteminde hasara neden olur (makrofaj ve antikor üretimi etkilenir).
			Kan hücrelerinde hasara neden olur.
			Protein sentezini etkiler
		Böbreklerde tahribata neden olabilir	

Tablo 2.5: Bazı Ağır Metallerin Sebep Oldukları Semptomlar ve Sağlık Üzerine Etkileri (Kara, 2018)

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1 Matertal

Bartın yöresinde özellikle endüstriyel açıdan önemli kirletici kaynakların bulunduğu noktalara yakın ve komşu kuşaklarda yer alan ormanlık alanlarda ağır metal kirliliğinin durumunu ve ağır metal kirliliğini meydana getiren elementlerin türlerinin belirlemek için gerçekleştirilen bu araştırmada, üst toprak kademesinden alınan örnekler üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmada ormanlık alanlarda toprak yapısından ağır metal kirliliğinin izlenmesindeki en önemli unsur, söz konusu önemli kirletici faktörlerin komşu orman kaynaklarında önemli bir kirlenmeye neden olup olmadığının belirlenmesidir. Bu kapsamda çalışma izni alınan Organize Sanayi Bölgesi ve Çimento Fabrikası çevresindeki geniş yapraklı ormanlardan 4 tekrarlı olarak üst toprak kademesinden örnekler alınmıştır (Tablo 6).

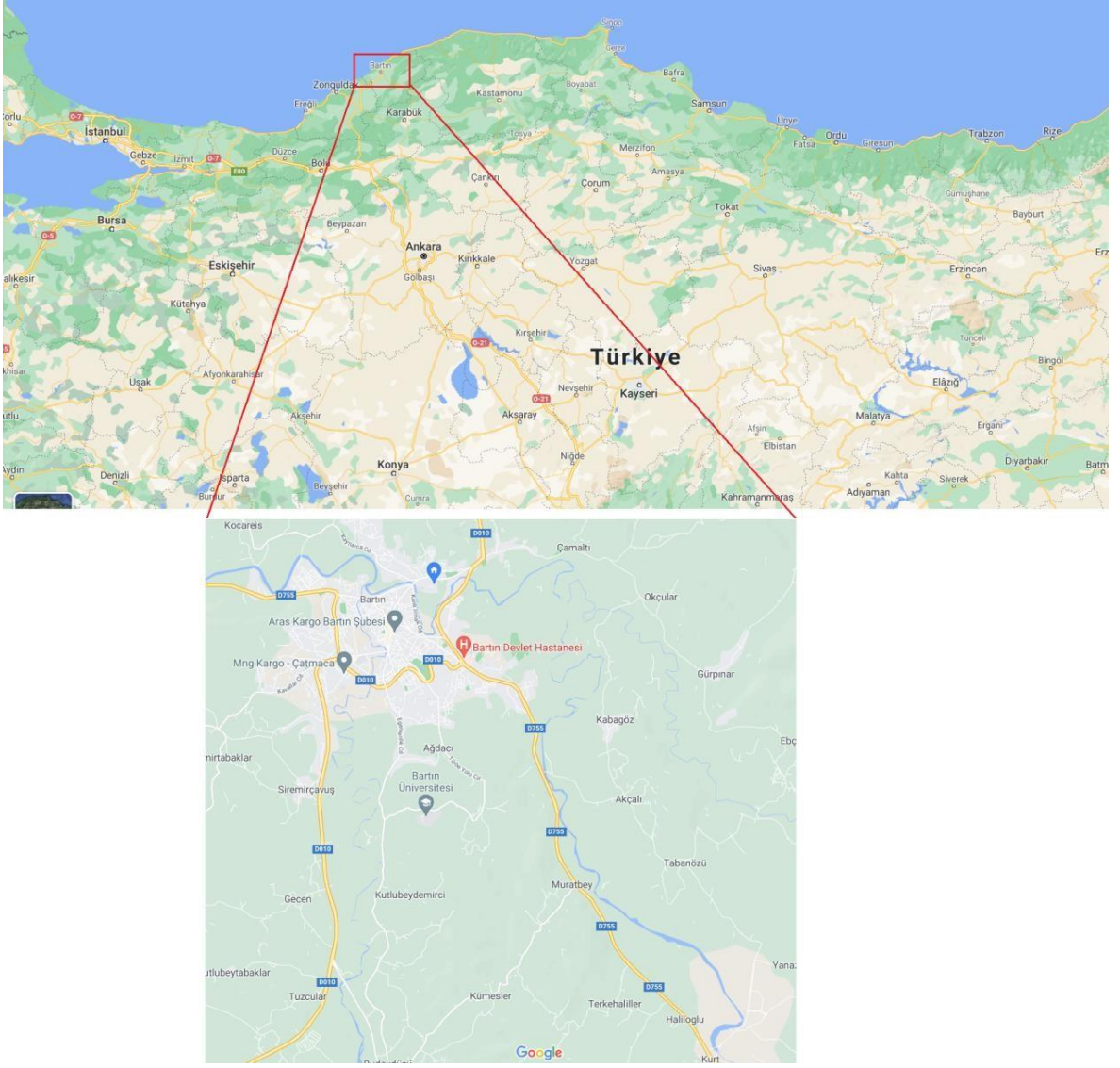
Örnekleme Noktaları	Rakım (m)	Bakı	Yamaç Durumu	Meşcere Tipi
Organize Sanayi Bölgesi (OSB)	32	Kuzeybatı	Alt Yamaç	MBtDyab <sub>2</sub>
Çimento Fabrikası	21	Kuzey	Orta Yamaç	KnMDyab <sub>3</sub>

