

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

**ULAŞIMDAN KAYNAKLANAN HAVA KİRLİLİĞİNİN  
BİTKİLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ VE  
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE GÖSTERİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çevre Müh. Merve ÇOLAK**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU**

**ŞUBAT 2012**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULAŞIMDAN KAYNAKLANAN HAVA KİRLİLİĞİNİN  
BİTKİLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ VE  
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE GÖSTERİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Merve ÇOLAK

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 06 / 02 /2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Yrd. Doç. Dr. Mahnaz  
GÜMRÜKÇÜOĞLU  
Jüri Başkanı

  
Prof. Dr. Saim  
ÖZDEMİR  
Üye

  
Yrd. Doç. Dr. Şenay  
ÇETİN DOĞRUPARMAK  
Üye

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca maddi ve manevi her türlü olanak ve yardımlarını esirgemeyen, tez çalışma konusunun belirlenmesi ve başlatılmasında da her türlü yardımı sağlayan çok değerli danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Laboratuvar analiz çalışmalarındaki katkı ve destekleri için Doç.Dr. Mustafa İMAMOĞLU ve Yrd.Doç.Dr. Füsun BOYSAN'a ve numunelerin çözündürülmesini ve ICP-MS ile metal iyonlarının tayinini yapan Sayın Kimyager Erkan BAYSAL'a (İZAYDAŞ, Kocaeli) çok teşekkür ederim.

Tezin başlangıcından itibaren tez ile ilgili tüm konularda her türlü yardımda bulunan sevgili arkadaşım Çevre Yük. Müh. Hülya SEMERCİĞÖLU' na çok teşekkür eder, her türlü desteklerini benden esirgemeyen ve bana sabır gösteren değerli aileme şükranlarımı sunarım.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Ağır Metaller.....	3
2.2. Ağır Metallerin Bitkilerde Taşınması.....	5
2.3. Kadmiyum Elementive Etkileri.....	6
2.4. Nikel Elementive Etkileri.....	8
2.5. Literatür.....	9
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOD.....	19
3.1. Çalışma Alanı .....	19
3.2. Numune Seçimive Analizler.....	22
3.3. EmisyonEnvanterinin Hazırlanması.....	26
3.4. Taşıt Emisyonları Dağılımı - Analizinde CBS' nin Kullanılması	29

BÖLÜM 4.	
SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	32
4.1. Analiz Sonuçları.....	32
4.2. Emisyon Envanteri Sonuçları.....	35
4.3. Emisyonlarının Dağılımlarının CBS ile Gösterilmesi.....	36
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMALAR VE ÖNERİLER.....	47
BÖLÜM 6.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	50
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	63

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Al	: Alüminyum
CBS	: CoğrafiBilgiSistemleri
Cd	: Kadmiyum
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
g	: Gram
GPS	: Global PositioningSystem
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	: Hidrojenperoksit
HF	: HidrojenFlorür
Hg	: Civa
HNO <sub>3</sub>	: Nitrikasit
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi
kg	: Kilogram
m	: Metre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
Mn	: Mangan
Ni	: Nikel
ORS	: Octopole Reaksiyon Sistemi
Pb	: Kurşun
ppm	: Parts Per Million
Zn	: Çinko
µg	: Mikrogram

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.2.	Ağır metallerin bitkilerde etkili olduğu fizyolojik mekanizmalar.	6
Şekil 2.3.	Kadmiyum kirliliğinin kaynakları.....	7
Şekil 3.1.	Çalışma alanı.....	20
Şekil 3.2.	Araştırmada kullanılan yöntemin akış şeması.....	21
Şekil 3.3.	a. Ayva türü .....	23
	b. Ceviz türü.....	23
Şekil 3.4.	Numune alınan noktaların googleearth görüntüsü.....	23
Şekil 3.5.	Koordinat ekseninde numune alınan noktaların gösterimi .....	24
Şekil 4.1.	Yıkanmış ve yıkanmamış numunelerin Cd sonuçları.....	34
Şekil 4.2.	Yıkanmış ve yıkanmamış numunelerin Ni sonuçları.....	34
Şekil 4.3.	Araştırma alanındaki araç sayımı sonuçlarının oransal gösterimi.....	35
Şekil 4.4.	Araştırma alanının topografyası.....	37
Şekil 4.5.	Yıkanmamış numuneler üzerinde Cd birikiminin dağılımı.....	39
Şekil 4.6.	Yıkanmamış numuneler üzerinde Cd birikiminin topografyaya göre değişimi.....	39
Şekil 4.7.	Yıkanmış numuneler üzerinde Cd birikiminin dağılımı.....	40
Şekil 4.8.	Yıkanmış numuneler üzerinde Cd birikiminin topografyaya göre değişimi.....	40
Şekil 4.9.	Yıkanmamış numunelerde Ni birikiminin dağılımı.....	42
Şekil 4.10.	Yıkanmamış numuneler üzerinde Ni birikiminin topografyaya göre değişimi.....	42
Şekil 4.11.	Yıkanmış numuneler üzerindeki Ni birikiminin dağılımı.....	43
Şekil 4.12.	Yıkanmış numuneler üzerindeki Ni birikiminin topografyaya göre değişimi.....	43
Şekil 4.13.	Cd ve Ni birikiminin ayva yaprakları üzerindeki birikimi .....	44
Şekil 4.14.	Cd ve Ni birikiminin ceviz yaprakları üzerindeki birikimi .....	45

## TABLolar LİSTESİ

Tablo2.1.	Bazı ağır metallerin ekolojik sınıflandırılması.....	4
Tablo 3.1.	Tütün yaprağı crm ve yaprak numuneleri çözündürme programı .	25
Tablo 3.2.	ICP-MS çalışma koşulları.....	25
Tablo 3.3.	Ağır metaller için emisyon faktörleri.....	28
Tablo 4.1.	Standart referans madde olan tütün yaprağına (Virginia tobacco leaves, cta-vtl-2) ait sonuçlar.....	32
Tablo 4.2.	Yıkanmamış numunelerdeki hesaplanmış ağır metal birikimi sonuçları.....	33
Tablo 4.3.	Yıkanmış numunelerdeki hesaplanmış ağır metal birikimi sonuçları.....	35
Tablo 4.4.	Araştırma alanında araç sayımı ve ortalama günlük araç sayısı.....	35
Tablo 4.5.	Avrupa'da çalışmalardaki ortalama ağır metal birikimi sonuçları	41



## ÖZET

Anahtar kelimeler: Hava kirliliği, Emisyon envanteri, Bitkide ağır metal birikimi, Coğrafi bilgi sistemi

Bu çalışmada amaç, önemli karayolları arasında bulunan D-100 karayolunun kenarındaki tarım alanlarında trafik kaynaklı hava kirliliğine maruz kalan bitkiler üzerinde Cd ve Ni birikiminin araştırılmasıdır. Çalışmada, yol kenarında seçilen bir bölgede hareket halindeki motorlu karayolu taşıtları kategorize edilerek sayılmış ve böylece karayolundaki trafik yoğunluğunun saatlik değişimleri incelenerek ağır vasıta sayısı tespit edilmiştir. Bu veri kullanılarak taşıt egzozlarından kaynaklanan emisyonlar hesaplanarak bölgenin karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyon envanteri çıkarılmıştır ve sonucunda günde 0,18 ton Cd, 1.27 ton Ni birikimi meydana geldiği tespit edilmiştir. Çalışma alanından toplanan ceviz ve ayva ağacı yaprak numuneleri üzerinde ağır metal ölçümleri yapılmış ve sonuç olarak yıkanmış numunelerdeki Cd değerleri 0.047- 0.106 ppm arasında, Ni değerleri ise 1.102-5.17 ppm arasında tespit edilmiştir. Taşıtlardan kaynaklanan emisyonların neden olduğu hava kalitesi değişimi CBS yazılımı kullanılarak haritalanmış ve bitkilerde biriken emisyon miktarının yola olan mesafe arttıkça azaldığı gösterilmiştir.

# **DETERMINE THE IMPACT OF AIR POLLUTION FROM TRANSPORT IN PLANTS AND DISPLAY WITH GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS**

## **SUMMARY**

**KeyWords:** Airpollution, Emission inventories, Heavy metal accumulation in plants, Geographical information system

The aim in this study, the accumulation of Cd and Ni are investigated on plants in the agricultural areas which exposed to traffic-related air pollution at the side of the E-100 high way which is located between major high ways. In this study, in a selected region at the high way roadside, road motorized vehicles were categorized by counting and so the number of heavy vehicle traffic density were investigated on changes by hours. Inventory of emissions of the selected region from road traffic were calculated by using vehicle exhausts emissions values. As a result, daily 0.18 tons of Cd and 1.27 tons of Ni accumulation formation have been found. The walnuts and quincet reeleaf samples which collected from working area were made measurements on the heavy metal values. As a result, Cd value in the washed samples have been identified between 0,047 to 0,106 ppm and Ni value in the washed samples have been identified between 1.102 to 5.17 ppm. The changing in air quality caused by emissions from vehicles was mapped using by CBS software. As a result, it's shown't hat the amount of emissions accumulating in plants is decreasing distance from the edge of the road.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Günümüzde insan aktivitelerindeki hızlı artış, sağlığımız üzerinde olumsuz yönde etki eden atmosferik kirleticilerin önemli derecede artmasına sebep olmuştur. Hava kirliliği özellikle son 20 yıldır, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de günlük yaşam sorunları arasında ilk sıralarda yer almaktadır [1]. Son yıllarda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde artan nüfusa bağlı olarak çevre kirlenmesi de hızla artmaktadır. Bu durum tarım arazilerini de etkilemektedir. Ağır metallerin neden olduğu çevre kirliliği endüstri, trafik, evsel atıklar, enerji sağlanması ve çok değişik etkenlerden kaynaklanmaktadır. Özellikle anayol ve yol kenarında yetişen bitkilerde ağır metal kirlenmeleri gözlenmekte ve bu kirlenmenin en önemli kaynağını yoğun araç trafiği oluşturmaktadır [2].

Ağır metaller, çevre kirliliğine yol açan en önemli etkenler arasındadır ve bunların çoğu çok düşük konsantrasyonlarda bile toksiktir. Ağır metallerin çevrede yaygın bir şekilde birikmesi, tüm canlılar için boyutları giderek artan bir tehlike oluşturmaktadır. Ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde bitki yaprakları indikatör olarak kullanılmaktadır [3]. Her ne kadar yüksek yapılı bitkiler ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde liken ve kara yosunları kadar uygun olmasalar da kirliliğin yoğun olduğu endüstriyel alanlarda ve şehir merkezlerinde liken ve karayosunları fazla bulunmadığından güvenilir biçimde kullanılabilir [4].

Motorlu taşıtların diğer kirletici kaynaklardan çok daha önemli olmasının nedeni, egzoz gazlarının kirletici nitelikleri yanında ani ve doğrudan etkili toksik niteliklerinin bulunması, emisyonların yer seviyesinde ve canlıların solunum mesafesinde yayılıyor olmasıdır. Bir insanın günlük temiz hava ihtiyacı ortalama

olarak 15 m<sup>3</sup>'tür. Emisyon kontrol sistemleri içermeyen bir araç, bu havayı 10 dakikalık bir süre içinde, solunması sakıncalı hava haline getirmektedir [5].

Bu tez çalışmasında, Sakarya ilinin değişken trafik yoğunluğuna sahip olan Adapazarı-İzmit D-100 Otoyolunun yakınında bulunan bitkilerden alınan yaprak numuneleri toplanmıştır. Numune olarak toplanılan ayva ve ceviz ağacı yapraklarında ICP- MS cihazı ile Kadmiyum (Cd) ve Nikel (Ni) konsantrasyonları araştırılmıştır. Otoyol yakınında seçilen bölgede trafikteki araç yoğunluğunun hesaplanması için saatlik araç sayımları yapılarak emisyon envanteri hazırlanmıştır. Hazırlanan emisyon envanterinde, biriken ağır metal miktarı belirlenmiştir. Ağır metal kirliliğinin otoyoldan mesafe olarak uzaklaştıkça gösterdiği dağılım ve arazi topografyasının birikim üzerindeki etkisi Surfer 8 Programı kullanılarak Kriging metoduna göre hazırlanan eş kirlilik düzeyi haritalarında gösterilmiştir [6].

## **BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Ağır Metaller**

21. yüzyılın ortalarına kadar ağır metallerin büyük bir kısmı, fosil enerji kaynakları ve yenilenemeyen ham maddeler olarak yer kürenin derinliklerinde bulunmaktaydılar. Endüstriyel, evsel ve taşıt kullanımının gereksinim duyduğu hammadde talebi arttıkça, madenlerin ve fosil yakıtların aşırı kullanımı ile birlikte ağır metallerin dağılımı ve ekosistemde birikim seviyesi artmaktadır. Ağır metal başlığı altında toplanan ve özgül ağırlığı  $5 \text{ g/cm}^3$  ten fazla olan elementler ve onların iyonları, periyodik cetvelin geçiş elementleri olarak tanımlanmaktadır. Ağır metaller hayvan ve bitkiler için mikro besin maddesi olabildikleri gibi aynı zamanda toksik maddelerdir. Toksisite kavramı metalden metale değişebileceği gibi organizmadan organizmaya da değişebilmektedir. Ağır metaller, antropojenik kaynaklardan katı veya gaz formlarında çevreye yayılmaktadırlar ve etkilerini ilerleyen dönemlerde ortaya çıkmaktadır. Bu çeşitli kimyasal maddelerin önemli bir grubu ağır metal birikimine sebep olurlar ve ekosisteme girmektedirler. Spesifik elementlerin konsantrasyonlarına bağlı olarak bitkilerde, hayvanlarda ve insanlarda akut veya kronik rahatsızlıkların oluşumuna sebep olmaktadır [7].

Günümüzde, ekosistemlerin toprak, su ve hava gibi ortamlarında yaygın bir şekilde birikmeye başlayan ağır metaller, dünya yüzeyindeki tüm organizmaların yaşamını tehdit eden önemli bir çevre sorunu haline almıştır. Antropojenik faaliyetler sonucunda hava, toprak ve su ortamlarına yayılan ağır metaller, besin zinciri yoluyla ya da havadan aerosol olarak solunmaları sonucunda insan, hayvan ve bitkilerin bünyesine ulaşarak etkin olmaktadır [8].

Tablo 2.1’ de ağır metallerin ekolojik sınıflandırılması verilmiştir. Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre gerekli ve gereksiz olarak sınıflandırılırlar. Gerekli olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir, ancak yüksek dozları insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Ekosfere ulaşan ağır metallere çinko, mangan, kobalt, bakır, krom ve molibden bitki gelişimi için mutlak gerekli iken alüminyum, vanadyum, arsenik, cıva, kurşun, kadmiyum ve selenyum toksik etkilidir [9].

Tablo 2.1. Bazı ağır metallerin ekolojik sınıflandırılması [10]

Element	Özgül Ağırlık (g/ cm <sup>3</sup> )	Bitki ve Hayvan İçin Gereklilik	Gösterdiği Etki
Pt (Platin)	21,5	-	-
Hg (Cıva)	13,6	-	K
Pb (Kurşun)	11,3	-	K
Ni (Nikel)	8,9	G	K
Cu (Bakır)	8,9	G	K
Cd (Kadmiyum)	8,7	-	K
Fe (Demir)	7,9	G	K
Mn (Manganez)	7,4	G	-
Sn (Kalay)	7,3	-	K
Cr (Krom)	7,2	G	K
Zn (Çinko)	7,1	G	K
Zr (Zirkon)	6,5	-	-