Tablo 2.6: Örnekleme yapılan alanların tanımı

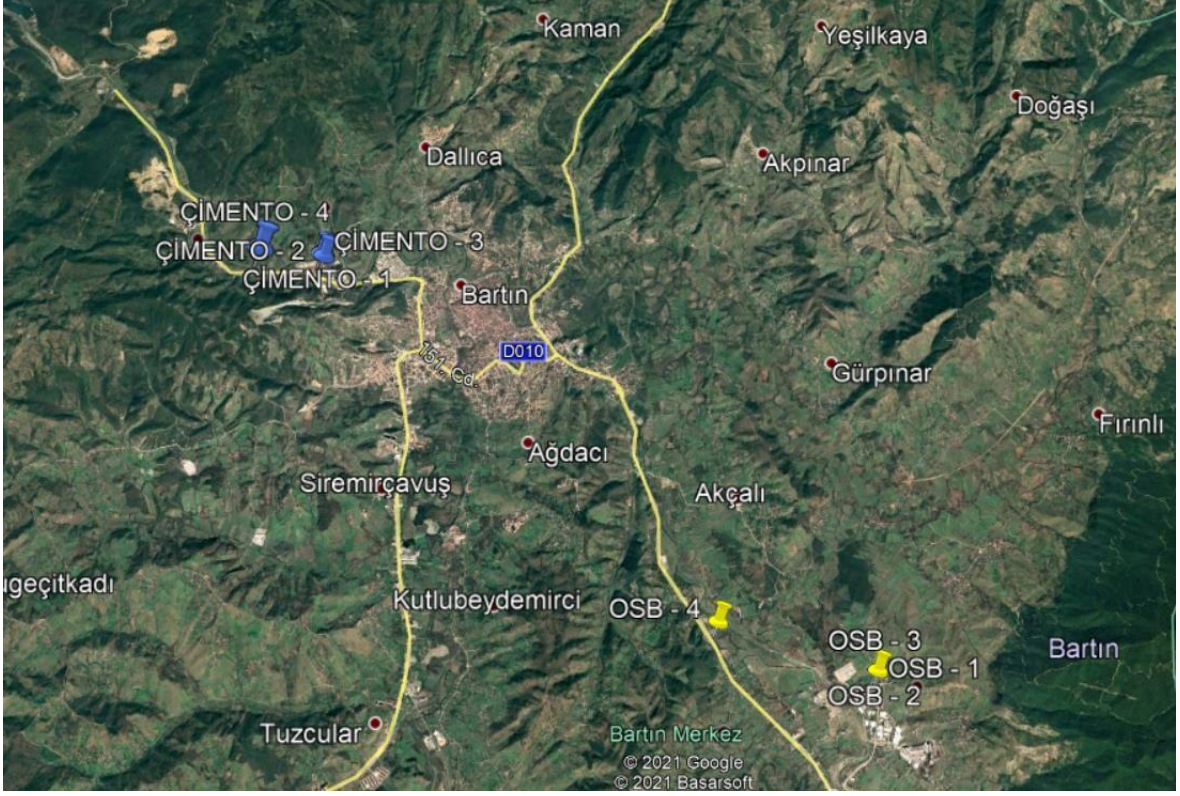
## **3.2 Metot**

### **3.2.1 Toprak Örneklerinin Alınması**

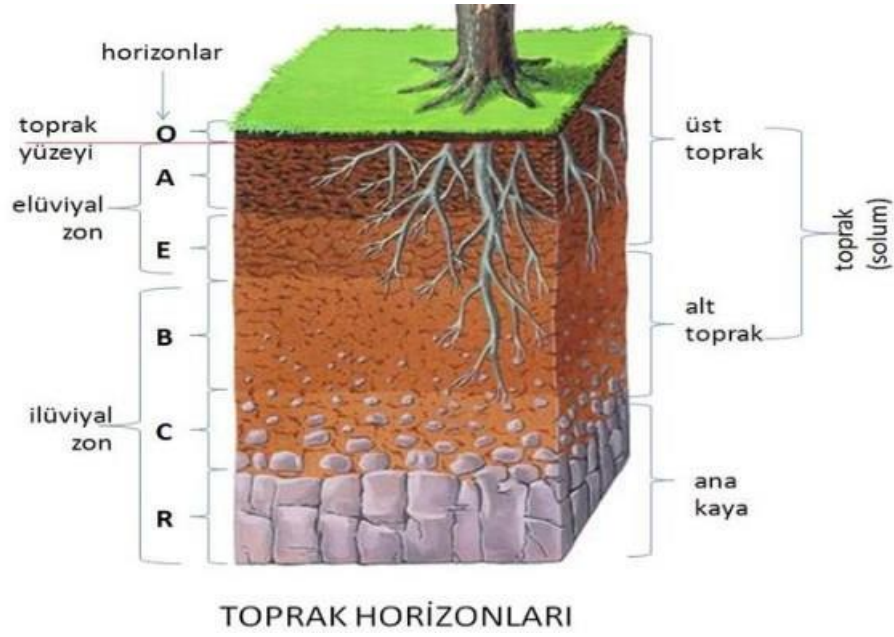
Her iki ana endüstriyel merkez etrafından bulunan geniş yapraklı orman alanlarında, mümkün olduğunca herhangi bir antropojenik etkinin meydana gelmediği ya da çok düşük düzeyde olduğu alanlarda toprak üst kademesinden (0-10cm) bozulmamış toprak örnekleri 4 tekrarlı olarak alınmıştır. Toprak örnekleri alınırken alanda doğal olarak bulunan vejetasyon yapısına zarar verilmediği gibi, özellikle toprak örneklerinin alınması esnasında da ağaçların ya da diğer yaşam formuna sahip olan bitkilerin kök yapısına ve kolonizasyonuna herhangi bir zarar verilmemiştir. Diğer taraftan toprak numuneleri söz konusu orman alanlarında 50m mesafe ile 3 noktadan alınmış, kontrol numuneleri ise ilgili orman alanlarında toprak numunelerinin alındığı noktalardan 2 km uzaktan 1 noktadan alınmıştır. Bununla birlikte toprak örnekleri alındıktan sonra laboratuvar ortamına getirmek için paketlenmiş ve etiketlenmiştir. Ayrıca toprak örnekleri makro farklı unsurlardan temizlenmiş ve gerekli analizlerin ve okumaların yapılması için tüplerde numuneler hazırlanmıştır. Toprak örnekleri vejetasyon mevsimi sonunda (Ekim ayında) alınmış ve laboratuvara taşınmıştır. Bu toprak örneklerinin alınması ve paketlenmeleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 1.1: Çalışma alanı haritası