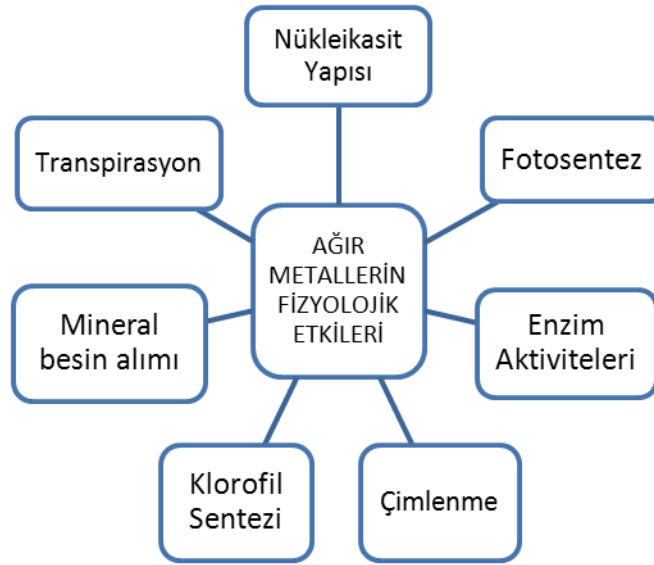
G: Gerekli, K: Kirletici

## 2.2. Ağır Metallerin Bitkilerde Taşınması

Ağır metaller atmosferde genellikle partikül şeklinde bulunurlar. Atmosferden bu partiküllerin toprağa veya suya geçişi ıslak çökme (yağmur, kar), kuru çökme (gaz, toz) ve nemli çökme (sis, duman) ile olur. Yeryüzüne ulaşan atmosferik kökenli ağır metaller sucul ekosistemlere girdiklerinde hidroksit, sülfid veya karbonatlarla bileşik oluştururlar. Daha sonra suyun dip kısmında bulunan ana kayadaki kil mineralleri ile katyon değişimi sonucu bu kil minerallerine bağlanırlar (organik maddeye de bağlanabilirler). Sucul ekosistemlerde Cd, Cu, Ni, Pb, Zn indirgenmiş koşullarda, Fe ve Mn oksitlenmiş koşullarda Cr ve Hg ise redoks potansiyelinden etkilenmeden bağlanırlar.

Bitki gelişimi için mutlak gerekli element olsun veya olmasın ağır metallerin doku ve organlardaki aşırı birikimi bitkilerin vejetatif ve generatif organlarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir [11]. Ağır metaller bitkilerde kökler vasıtasıyla alınıp yapraklara geçmektedir. Çözünebilir ağır metaller kök endodermis (Damarlı bitkilerde kök ve gövdedeki korteks hücrelerinin en iç tabakası.) hücrelerinin zarından geçerek simplastik (plazmodezmlerden) yolla veya apoplastik (çeperden) yolla köke girmektedir. Eğer bir ağır metal, toprak üstü bitki kısımlarına taşınacaksa ksilem (bitkilerde inorganik maddelerin taşınmasını sağlayan yapı) içine girmelidir. Bir ağır metal, bir kez ksileme girerse ksilem sıvısı vasıtası ile yapraklara kadar taşınmaktadır [12].

Ağır metallerin özellikle belirli dozlardan itibaren bitkilerdeki fizyolojik fonksiyonları ve biyokimyasal olayları direkt veya dolaylı olarak etkilediği bilinmektedir. Şekil 2.2' de görüldüğü gibi bitki dokularında ağır metal birikimi fazla olursa mineral besin alımı, transpirasyon, fotosentez, enzim aktivitesi, nükleik asit yapısı, klorofil biyosentezi ve çimlenme gibi çok sayıda olay olumsuz yönde etkilenir. Bunlara membranlarda hasar, hormon dengesinin bozulması, su ilişkisinin değişmesi gibi fizyolojik olaylar da eklenebilir [9-12].



Şekil 2.2. Ağır metallerin bitkilerde etkili olduğu fizyolojik mekanizmalar

### 2.3. Kadmiyum Elementi ve Etkileri

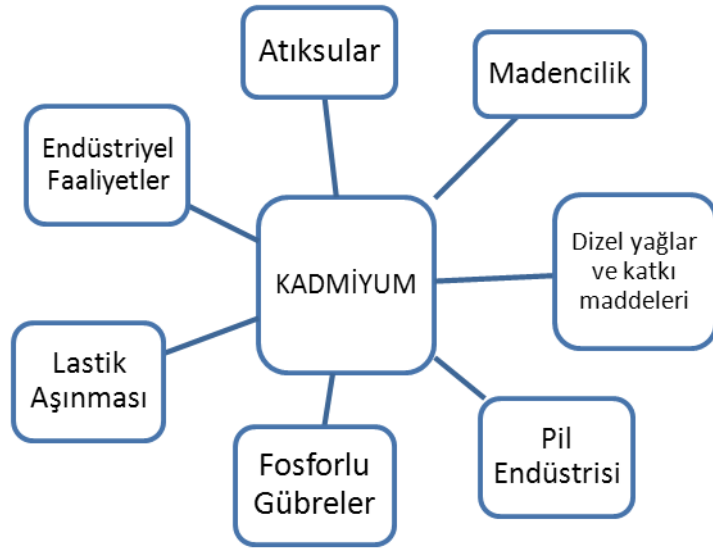
Kadmiyum motorlu taşıtların akü veya karbüratörlerinde yanma ürünü olarak ortaya çıkan bir ağır metaldir. Bitki ve topraklara ulaşan kadmiyumun büyük kısmı kadmiyum içeren toz zerreciklerinin havadan çökmesi yolu ile olmaktadır. Trafiğin yoğun olduğu alanlardaki yol kenarlarındaki topraklarda toz çökmesi ile yılda m<sup>2</sup>'ye 0,2-1 mg kadmiyum birikiminin olduğu ölçülmüştür [13]. Kadmiyum bitkiler için gerekli bir element değildir ve bitkilerde kloroz başta olmak üzere toksik etkileri vardır (Bkz. Tablo 2.1). Diğer ağır metallere göre 2-20 kat daha fazla toksik etkiye sahiptir. Bitkideki kadmiyumun %90'ı bitki tarafından topraktan alınırken, %10'u atmosferden alınmaktadır. Endüstri bölgelerinin ve yoğun trafiği olan yolların yakınındaki bitkilerde bulunan kadmiyumun %40'ından fazlası havadan alınmaktadır [14,15].

Kadmiyum toprak organik maddesine çok fazla ilgisi olan bir ağır metaldir. Toprak oluşumunun ileri kademelerinde miktarı artmaktadır. Yağışlarla %80'den fazlası çözülmüş formda yeryüzüne ulaşırken, ormanlık alanlardaki ağaçlarda intersepsiyon (Yağışların bir kısmının bitkilerin taç kısmı tarafından tutularak toprağa ulaşmadan



buharlaşması) nedeniyle konsantrasyonu daha fazladır. Kadmiyum en fazla yaprakta en az kökte birikim göstermektedir. Toprakta 3 mg/kg, bitki kuru maddesinde ise 1 mg/kg' dan fazla kadmiyum toksik etki göstermektedir [16, 17].

Kadmiyumun birikimi ve besin zincirine girişi Şekil 2.3' te görüldüğü gibi endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübrelerin kullanımı, madencilik faaliyetleri, arıtılmadan doğaya verilen atıksular, atmosferik depositler, lastik aşınması ve dizel yağlar yoluyla olmaktadır. Kadmiyum kirliliği tespit edilen topraklarda yetişen bitkiler, bu bitkilerle beslenen hayvanlardan üretilen hayvansal gıdalar ve içme sularına karışan sanayi artıkları aracılığıyla insan bünyesine ulaşmaktadır. Kadmiyum içeren madde veya eşyaların çevreye atılması ve kadmiyumun kullanımı sırasında yapılan aktiviteler de atmosferik kadmiyum kirliliğini meydana getirmektedir [14-18].



Şekil 2. 3. Kadmiyum kirliliğinin kaynakları

Kadmiyum doğada element olarak bulunmadığından dolayı kurşun (Pb) ve çinko (Zn) elementlerinin mineralizasyonu sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kadmiyum topraktaki mineral elementlerin dönüşümünü yapan birçok mikroorganizmayı etkileyerek bitkilerin mineral alımını değiştirmektedir. Havada normal konsantrasyon

limitleri arasında bulunan kadmiyum; kuru ve yaş birikim prosesler sonucunda toprağa, buradan da bitkiler aracılığı ile besin zincirine dahil olmaktadır. Havada bulunan konsantrasyonunun artması sonucunda, topraktaki kadmiyum birikiminin artacağı ve bunun topraktaki asidifikasyonu fazlalaştırmasıyla bitkiler tarafından alınan kadmiyum miktarının artacağı belirlenmiştir. Normal olarak insan vücudunda 40 mg kadar kadmiyum bulunabilmektedir. Kadmiyum ve bileşikleri genellikle böbrekler ve karaciğerde birikmekte olup ilerleyen yaşlarda böbreklerdeki birikim ile yüksek tansiyona da sebep olabilmektedir. Kronik kadmiyum zehirlenmesinde ortaya çıkan en önemli etki akciğer ve prostat kanseridir. Kemik erimesi, kansızlık, diş dökülmesi ve koku duyusunun yitilmesi önemli belirtilerindendir. Kadmiyumun sudaki çözünürlüğünün yüksek olmasından dolayı bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınması daha kolay bir hale gelmektedir [19, 20].

#### **2.4. Nikel Elementi ve Etkileri**

Nikel doğada genellikle oksijen veya sülfürle birleşmiş halde bütün topraklarda bulunur ve en yüksek oranda dağılımı volkanik faaliyetlerdir. Nikel bileşikleri pratik olarak suda çözünmemektedir. Suda çözünebilir tuzları; klorür, sülfat ve nitrattır. Nikel konsantrasyonunun bitkilerde toksik düzeyi aşmaması için 3 mg /kuru madde değerinden az olmalıdır [20-26].

Nikel, kilyet bileşiklerini kolaylıkla oluşturması nedeniyle, bitkilerdeki enzimlerde ve fizyolojik aktif merkezlerde bulunan ağır metallerle yer değiştirmektedir. Nikel bitkiler için gerekli bir element olup, üreaz ve birçok hidrogenaz enzimlerinin metal yapı maddesidir. Bu nedenle nikel içerikleri az olan bitkiler üre şeklinde uygulanan azotlu gübreden yararlanamadıkları gibi üre bu bitkilere toksik etki de yapmaktadır. Bitkide gereğinden fazla bulunan Ni, klorofil sentezi ve yağ metabolizması üzerine olumsuz etki yaparak ve bitki köklerinin diğer besin elementlerini almasını engelleyerek besin elementleri noksanlıklarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Atmosferdeki nikel oluşumunun başlıca kaynaklarını fuel-oil ve bunun kalıntılarının yakılması, nikel madeninin işlenmesi, dizel yakıt emisyonları ve rafinerasyonu,

belediye atık insineratörleri, kömürün yakılması oluşturmaktadır. Kömürün yanması sonucunda meydana gelen nikel sülfat emisyonu, havadaki nikel sülfat emisyonunun % 20-80'ini oluşturmaktadır [27, 28].

## 2.5. Literatür

“Yol Kenarı Veymut Çamı (*Pinus Strobus* L.) Bitkisindeki Pb Kirliliği” konulu çalışmada, trafiğin yoğun olduğu bir otoyolun farklı mesafelerinden alınan bitki örnekleri üzerinde yürütülerek sonuçta; bitkilerdeki Pb kirliliğinde otoyola olan mesafenin artmasıyla birlikte düzenli bir azalmanın olduğu saptanmıştır [29].

“Yeni Zelanda’da Otomotiv Emisyonlarından Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği ve Bu Kirliliğin Yol Kenarı Toprak ve Çayır-Mera Türlerine Etkisi” isimli çalışmada yol kenarında bulunan toprak ve bitkilerdeki Cd, Cr, Cu, Pb, Ni ve Zn elementlerinin bitkilerde yüksek bir birikim gösterdiği, bu değerlerin trafik yoğunluğu ile ilişkili olduğu ve oluşan kirliliğin motorlu araçlardan kaynaklandığı ortaya konulmuştur [30].

“Mısır’da Yol Yakınlarında Pb Birikimi” adlı çalışmada, değişik bölgelerdeki farklı bitkilerden alınan yaprak örneklerinde Pb miktarı değişiminin 1.35-18.60 ppm arasında olduğunu, Pb kirliliğinin yoğunluğu ile birikim miktarı arasında artı yönlü bir ilişki bulunduğunu belirlenmiştir [31].

“Otoyola Yakın Toprak ve Bitkilerdeki Pb ve Cd Değerleri ve Bu Değerlerin Trafik Yoğunluğuyla İlişkisi” adlı çalışma, otoyoldan 33 m mesafeye kadar bu elementlerin normalden çok daha yüksek olduğunu, bu uzaklıktan sonra hızla azaldığını göstermiştir [32].

“Otomobilden Kaynaklanan Pb Kirliliğinin Sinemaki Bitkilerinde Oluşturduğu Etkiler” isimli çalışmada; otoyola yakın bitkilerdeki polen çimlenmesi ve tohum oluşumunda azalma olduğu, otoyoldan artan mesafe ile birlikte bu azalmanın değiştiği, bu etkilerin bitki bünyesinde biriken Pb miktarından kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır [33].

“İzmir İl Merkezi ve Çevre Yolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Pb, Zn ve Cd Kirlenmesinin Araştırılması” konulu çalışmada, İzmir ve çevre yolları kenarında yetişen bitki türleri incelemiş ve sonucunda; trafiğin yoğunluğundaki artışa bağlı olarak bitkilerdeki Pb, Cd ve Zn birikiminin arttığı, yoldan olan mesafe arttıkça birikimin azaldığı belirlenmiştir [34].

“Atina Bölgesinin Yol Kenarı Topraklarındaki Ağır Metal Kirliliği” adlı çalışmada, trafiğin yoğun olduğu yol boyunca toprağın Pb değerinin yüksek olduğu, ancak yol kenarından olan mesafe arttıkça azalmanın başladığı ve yaklaşık 50 metre uzaklıkta doğal değerine ulaştığı belirlenerek Pb kirliliğinde, ana kaynağın otomobilden kaynaklanan egzoz gazı olduğu ortaya konulmuştur [35].

“Hong Kong’daki Yol Kenarı Kent Parklarında ve Bahçelerde Ağır Metal Kirliliği” konulu çalışmada trafiğin yoğun olduğu yolun yakınındaki, orkide ağacı yaprakları, toprak ve kaldırım tozlarında Cd, Pb, Ni, Zn, Cu, Mn, ve Fe değişimini araştırılmıştır. Sonuçta; yol kenarına yakın parklardan alınan örneklerde element içeriğinin daha yüksek olduğu, trafik yoğunluğu ile bitki yaprağı, toprak ve tozların element içeriği arasında önemli bir ilişkinin bulunduğu ortaya konulmuştur [36].

“Hong Kong’daki Yol Kenarı Toprak ve Çimlerde Pb ve Diğer Elementlerin Birikim Değerleri ve Havadaki Element Birikiminin İzlenmesinde Toprak ve Çimlerin Kullanılabilirliği” isimli çalışmada, yol kenarındaki çim ve topraklarında Cd, Pb, Cu, Zn, Fe ve Mn içeriklerinin hem çim bitkilerinde, hem de toprakta artış gösterdiği ve bu artışın trafik yoğunluğu ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır [37].

“Eskişehir’de Trafik Kökenli Ağır Metal Kirliliğinin İzlenmesi” adlı çalışmada, farklı trafik yoğunluklarına sahip karakavak yapraklarında, Cd ve Zn değerlerinin tavsiye edilen maksimum değeri aşmadığı ve trafik yoğunluğu ile Cd ve Zn değerleri arasında kullanılabilir bir ilişki olmadığı, ancak Pb değerleri ile trafik yoğunlukları arasında artı yönlü bir ilişkinin olduğu bulunmuştur [38].

“Ankara Cadde Ağaçlarından Pb Birikimi” adlı çalışmada, bitki organlarındaki Pb birikiminin aydan aya çok farklılık gösterdiği, yapraklardaki birikimin en yüksek olduğu, en az birikimin ise dallarda olduğu belirlenmiştir [39].

“Bazı Yol Kenarı Bitkilerinin Toz Filtresi Olarak Yetenekleri” konulu çalışmada, 5 farklı yol kenarındaki ağaç türlerinin toz biriktirme kapasiteleri test edilmiştir [40].