Şekil 1.2: Örnek alım noktaları



Şekil 1.3: Toprak zonlarını gösteren genel kesit



Şekil 1.4: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın Çimento)  
Örnek Numune – 1: Bartın Çimento

**X : 41.6403019**

**Y : 32.3029083**



Şekil 1.5: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın Çimento)  
Örnek Numune – 2: Bartın Çimento

**X : 41.6404324      Y : 32.3032721**





Şekil 1.6: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın Çimento)

Örnek Numune – 3: Bartın Çimento  
X :41.6399030      Y : 32.3034230



Şekil 1.7: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın Çimento)

Şahit Numune – 4: Bartın Çimento

**X :41.6404893**

**Y : 32.2894966**



Şekil 1.8: Bartın Çimento Numuneler

Örnek Numune – 1: Bartın Çimento  
**X : 41.6403019**      **Y : 32.3029083**

Örnek Numune – 2: Bartın Çimento  
**X : 41.6404324**      **Y : 32.3032721**

Örnek Numune – 3: Bartın Çimento  
**X : 41.6399030**      **Y : 32.3034230**

Şahit Numune – 4: Bartın Çimento  
**X : 41.6404893**      **Y : 32.2894966**



Şekil 1.9: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın OSB)

Örnek Numune – 1: Bartın OSB

**X :41.57550787      Y : 32.4191825**



Şekil 1.10: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın OSB)

Örnek Numune – 2: Bartın OSB  
X :41.575459 Y : 32.4191680



Şekil 1.11: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın OSB)

Örnek Numune – 3: Bartın OSB

X :41.5755725

Y : 32.4192391



Şekil 1.12: Toprak örneklerinin alınması, poşetlenmesi ve etiketlenmesi. (Bartın OSB)

Şahit Numune – 4: Bartın OSB

**X :41.5827782**

**Y : 32.3870154**



Şekil 1.13: Bartın Organize Sanayi Numuneler

Örnek Numune – 1: Bartın OSB

**X :41.57550787      Y : 32.4191825**

Örnek Numune – 2: Bartın OSB

**X :41.575459      Y : 32.4191680**

Örnek Numune – 3: Bartın OSB

**X :41.5755725      Y : 32.4192391**

Şahit Numune – 4: Bartın OSB

**X :41.5827782      Y : 32.3870154**

### 3.2.2 Toprak Örneklerinde Ağır Metal Analizleri

İki farklı endüstriyel tesis etrafındaki karışık geniş yapraklı ormanlardan vejetasyon mevsimi sonunda üst toprak derinlik kademesinden (0-10cm) 4 tekrarlı olarak alınan toprak örnekleri laboratuvar koşullarında makro karışımlardan arındırılmış elenmiş, karıştırıcıda karıştırılmış ve tüplere alınan numuneler 24 saat oda sıcaklığında dinlenmeye alınmıştır. Daha sonra numuneler ICP-OES ve ICP-MS cihazlarında ağır metal okumalarına tabi tutulmuştur. Araştırma ile ilgili ağır metal tespit ve analizleri Kastamonu Üniversitesi Bilgehan BİLGİLİ Merkezi Laboratuvar koşullarında ICP-MS (İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma spektroskopisi- kütle spektrometri) cihazı ile yapılmıştır. Her bir toprak numunesinden yaklaşık olarak 0,2 g tartıldıktan sonra, 0,3 g LiBO<sub>2</sub> (Lityum metaborat) ile platin krozede, 850 °C'da, 45 dakika kül fırınında (ProthermFurnace) eritme işlemi uygulandıktan sonra eriyik, HNO<sub>3</sub> çözeltisine alınarak çözünürleştirilmiştir. Laboratuvarında gerçekleştirilen işlemler örneklerin 500 ml'lik balon jodelere alınıp destile su ile birleştirilmesi ile tamamlanmıştır. Bu işlemlerden sonra ICP-MS cihazı kullanılarak örnekler üzerinde tek tek element analizleri yapılmıştır. Toprak numunelerinin içerdiği ağır metal analizleri de ICP- MS cihazında yapılmıştır.