“Trafik Kaynaklı Egzoz Gazı Kirliliğinden Etkilenen Farklı Bitki Türü Yapraklarında Morfolojik ve Anatomik Çalışmalar” adlı araştırmada, üç bitki türündeki morfolojik ve anatomik değişiklikleri incelemişler ve bu değişikliklerin sadece trafiğin yoğun olduğu merkezlerde ortaya çıktığı belirlenmiştir [41].

“Ankara’nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim Bitkilerinde Egzoz Gazlarından Gelen Ağır Metal Birikimi” isimli çalışmada, İngiliz çimi, yumak otu ve karahindiba türlerindeki Pb birikimi araştırılmıştır. Çim türlerinin saçak köklü olması nedeniyle, kazık köklü karahindiba bitkisine oranla fazla Pb biriktirdiği ortaya konulmuştur [42].

“Yol Kenarı Vegetasyonundaki Pb İçeriğinin Atmosferik Kirliliğinin Belirleyicileri Olarak Kullanılması” konulu çalışmada, farklı bitki türlerinin yapraklarındaki Pb analizlerinde; yol kenarından 5 metre uzaklıkta ve trafik yoğunluğunun düşük olduğu yerleşim bölgelerinde Pb yoğunluğu 47-115 ppm, yüksek olduğu ticari bölgelerde ise 165-312 ppm olarak bulunmuştur [43].

“Konya İli Merkezi ve Çevre Yollarındaki Bitkilerde Ağır Metal Birikimi” konulu çalışmada, odunsu ve otsu bazı bitki türlerinde Pb birikimi araştırılmıştır. Birikimin bitki kısımlarında farklı olduğunu saptamış ve bu durumun bitki organlarındaki yüzey yapılarının etkisi olduğu, herdem yeşil türlerin, yaprak dökene oranla daha fazla Pb biriktirdiği, otsu türlerde ise yoldan uzaklığa bağlı olarak Pb birikiminin değiştiği belirlenmiştir [44].

“Venezuela’nın Maracaibo Kentinin Kuzey Bölgesinde Kurşundan Kaynaklanan Çevresel Kirliliğin Belirlenmesinde Zakkum Türünün Belirleyici Olarak Kullanılması” konulu çalışmada, farklı yoğunlukta trafiği olan üç yolda beş farklı bölgeden alınan bitki yaprak ve kök bölgesi toprağında Pb miktarlarını incelenmiştir ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde Pb değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir [45].

“Yol Kenarındaki Topraklarda Trafikten Kaynaklanan Ağır Metallerin Birikimi” isimli çalışmada, toprak örneklerinde Pb, Cd ve Cu miktarı değişimi araştırılmıştır. Çalışmalar sonunda; yola olan mesafe arttıkça Pb miktarının önemli derecede azaldığı ve yol kenarındaki bu üç elementin kaynağının da trafik olduğu belirlenmiştir [46].

“Otoyol Boyunca Mn Birikiminin Motorlu Taşıtlardan Oluşan Egzoz Gazı Kirliliğinin Bir Belirleyicisi Olarak Kullanılabilirliği” isimli araştırmada, yol kenarındaki toprak ve bitkilerde Mn ve Pb birikim miktarları incelenerek, topraklarda Mn değerinin Pb ’dan 100 kat daha fazla olduğu ve bu değer yoldan olan mesafe ile de ilişkisi bulunduğu belirlenmiştir [47].

“Ağaçları Biyolojik İndikatör Olarak Kullanarak Selanik Şehrindeki Ağır Metal Yoğunluklu Hava Kirliliğinin Belirlenmesi” konulu çalışmada, bitki yapraklarında Cu, Zn ve Pb birikim oluşmasında kavşakların, trafik yoğunluğundan daha etkili olduğu belirlenmiş ve bitkinin bulunduğu yerin önem kazandığı vurgulanmıştır [48].

“Ankara Cadde Ağaçlarından Akağaç Cinsinde Ağır Metal Birikimi” konulu çalışmada, bitkinin yaprak, meyve ve kabuğunda Pb, Cu ve Zn birikimini 7 ay süresince izlenmiştir. Sonuçta; otobüs durağı ve kavşaklara yakın noktalardaki örneklerde birikimin fazla olduğu, yapraklardaki birikimin, kabuk ve meyvelere oranla daha yüksek olduğu ve trafiğin daha yoğun olması nedeniyle kış aylarındaki birikimin diğer aylara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir [49].

“Ankara Cadde Ağaçlarından Çınar Cinsinde Ağır Metal Birikimi” konulu çalışmada, aylar, trafik yoğunluğu, farklı organlar ve aylık yağış miktarlarına bağlı olarak birikimin değiştiği; en fazla birikimin orta refüj ve otobüs duraklarındaki bitki örneklerinde, yapraklarda ve nispi nem ve yağışın fazla olduğu aylarda olduğu belirlenmiştir [50].

“Asya Sevi Kullanılarak Kütahya İlinde Trafik Kökenli Pb, Cd ve Zn Kirliliğinin Araştırılması” adlı çalışmada, Pb, Cd ve Zn değişimi izlenerek, yıkanmamış yapraklarda; trafik yoğunluğu ile yapraktaki Pb miktarı arasında doğrusal bir ilişki saptanmıştır. Cd ve Zn miktarı ile trafik yoğunluğu arasında da bir ilişkinin olduğu, ancak sanayi alanlarının bunda etkili olduğu belirtilmiştir [51].

“Çoklu Değişim Analizinden Yararlanarak Norveç’in Bergen Şehrinin Bazı Yol Kenarındaki Açelya Yapraklarında Pb ve Cd Değerlerinin Araştırılması” konulu çalışmada; trafik yoğunluğu ile Pb birikimi arasındaki ilişkinin çok önemli olduğu, bu nedenle bu bitkinin yol kenarında oluşan Pb kirliliği için çok iyi bir biyoindikatör olabileceği belirtilmiştir [52].

“Zakkumun Akdeniz Bölgesi’ndeki Kurşun ve Diğer Ağır Metal Kirliliğinde Bir Biyomonitör Olarak Kullanılması” konulu çalışmada; yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örneklerinde bu kirleticilerin değerleri arasında farklar olduğu, yıkanmış yaprak örnekleri ile toprak yüzeyindeki miktarlar arasında da önemli bir ilişkinin

bulunduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak türün ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanımının yararlı olabileceği ileri sürülmüştür [53].

“Yunanistan’ın Atina şhrindeki Kent Parklarında Cd ve Pb Birikiminin Bitki ve Topraktaki Değişimleri” isimli çalışmada; bitki ve toprakta belirlenen kirlilik derecesinin sadece mesafeye değil, aynı zamanda vejetasyonun strüktürü ve yoğunluğu, yaprak yüzey durumu, trafik yoğunluğu ve rzgrın hızı ile de ilişkili olduğu belirlenmiştir [54].

“Yol Kenarındaki nc Türde Pb Birikimi ve Artan Pb Miktarının Bitkide Oluşturduğu Fiziksel Etkiler” konulu çalışmada; farklı dozlarda kurşun asetat uygulanan topraklarda marul türünde ortaya çıkan bazı etkileri belirlemişlerdir. Sonuçta yol kenarı topraklarının ıslah edilmesinde bu türün kullanılabilme potansiyelinin olduğu ve yol kenarı vejetasyonunun düzenlenmesi konusunda öneriler sunulmuştur [55].

“Gipuzkoa şhrinin Yol Kenarı Toprak ve imlerindeki Cd, Pb ve Zn Kirliliğinin Değerlendirilmesi” isimli çalışmada, araştırılan tüm elementlerin toprak ile imdeki değerleri arasında önemli bir ilişkinin olduğu, Cd, Pb ve Zn arasında oluşan ilişki nedeniyle aynı kökenli kirlilik kaynağı olan trafikten meydana geldiği sonucuna varılmıştır [56].

“Bir Yol Kenarı Boyunca Pb ve Diğer Element Değerleri” adlı çalışmada, yapraklardaki Pb konsantrasyonu ile yola olan mesafe arasında bir ilişki olduğu; birikimin yola olan mesafe arttıķa azaldığı, yıkanan ve yıkanmayan örneklere de bu metallerin farklılık gösterdiği tespit edilmiş yıkama sonucunda metallerin miktarlarında önemli lde azalma olduğu belirlenmiştir [57].

“Kent evresindeki Ağaçların Hava Kirliliğinin Belirleyicisi Olarak Kullanılabilirliği” adlı çalışmada, bitki türlerinin yapraklarında peroksidaz bu aktivitenin kontrol bölgesine göre kirlenmiş bölgelerde daha yüksek ve bunun trafik



yoğunluğuyla ilişkili olduğu belirlenmiş, sonuçta hava kalitesini belirten haritaların düzenlenmesinde peroksidaz aktivitesinin de kullanılabileceği ileri sürülmüştür [58].

“Çoban Çantası Bitkisinin Ağır Metal Kirliliğinde Biyomonitör Olarak Kullanılması” konulu çalışmada, toprak ve yıkanmış yaprakta oluşan element içerikleri arasında önemli bir ilişkinin olduğu, kent bölgesinde bu elementler bakımından bir artış gözlemlendiği ve elde edilen değerlerin bu türde Pb, Cd, Zn ve Cu elementlerinin izlenmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır [59].

“İğde Ağacının Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Biyomonitör Olarak Kullanılması” adlı çalışmada, yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örnekleri arasında farkların olduğu, bu farkların element kirlilik değerlerine göre değiştiği ve yıkanmış yaprak örneklerinde ve toprak yüzeyindeki element içerikleri arasında önemli bir ilişkinin bulunduğu belirlenmiştir [60].

“Yol Kenarı Topraklarının Kirlilik Biriktirme Yetenekleri” isimli çalışmada, yol kenarındaki topraklarda kirliliğin trafik yoğunluğuna bağlı olduğu, en yüksek değerlerin yoldan 0-2 m uzaklıkta ve 0-5 cm toprak derinliğinde ortaya çıktığı, toprak derinliği ve yola mesafenin artmasıyla değerlerin hızla azaldığı belirlenmiştir [61].

“Ürdün’ün Yol Kenarında Bulunan Bitki, Toprak ve Havadaki Ağır Metal Konsantrasyonları” konulu çalışmada, yol kenarı çevresindeki birikimin büyük kaynağını otomobillerin oluşturduğu, bu nedenle yol kenarı toprak ve bitkilerin yüksek miktarda ağır metal içeriğine sahip olduğu ve bu değerlerin trafik yoğunluğunun artışı ile paralellik göstererek kentsel mekanlarda önemli değerlere ulaştığı ortaya konulmuştur [62].

“Tespah Ağacı Yapraklarında Ölçülen Kimyasal Parametreler ile Kent Bölgesinin Çevresel Koşulları Arasındaki İlişkiler” konulu çalışmada, bitki yapraklarındaki

toplam klorofil ile endüstri kirliliği arasında pozitif, pigment içerikleri ile trafik yoğunluğu ve endüstriyel kirlilik arasında negatif bir ilişki bulunmuştur [63].

“Akasya Ağacının Kayseri’deki Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Biyomonitör Olarak Kullanılabilirliği” adlı çalışmada, yıkanmış ve yıkanmamış bitki yaprak örnekleri arasında kirlenme değerlerinin farklılık gösterdiği, yıkanmış bitki yaprakları ile toprak yüzeylerindeki ağır metal konsantrasyonları arasında önemli bir ilişkinin olduğu ve kullanışlı bir biyolojik monitör olarak kullanılabileceği sonucu elde edilmiştir [64].

“Petunya Bitkilerinde Taşıt Emisyonlarından Kaynaklanan İz Element Kirliliğinin Değerlendirilmesi” konulu çalışmada, kentsel alandan alınan örneklerde yıkama işlemi ile bazı element miktarlarında azalmalar olduğu, yıkanmış yapraklarda büyüme mevsimi boyunca Fe, Cu, Al, Ni ve Pb değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir [65].

“İğde Yapraklarında Kurşun (Pb) Yoğunluğunun Araştırılması” nda yol üzerinde hava sirkülasyonunun az olduğu, yolun daraldığı ve rampaların arttığı bölgelerden alınan yapraklardaki kurşun kirliliğinin, yolun düz ve geniş, sirkülasyonun fazla olduğu bölgelerden toplanan yapraklara göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir [66].

“Nijerya’nın Kuzey ve Güney-Doğu Bölgelerindeki Yol Kenarlarında Yer Alan Likenlerin Ağır Metal İçerikleri” konulu çalışmada, güney-doğu bölgesindeki Pb değerlerinin kuzey bölümündekilere oranla daha yüksek olduğu belirlenerek, otomobil emisyonlarının likenlerdeki birikim için ana kaynak olmayabileceği belirtilmiştir [67].

“Metropolitan Bölgede Yer Alan Doğal Çimlerdeki Ağır Metal Değerleri” konulu çalışma, Pb ve Zn’nun ortalama değerlerinin yoldan 15 metre uzaklığa kadar değişim gösterdiği ve değişimin trafik yoğunluğu ile artı yönde bir ilişkisinin olduğu, Cd ve

Mn’da aynı ilişkiye rastlanmadığı ve çimlerde biriken Pb ve Zn’un araç trafiğinden kaynaklandığı, yol kenarındaki bu alanlarda otlatma yapılmaması gerektiği vurgulanmıştır [68].

“İstanbul’da Pb ve Cd ’dan Oluşan Yol Kenarı Kirliliği ve Bu Kirliliğin Ladin Ağacı Üzerine Etkileri” isimli çalışmada, yıkanmış yaprak örneklerinde Pb ve Cd birikiminin yıkanmamış örneklere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir [69].

“Akasya Ağacı Kullanarak Denizli İlindeki Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi” adlı çalışmada, yol kenarlarında Pb ve Cu değerlerinin, endüstriyel bölgelerde ise diğer bütün elementlerin en yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiş ve kirlilikle bitki yapraklarında biriken element değerleri arasında önemli bir ilişkinin olması nedeniyle türün endüstriyel ve trafik kirliliklerin belirleyicisi olarak kullanılabilceği ileri sürülmüştür [70].

“Servi Ağacı ve Sedir Ağacı Yapraklarında Taşıtların Sebep Olduğu Pb Kirliliğinin Araştırılması ” çalışmasında, her iki bitki türünde de kurşun kirliliğinin şehir merkezine yaklaştıkça arttığı belirlenmiştir [71].

“Karaçam Türünün Yapraklarında Pb Birikiminin Araştırılması” çalışmasında kurşun kirliliğinin trafik yoğunluğu ve hava sirkülasyonu ile doğru orantılı olarak değiştiği tespit edilmiştir [72].

“Kırıkkale-Kırşehir Karayolunda Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması”, çalışmasında kurşun kirliliğinin Kırıkkale ve Kırşehir illerinin yakınında bulunan istasyonlardan toplanan örneklerde, diğer istasyonlara göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir [73].

“Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun Kirliliğinin Liken Kullanılarak Araştırılması” adlı çalışmada, liken örneklerindeki Pb miktarı Optik Emisyon Spektrometre ile belirlenerek kurşun kirliliğinin trafik ile doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir [74].

“Giresun–Ordu Karayolunda Taşıt Trafiğinin Sebep Olduğu Kurşun Kirliliğinin Araştırılması” adlı çalışma, toplanan örneklerdeki kurşun kirliliğinin diğer istasyonlara göre daha yüksek olması, liken türünün kurşun kirliliğinin belirlenmesi için biyolojik indikatör olarak kullanılabileceğini göstermektedir [75].