### **3.2.3 İstatistik Analizler**

Alınan toprak örneklerinde belirlenen ağır metal türleri ve seviyeleri açısından lokasyonlar ve kontrol numuneleri arasında istatistiki açıdan anlamlı bir farklılığın bulunup bulunmadığını belirlemek için varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilmiş olup, varyans analizi sonucunda istatistiki açıdan anlamlı farklılar tespit edilmesi durumunda gerekli gruplandırmaları gerçekleştirmek için Duncan testinden yararlanılmıştır. Analizler, R istatistik paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Organize Sanayi Bölgesine Ait Bulgular ve Tartışma

Organize sanayi bölgesi (OSB) etrafında bulunan geniş yapraklı karışık orman kuruluşlarından 50m mesafe ile üst toprak koşullarından (0-10cm derinlik kademesi) 4 yinelemeli olarak alınan toprak örneklerinde ve numunelerin alındığı noktalara 2 km uzaklıkta yine aynı orman kuruluşu içinde kalan kontrol noktasından alınan toprak numunelerinde yapılan laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen bulgulara uygulanan varyans analizi ve Duncan testine ait sonuçlar Tablo 7’de gösterilmiştir.

	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)
MBtDyab <sub>2</sub>	24,76a	48,13a	153,25a	33,96a	57,14a	64,45a
Kontrol	10,82b	21,57b	131,43a	12,38b	29,73b	32,94b
Önemlilik Düzeyi	<i>P</i> <0,01	<i>P</i> <0,01	NS	<i>P</i> <0,05	<i>P</i> <0,05	<i>P</i> <0,05

*P*<0,05: %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık var. *P*<0,01: %99 güven düzeyinde anlamlı farklılık var. NS: İstatistik açıdan anlamlı farklılık yok. **a ve b**: Farklı harfler farklı grupları göstermektedir.

Tablo 2.7: OSB etrafındaki ormanlık alanlardaki ve kontrol noktalarındaki üst toprak kademesinde belirlenen ağır metal türlerine ilişkin ortalama verilere uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Tablo 7’de sunulan sonuçlar incelendiğinde, kontrol noktasındaki üst toprak örneklerinde belirlenen ağır metal seviyesi ile meşcere içindeki üst toprak kademesinden 4 tekrarlı olarak alınan örneklerde tespit edilen ortalama ağır metal seviyeleri varyans analiz yardımıyla karşılaştırıldığında 5 ağır metal türü (Cu, Zn, Ni, Cr ve Pb) yönünden istatistiksel anlamda önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Diğer taraftan Manganez (Mn) ağır metal türü yönünden kontrol noktası ile meşcere örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinde belirlenen ortalama değerler yönünden istatistiksel anlamda önemli bir farklılığa rastlanmamıştır. Bu kapsamda Bakır, çinko, nikel ve kurşun gibi endüstriyel tesislerin ve yüksek trafik yoğunluğunun bulunduğu noktalarda doğal ve yaygın olarak görülen ağır metal türlerine OSB lokasyonunda da rastlanmıştır (Chen vd., 2010; Farrell vd., 2010). Ancak tüm bu ağır metal türlerine ilişkin değerler Dünya Gıda ve Tarım Örgütü’nün (FAO) ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığının belirlemiş olduğu sınır değerler ile karşılaştırıldığında

meşcere içinde örnekleme noktalarında ve kontrol noktalarındaki üst toprak koşullarında belirlenen ağır metal türlerinin seviyesinin bu değerler içinde kaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte %95 ve %99 güven düzeylerinde varyans analizi sonucunda ortaya çıkan istatistiki farklılıklardan yola çıkarak ilgili gruplandırmaları gerçekleştirmek amacıyla %95 güven düzeyinde gerçekleştirilen Duncan testi sonucunda kontrol noktasındaki ağır metal düzeylerinin tüm ağır metal türlerin üst toprak kademesi için ikinci grupta yer aldığı saptanmıştır (Tablo 7). Bu durumda çevre kirliliği açısından riskli bir nokta olarak değerlendirilebilecek olan OSB lokasyonunda özellikle bölgenin çevresinde bulunan nehir çevresi (riparian) zon başta olma üzere genel hatları ile baltalık niteliğindeki, söğüt, akçağaç ve kızılğacın da karışıma girdiği meşcere ve sekonder orman kuruluşlarında söz konusu kirlenici kaynaktan veya örnekleme noktasının içinden geçen çevre yolundaki yüksek tonajlı araçların oluşturduğu trafik yoğunluğundan dolayı toprak kirliliğinin henüz canlıların yaşam döngüsünü risk altına atmak adına ortaya çıkmadığı ifade edilebilir. Başka bir ifade ile OSB etrafındaki orman kuruluşlarında üst toprak yapısı açısından yüksek düzeyde ağır metal depolamanın oluşmadığı ifade edilebilir. Bu durum özellikle ağır metal depolamanın ve bu konuda biyo indikatör özelliğinin alandaki ağaçlar veya diğer bitki türleri tarafından sağlandığını göstermektedir. Bu konuda yapılan ve değişik bitki türlerinin biomonitoring olarak kullanıldığı birçok araştırmada da ağır metal kirliliğinin toprak koşullarına ulaşması o alandaki kirliliğin artık üst seviyeye ulaştığının en önemli göstergesi ve belirteci olarak değerlendirilmekle birlikte bu noktaya gelinceye kadar ağır metal kirliliğinin takip edilmesinde ve izlenmesinde başta yüksek yapılı olanlar olmak üzere bitkilerin ve diğer toprak üstü organizmaların kullanılmasının yararlı olacağı vurgulanmaktadır (Badri vd., 2008; Chudzińska vd., 2013).

#### **4.2 Çimento Fabrikası Bölgesine Ait Bulgular ve Tartışma**

Araştırmanın gerçekleştirildiği ikinci lokasyon ise Bartın Çimento Fabrikası çevresindeki karışık yapraklı orman kuşağı içinden seçilen doğal meşcere yapısıdır. Buna göre KnMDyab3 meşcere tipine sahip orman alanından 4 tekrarlı ve aynı meşcere içindeki kontrol noktasından üst toprak kademesinden alınan toprak örneklerinde tespit edilen ağır metal türlerinin ortalama değerlerine uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

	<b>Cu</b> <b>(mg/kg)</b>	<b>Zn</b> <b>(mg/kg)</b>	<b>Mn</b> <b>(mg/kg)</b>	<b>Ni</b> <b>(mg/kg)</b>	<b>Cr</b> <b>(mg/kg)</b>	<b>Pb</b> <b>(mg/kg)</b>
KnMDyab <sub>3</sub>	35, 83a	54,39a	132,34a	28,45a	41,52a	75,23a
Kontrol	15,71b	37,67b	91,72b	21,34a	23,17b	48,85b
Önemlilik Düzeyi	<i>P</i> <0,01	<i>P</i> <0,05	<i>P</i> <0,01	<i>NS</i>	<i>P</i> <0,05	<i>P</i> <0,01

*P*<0,05: %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık var. *P*<0,01: %99 güven düzeyinde anlamlı farklılık var. *NS*: İstatistikî açıdan anlamlı farklılık yok. **a ve b**: Farklı harfler farklı grupları göstermektedir.

Tablo 2.8: Çimento Fabrikası etrafındaki ormanlık alanlardaki ve kontrol noktalarındaki üst toprak kademesinde belirlenen ağır metal türlerine ilişkin ortalama verilere uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.

Tablo 8’de verilen sonuçlar incelendiğinde, Çimento Fabrikası etrafından bulunan karışık yapraklı meşcere içinden alınan üst toprak örnekleme noktaları ve kontrol noktası arasında uygulanan varyans analizine bağlı olarak ağır metal türlerinin ortalama değerleri arasında *P*<0,05 ve *P*<0,01 güven düzeylerinde istatistikî açıdan anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Sadece Ni ağır metal türünde ortalama değerler açısından üst toprak örneklerinde meşcere içi örnekleme noktaları ile kontrol noktası arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Buna göre meşcere içinden alınan üst toprak numuneleri ile bu noktalara 2km uzaklıkta yine meşcere içinde belirlenen kontrol noktalarından alınan üst toprak numunelerinde tespit edilen ağır metal türlerinin karşılaştırmalı varyans analizinde Bakır, manganez ve kurşun ağır metal türlerinde %99 güven düzeyinde istatistikî açıdan anlamlı farklılık belirlenirken, çinko ve krom ağır metallerinde %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık saptanmıştır (Tablo 8). Bu durum değerlendirildiğinde OSB bölgesine göre Çimento Fabrikası çevresindeki meşcere kuruluşlarında ve orman alanlarında üst toprak tabakasının ağır metal kirliliği açısından daha tanıtıcı ve izleyici nitelik gösterdiği belirtilebilir. Bu durumun Çimento Fabrikasının daha eski kuruluşu nedeniyle daha uzun süreçlerde faaliyet göstermesi ve özellikle tesisin liman bölgesine yakın olması nedeniyle bilhassa alandaki ormanları araştırma alanından geçen liman yolunun neden olduğu trafik yoğunluğundan kaynaklandığı düşünülebilir. Nitekim bu konuda yapılan birçok araştırmada da kirlenici olabilecek unsurların etkenlik düzeyi ve süresine bağlı olarak hem canlı organizmalarda hem de abiyotik ortamlarda ağır metal kirliliğinin artış gösterebileceği bildirilmektedir (Colpaert vd., 2011; Diatta vd., 2011). Ancak tüm ağır metal türleri için hem örnekleme hem de kontrol noktalarındaki üst toprak koşullarında tespit edilen ortalama ağır metal seviyelerinin FAO ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirtilen sınır değerler içinde kaldığı belirlenmiştir. Bu kapsamda OSB alanında olduğu gibi bu araştırma noktasında da üst toprak kademesinde tespit edilen