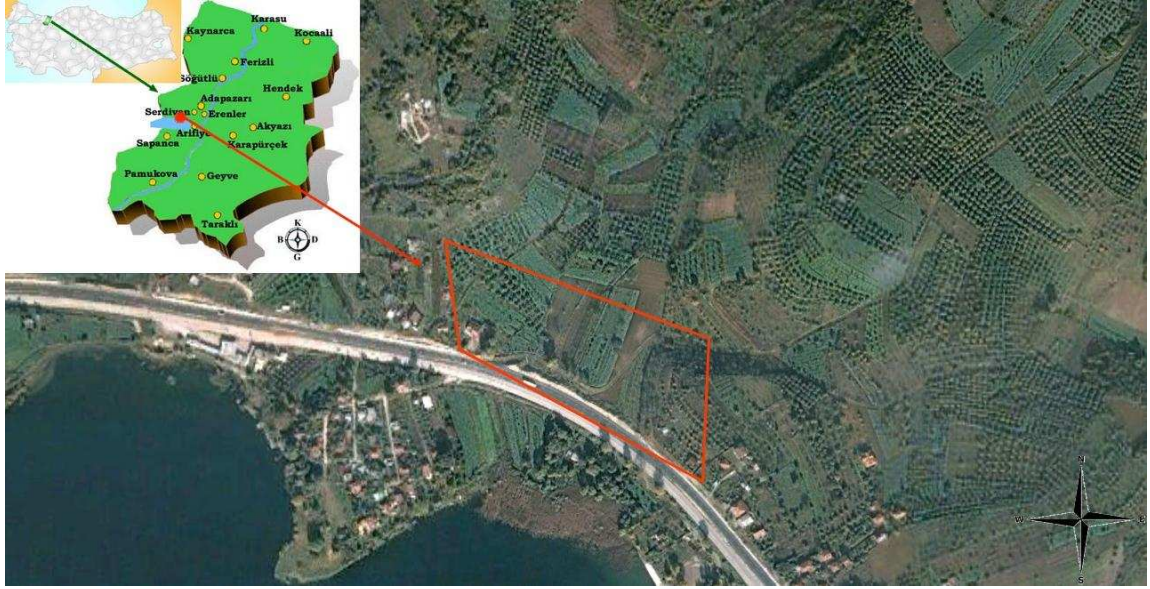
## **BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOD**

### **3.1. Çalışma Alanı**

Çalışma alanı, coğrafi konum itibari ile, Marmara Bölgesi'nin kuzeydoğu bölümünde; 29°, 57' - 30°, 53' doğu meridyenleri, 40°, 17' - 41°, 13' kuzey paralelleri arasında yer almakta olup yüzey şekilleri fazla karmaşık değildir. Kocaeli'nin doğusunda, güneyden kuzeye doğru uzanarak Karadeniz'e açılan İl alanı, deniz seviyesinden 31 metre yükseklikindedir. Marmara Bölgesi'nin iklim özelliklerini taşımaktadır. İl, yağışlı ve rutubetli bir havaya ve ılıman bir iklime sahip olmakla beraber kışlar bol yağışlı ve ılık, yazlar ise sıcak geçmektedir. Rüzgârlar genel olarak kuzeydoğudan poyraz, kuzeybatıdan da karayel olarak esmektedir fakat zaman zaman güneyden esen lodos, özellikle Adapazarı Ovasında sıcaklığın artmasına yol açmaktadır. Meteorolojik gözlemlere bakıldığında İl bol yağış alan ve nem oranı yüksek bir yapıya sahip olup sanayi, tarım ve turizm yatırımlarına uygun bir nitelik taşımaktadır. Özellikle İstanbul, Bursa ve Kocaeli üçgeninde sanayinin yoğunlaşması, nedeni ile alternatif bir yatırım alanı olarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Sanayinin yanı sıra tarım ve hayvancılıkta il ekonomisinde önemli bir paya sahip olup, aktif nüfusun % 50'ye yakını tarımla uğraşmaktadır. Konum itibariyle ülkemizin sosyo-ekonomik açıdan en gelişmiş yöresi olan Marmara Bölgesini Anadolu'nun diğer bölgelerine bağlayan ana ulaşım akışı üzerinde yer alması, kirlilik kaynaklarından biri olan taşıt emisyonlarının incelenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması büyük önem taşımaktadır.

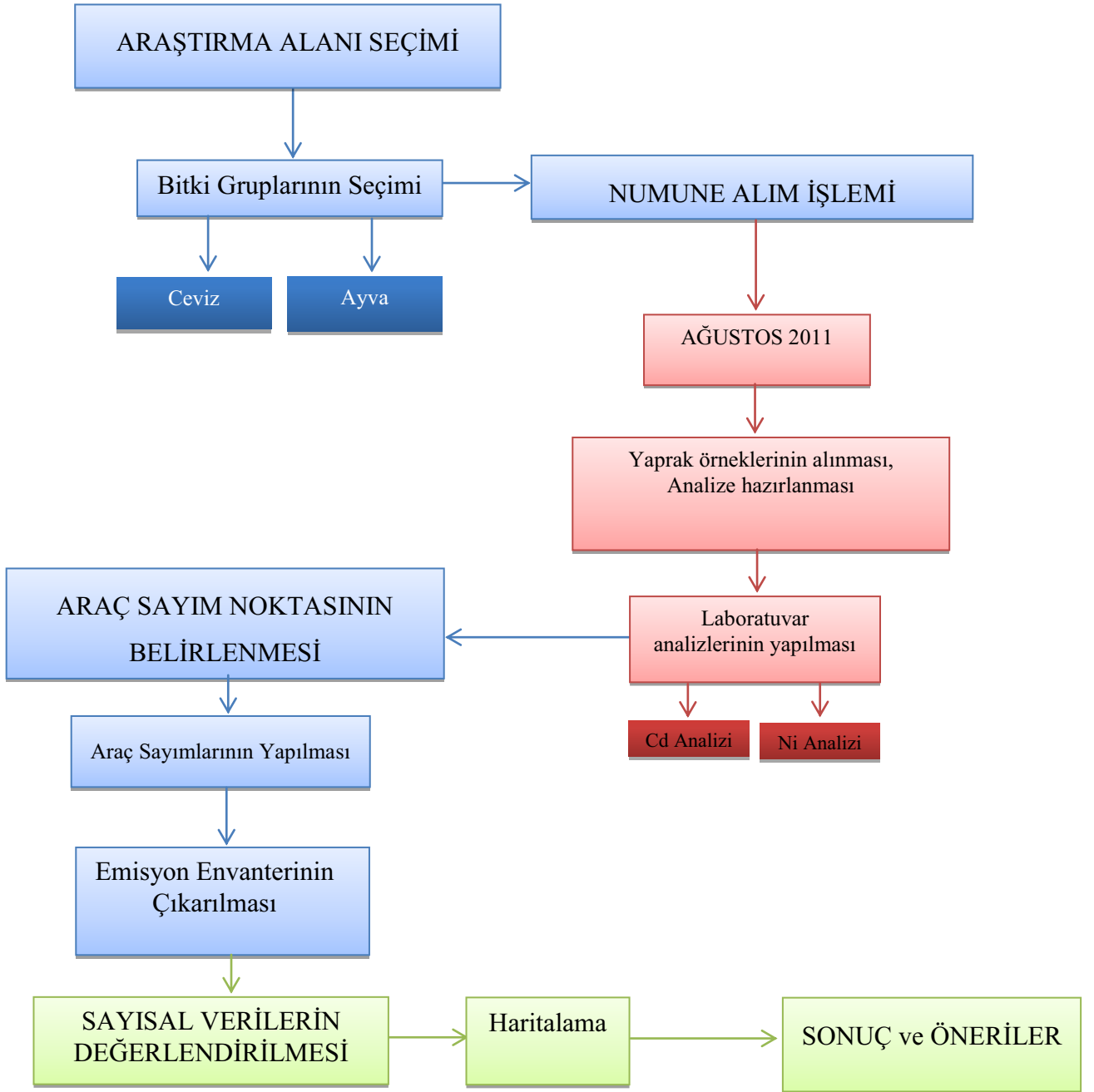
Araştırma alanı olarak, ağır vasıta araçlarının ve yük taşıtlarının yoğun olarak kullandığı Sakarya- İzmit D-100 karayolunun yakınındaki tarım arazileri tercih edilmiştir. Çalışma alanındaki emisyon miktarını etkileyen D-100 karayolu

Adapazarı-İzmit illeri arasında transit bir yol olmakla beraber herhangi bir trafik ışığı, önemli bir yerleşim alanı ve sanayi tesisi bulunmamaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3. 1. Çalışma alanı

Araştırma üç aşamada yürütülmüştür. Şekil 3.2 'de araştırmada kullanılan yöntemin akış şeması verilmektedir. Birinci aşamada Ağustos ayında yaprak numuneleri alınmış olup, alınan numuneler analiz işlemi için hazırlandıktan sonra analizleri yaptırılmıştır. İkinci aşamada, araştırma alanında araç sayımları yapılmış, bölgenin araç ve emisyon envanteri çıkarılmıştır. Üçüncü aşamada ise elde edilen sayısal veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak haritalandırılmış ve sonuçlara bağlı olarak öneriler geliştirilmiştir.