ağır metal türlerinin ortalama seviyelerinin toprak yapısında birikimler meydana getirdiği, bu durumun araştırma noktalarında açık alanlarda, yerleşim yerlerinde ya da tarımsal alanlarda daha yüksek seviyede ortaya çıkmasının mümkün olmasının yanı sıra alandaki orman yapılarında özellikle çimlenmenin meydana geldiği üst toprak koşullarında daha geç ve yavaş yavaş bir seyir izlediği belirtilebilir. Bu kapsamda her iki alanda da düşük seviyede de olsa ormanın sahip olduğu kapalılık ve sıklık koşullarının ve ortaya çıkan özel ekosisteme bağlı dengelerin toprak yapısındaki ağır metal kirliliği konusunda yavaşlatıcı bir etki meydana getirdiği düşünülebilir. Bu konuda birçok orman ağacı türünün saf ve karışık meşcerelerinde yapılan araştırma çalışmaları da bu öngörüyü destekler niteliktedir (Hur vd., 2011; Ivanov vd., 2011). Ancak kirlenici unsurların etkinliği devam ettikçe ormanların bilhassa topraktaki ağır metal kirliliği üzerindeki bu sınırlayıcı etkisinin çok uzun süre devam etmeyeceği bilinmelidir (Kozlov ve Zvereva, 2011). Araştırmanın materyalini oluşturan her iki lokasyonda (OSB ve Çimento Fabrikası) yer alan ve birbirinden değişik kuruluş özelliklerine sahip olan meşcere yapılarında gerek endüstriyel faaliyetler gerekse bu noktalardan geçen çevre yollarındaki yüksek trafik yoğunluğuna bağlı olarak üst toprak koşullarında tespit edilen ağır metal türlerinin ortalama seviyeleri arasında yapılan karşılaştırmalarda bir ağır metal kirliliği söz konusu olmakla birlikte tespit edilen ağır metal türlerinin ortalama seviyeleri açısından bazı ağır metal türlerinin üst toprakta OSB noktasında, bazı ağır metal türlerinin ise Çimento Fabrikası noktasında bulunan orman koşullarında daha yüksek seviyelerde olduğu ortaya çıkmıştır. Buna göre krom, çinko ve kurşun, Çimento Fabrikası bölgesinde bulunan karışık yapraklı ormanlardaki üst toprak koşullarında daha yüksek bir seviye gösterirken, manganez, nikel ve krom ise OSB bölgesinde daha yüksek bir seviye göstermiştir. Bu yaşanan farklılıkta her iki alanda bulunan ve faaliyet gösteren endüstriyel kuruluşların farklı hammaddeleri işleyerek çalışması ve özellikle liman noktasında yaşanan ve ikinci kirlenici faktör olarak düşünülebilecek liman yolundaki trafik yoğunluğunun etkileri ön plana çıkmaktadır. Nitekim bu konuda gerçekleştirilen bir çalışmada da kirlenici unsurların materyal farklılıkları ve orman yapısındaki değişikliklerin ağır metal kirliliği konusunda değişik sonuçların tespit edilmesine neden olduğu tespit edilmiştir (Markert vd., 2012).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bartın Organize Sanayi Bölgesi ve Bartın Çimento Fabrikası çevresinde bulunan MBtDyab2 ve KnMDyab3 meşcere tiplerine sahip olan ormanlık alanlarda 4 tekerrürlü olarak alınan üst toprak kademesi (0-10cm) örneklerinde ve aynı meşcere kuruluşlarında toprak örneklerinin alındığı noktalardan 2 km meşcere içinde alınan kontrol noktalarındaki üst toprak kademesinden alınan bozunmamış numunelerde ağır metal kirliliği seviyesini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu araştırmada oldukça farklı ve önemli sonuçlara ulaşılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda Bartın Organize Sanayi Bölgesindeki orman vejetasyonu alanında üst toprak kademesinde Cu'nun ortalama değeri 24,76mg/kg, çinkonun ortalama değeri 48,13mg/kg, manganezin (Mn) ortalama değeri 153,25mg/kg, nikelin (Ni) ortalama değeri 43,96mg/kg, kromun (Cr) ortalama değeri 57,14mg/kg ve kurşunun (Pb) ortalama değeri ise 64,45mg/kg olarak tespit edilmiştir. Uygulanan varyans analizi sonucunda OSB alanında üst topraktaki ağır metal türlerinin miktarı ile kontrol noktalarındaki üst toprak koşullarındaki ağır metal türlerinin ortalama değerleri arasında %95 ve %99 güven düzeyinde değişen farklılıkların olduğu saptanmıştır. OSB noktasında sadece manganez ağır metal türünde kontrol numuneleri ile istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir (Tablo 7).

Araştırma materyalinin ikinci kısmını oluşturan Bartın Çimento Fabrikası etrafında bulunan orman vejetasyonunun 50m ara ile 4 tekrarlı olarak alınan üst toprak numunelerinde bakırın ortalama değerinin 35,83mg/kg, çinkonun ortalama değerinin 54,39mg/kg, manganezin ortalama değerinin 132,34mg/kg, nikelin ortalama değerinin 28,45mg/kg, kromun ortalama değerinin 41,52mg/kg ve kurşunun ortalama değerinin 75,23mg/kg olduğu belirlenmiştir (Tablo8).Bu kapsamda gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda üst toprak kademesindeki toprak örnekleri ile kontrol noktasındaki üst toprak kademesindeki ortalama ağır metal düzeyleri arasında %95 ve %99 güven düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı farklılığın olduğu saptanmıştır. Bu araştırma noktasında da sadece nikelin ağır metalinde meşcere içi üst toprak kademesi örnekleri ile kontrol noktası üst toprak örneklerindeki ağır metal ortalama seviyesi arasında istatistiki açıdan anlamlı farklılık ortaya çıkmamıştır (Tablo 7).

Varyans analizi sonuçlarına bağlı olarak yapılan Duncan gruplandırma testlerinde OSB noktasında Manganez ve Çimento Fabrikası noktasında nikel türleri hariç %95 güven

düzeyinde ikili gruplar ortaya çıkmış ve kontrol grupları tüm ağır metal türlerinin ortalama değerinde her iki noktada da ikinci grubu oluşturmuştur (Tablo 7 ve Tablo 8).

Araştırmada her iki lokasyonda da üst toprak kademesinde belirlenen ağır metal türlerinin tümünde ortalama değerlerin FAO ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirlenen sınır değerlerin içinde olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu durum her iki yöredeki orman vejetasyon alanlarında bitki sosyolojisi gruplarında meşcere toprağının yavaş bir şekilde ağır metal türleri tarafından kirlenmeye başladığı gerçeğini gölgelememelidir. Bu kapsamda bakır, çinko ve kurşun türleri Çimento Fabrikası çevresinde orman vejetasyon alanında OSB bölgesine göre daha yüksek seviyede çıkmış olmakla birlikte Manganez (Mn), Nikel (Ni) ve Krom (Cr) türleri OSB bölgesindeki orman vejetasyon alanındaki üst toprak koşullarında ortalama değerler üzerinden daha yüksek bulunmuştur. Her iki alanda da gerek nehir kenarı zonda, gerekse doğal orman vejetasyonu (meşcere içi) koşullarda ormanın sahip olduğu koruyucu özelliklerin ve özel ekosistem koşullarının topraktaki ağır metal kirliliğini yavaşlatıcı yönde olumlu bir etki ortaya koyduğunu söylemek mümkündür. Ancak söz konusu bu durumun daha ayrıntılı olarak araştırma noktalarındaki açık alan koşulları ve diğer arazi kullanım tipleri de araştırmaya dahil edilerek uzun süreli bir şekilde incelenmesi ve takip edilmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte her iki noktada da ya da diğer endüstriyel tesislerin ve trafik yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarda da özellikle bitkilerin ve ağaçların farklı organelleri kullanılarak ağır metal kirliliğinin takip edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle farklı yaşam formlarına sahip toprak üstü ve toprak altı organelleri ve fizyolojileri birbirinden çok değişik olan bitkilerin tüm yörede geniş ve çok sayıda bir örnekleme düzeni ile ağır metal kirliliğinin tespitinde ve temizlenmesinde kullanılmasının araştırmasında önemli faydalar bulunmaktadır. Ayrıca benzer çalışmaların Bartın Irmağı'nın kirlilik düzeyinin incelenmesi ile birlikte gerçekleştirilip, çok boyutlu olarak incelenerek uygulamacılara katkı sağlayacak kolay bilgilerin üretilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Alaouri, H. A. A., Genc, C. O., Aricak, B., Kuzmina, N., Menshikov, S., & Cetin, M. (2020). The possibility of using Scots pine needles as biomonitor in determination of heavy metal accumulation. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(16), 20273-20280.
- Alkış İ.M. (2011). Türk Şaraplarında Ağır Metal Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2020). The Usability of Scotch Pine (*Pinus sylvestris*) as a Biomonitor for Traffic-Originated Heavy Metal Concentrations in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2).
- Akyıldız M., Karataş B., (2018). Adana Şehir Merkezindeki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2), ss. 199-214, Haziran 2018
- Badri M., Zitoun A., Ilahi H., Huguet T., Aouani M., (2008). Morphological and microsatellite diversity associated with ecological factors in natural populations of *Medicago laciniata* Mill. (Fabaceae). *J Genet* 87(3):241–255.
- Bingöldağ N., (2017). Nevşehir İlinin Toprak, Su ve Tarım Ürünlerinde Doğal Radyoaktivitenin ve Ağır Metallerin Belirlenmesi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Chen A., Lin C., Lu W., Ma Y., Bai Y., Chen H., Li J., (2010). Chemical dynamics of acidity and heavymetals in a mine water-polluted soil during decontamination using clean water. *J. Hazard Mater.* 175(1–3):638–645.
- Chudzińska E., Diatta J., Póltorak W., (2013) Adaptation strategies and referencing trial of Scots and black pine populations subjected to heavy metal pollution. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21:2165–2177.



- Colpaert JV., Wevers JHL., Krznaric E., Adriaensen K., (2011). How metal-tolerant ecotypes of ectomycorrhizal fungi protect plants from heavy metal pollution. *Ann. Forest. Sci.* 68:17–24.
- Çağlarırnak N., Hepçimen AZ., (2010). Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi, *Akademik Gıda* 8(2), Derleme Makale, Celal Bayar Üniversitesi.
- Daşdemir A. (2015). İstanbul Avrupa Yakası Otoban Kenarlarındaki Tarım Arazilerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Delihasan R. (2019). Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetişen Karayemiş (*Laurocerasus officinalis* M. Roem) Türünde Metal Seviyelerinin EDXRF Yöntemiyle Belirlenmesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Diatta JB., Wirth S., Chudzinska E., (2011). Spatial distribution of Zn, Pb, Cd, Cu, and dynamics of bioavailable forms at a Polish metallurgical site. *Fresenius Environmental Bulletin* 20(4):976–982.
- Dartan G., Toröz İ., (2013). Güney Marmara Bölgesinde Tarım Topraklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. *Fen Bilimleri Dergisi*, 25 (1) (2013) 24-40. *Marmara Üniversitesi*.
- Farrell M., Perkins WT., Hobbs PJ., Griffith GW., Jones DL., (2010). Migration of heavy metals in soil as influenced by compost amendments. *Environ. Pollut.* 158(1):55–64.
- Gökbayrak E., (2018). Sinop İli Toprak Örneklerinde Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

- Hur M., Kim Y., Song H., Kim JM., Choi YI., Yi H., (2011). Effect of genetically modified poplars on soil microbial communities during the phyto remediation of waste mine tailings. *Appl.Environ.Microbiol.* 77:7611–7619.
- Ivanov YV., Savochkin YV., Kuznietzov V., (2011). Scots pine as a model plant for studying the mechanisms of conifers adaptation to heavy metal action: 1. Effects of continuous zinc presence on morphometric and physiological characteristics of developing pine seedlings. *Russ. J Plant. Physiol.* 58(5):871–878.
- Karataş M., (2004). Konya Ana Tahliye Kanalında Ağır Metallerin İncelenmesi Bitki ve Topraktaki Birikimin Tespiti, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Emine Kara, E., Kara E., (2018). Toprakta Ağır Metal Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri ve Çözüm Önerileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, E-ISSN: 2146-0132, 11 (1): 56-62, 2018.*
- Kozlov MV., Zvereva E., (2011). A second life for old data: global patterns in pollution ecology revealed from published observational studies. *Environ. Pollut.* 159:1067–1075.
- Markert B., Wünschmann S., Diatta J., Chudzińska E., (2012). Innovative observation of the environment: bioindicators and biomonitors: Definitions, strategies and applications. *Environ.Protect.Nat.Resour.* 37(2):115–152.
- Okcu M., Tozlu E., Kumlay A.M., Pehlivan, M., (2009). Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erzurum. Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Ölgen M.K., Gür F., (2012). Yatağan Termik Santrali Çevresinden Toplanan Likenlerde (*Xanthoriaparietina*) Saptanan Ağır Metal Kirliliğinin Coğrafi Dağılışı, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 5/43-54.

- Özbek Z., (2010). Topraktaki Ağır Metaller İçin Sınır Değerlerin Uygulanabilirliğinin Araştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Özbolet, G., Abdullah, T., (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521.
- Özel, H.B., Özel, H.U., Varol, T. (2015). Using Leaves of Oriental Plane (*Platanus orientalis* L.) to Determine the Effects of Heavy Metal Pollution Caused by Vehicles. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(6).
- Özel, H.B., Özel, H.U., Varol, T., Şen, M., Özdemir, M., (2017). Bakı ve Kirletici Kaynağa Uzaklığa Göre Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky.) Yapraklarında Belirlenen Ağır Metal Oranının Yapay Sınır Ağları İle Tahmini. International Conference on Agriculture, forest, food sciences and technologies (ICAFOF), 15-17 May 2017, Cappadocia, Turkey.
- Özkan A., (2017). Antakya-Cilvegözü Karayolu Etrafındaki Tarım Arazilerinde ve Bitkilerdeki Ağır Metal Kirliliği, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, Hatay. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), ss. 9-18.
- Özkul C., (2019). Kütahya Şehir Merkezinde Yer Alan Çocuk Parklarındaki Toprakların Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, AKU J. Sci. Eng. 19 (2019) 015803 (226-240).
- Pak O., (2011). Kırklareli Sınırları İçerisindeki Otoban Kenarlarında Bulunan Tarım Arazilerine Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Sarı T. (2009). Edirne ve Çevresinde Otoban Kenarlarındaki Topraklarda Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

- Seven, T., Darende, B. N., Sevda, O., (2018). Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Pinar, B. (2019). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere&Health*, 12(8), 983-991.
- Sönmez S., Kaplan M., Sönmez N.K., Kaya H., (2006). Toprakta Yapılan Bakır Uygulamalarının Toprak pH'sı ve Bitki Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 151-158.
- Seven T., Can B., Darende B.N., Ocak S. (2018). Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği, Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, Sayı 1(2): 91-103.
- Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., Saleh, E. A. A., (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 22(3), 2385-2398.
- Yerli C., Çakmakçı T., Şahin Ü., Tüfenkçi Ş., (2020). Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri, *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, Cilt 9, Özel Sayı, Sayfa 103-114.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Özkan BAYKANOĞLU  
Doğum Yeri ve Tarihi :

### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi :  
Yüksek Lisans Öğrenimi :

Bildiği Yabancı Diller :  
Bilimsel Faaliyet/Yayımlar :  
Aldığı Ödüller :

### İş Deneyimi

Stajlar :  
Projeler ve Kurs Belgeleri :  
Çalıştığı Kurumlar :

### İletişim

E-Posta Adresi :

Tarih :