Şekil 3.2. Araştırmada kullanılan yöntemin akış şeması

### 3.2. Numune Seçimi ve Analizler

Araştırmada bitki tür ve kompozisyonlarının sadece görsel potansiyelleri ele alınmış olup, ekolojik özelliklerin değerlendirilmesi araştırma kapsamı dışında tutulmuştur. Bitkisel materyal kullanılarak yapılan araştırmalara göre; biyomonitör türlerin seçiminde temel kriterler, geniş bir coğrafik alana sahip olma ve çalışma yapılan alanda fazla sayıda bulunması yani temsil edebilme özelliğini taşıması, örneklemenin kolay olması ve kimlik probleminin olmaması olarak sıralanabilmektedir.

Yapılan seçimde;

- Araştırma yapmak için seçilen alanda, çok sayıda bulunan ağaç türlerinden olmaları,
- Çok yıllık ve her sene meyve veren türden olmaları,
- Seçilen bölgede, belirlenen türlerin ticari amaçlı tarımda kullanılıyor olmaları,
- Araştırma alanının trafikten kaynaklanan kirlilik derecelerine göre sınıflandırılan bölgelerinde, yol kenarından 0- 10 m uzaklıktaki kısmında istenilen özelliklerde ve tekrarlanabilir miktarda yer almaları gibi özellikler göz önünde bulundurulmuştur [76].

Çalışma bölgesi olarak seçilen alanda ticari tarım faaliyetleri yapılmakta olup genellikle ayva ve ceviz ağacı ağırlıklı olmak üzere meyve tarımı ve sebze tarımı yapılmaktadır. Seçim kriterleri göz önüne alınarak, Sakarya- İzmit D-100 karayoluna paralel olarak seçilen alanda baskın tür olan Şekil 3.3' te görülen ayva ve ceviz ağacı üzerinde incelemeler yapılmıştır.





(a)

(b)

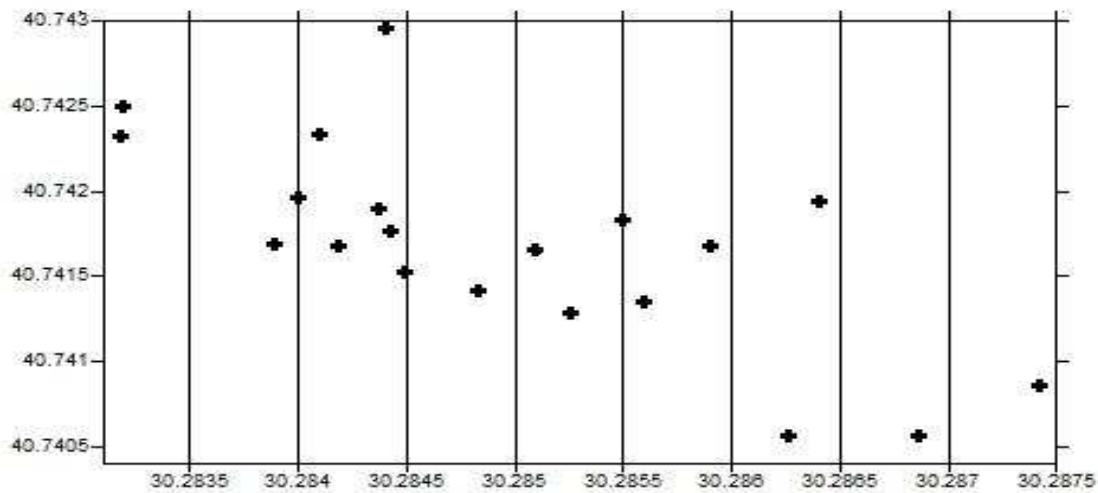
Şekil 3. 3. (a) Ayva türü (b) Ceviz türü

Çalışmada kullanılan numunelerin toplama işlemi 9 Ağustos 2011 tarihinde yapılmış olup, ağaçların yola bakan taraflarındaki dallardan alınmasına dikkat edilmiştir. Örnek toplama işlemi seçilen bölgede arazi şartlarına uygun olarak rastgele belirlenen ve Şekil 3.4' te gösterilen 20 noktada gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4. Numune Alınan Noktaların Google Earth Görüntüsü

Numunelerin toplandığı noktalar arazide Global Positioning System (GPS) aleti ile tespit edilmiş olup koordinat noktalarına ait bilgiler Şekil 3.5' te verilmiştir.



Şekil 3.5. Koordinat ekseninde numune alınan noktaların gösterimi

Şekil 3.5' te koordinatları verilen noktalardan toplanan yaprak numuneleri steril poşetlere konularak aynı gün laboratuvar ortamına getirilerek ikiye ayrılmıştır. Ayrılan yaprak numunelerinin yarısı üzerindeki tozları temizlemek ve bitki yaprak dokularındaki birikimi ortaya koyabilmek için destile su ile iki kez yıkanmıştır. İkinci kısmına ise yıkama işlemi uygulanmamıştır. Daha sonra yaprak numuneleri etüvde 24 saat boyunca 80° C de kurutulmuştur. Numuneler agat havanda öğütüldükten sonra steril kaplara konularak muhafaza edilmiştir [77].

Yaprak numuneleri mikrodalga çözündürme tekniği ile analize hazırlanmıştır. Bu amaçla, 0,2-0,3 gram arasında olan yaprak numuneleri 0,1 mg hassasiyetle tartılmış ve üzerlerine 7 mL HNO<sub>3</sub>, 1 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 0,5 mL HF eklenerek mikrodalga cihazında (Analytikjena TOPwave) Tablo 3.1' de verilen şartlarda çözündürülmüştür. Elde edilen çözeltiler 50 mL' lik balon jojelere aktararak hacimleri 50 mL' ye tamamlanmıştır. Yöntemin doğruluğunu kanıtlamak için çalışmada kullanılan yöntem ile sertifikalı referans madde olan tütün yaprağı da aynı şartlarda çözündürülmüştür.

Tablo 3.1. Tütün yaprağı CRM ve yaprak numuneleri çözündürme adımları

Parametre	1.adım	2.adım	3.adım	4.adım
Sıcaklık (°C)	145	170	190	210
Basınç (bar)	50	50	50	50
Verim (%)	70	80	90	90
Bekletme Süresi (Sıcaklığa çıkış süresi dak.)	2	5	2	2
Süre (Sıcaklıkta kalma süresi dak.)	5	10	15	5

Hazırlanan bu çözeltilerdeki metal konsantrasyonları ( $C_{\text{metal iyonu}}$ )  $\text{mg. L}^{-1}$  olarak ICP-MS cihazı (Agilent 7500cx; Agilent Technologies, CA, USA) ile tayin edilmiştir. ICP-MS cihazının çalışma koşulları Tablo 3.2’ de verilmiştir.

Tablo 3.2. ICP-MS Çalışma Koşulları

Parametreler	Değer
RF Power	1550 W
RF Matching	1.78 V
Sample Depth	8 mm
Torch-H	0.3 mm
Torch-V	0.2 mm
Plasma Ar flow rate	15 L $\text{min}^{-1}$
Makeup gas Ar flow rate	0.2 L $\text{min}^{-1}$
Carrier Ar flow rate	0.9 L $\text{min}^{-1}$
He gas Flow rate	4.2 ml $\text{min}^{-1}$
Nebulazer Pompası	0.1 rps
S/C sıcaklığı	2 °C
Spray Odası	Peltier-kuvars soğutma
Meşale	Quartz 2,5 mm,projections,HMI compat
Nebulizer	EzyLok Connector MicroMist Nebulizer
Octopole (ORS )	without cell entrance/exit,Qp focus and o-ring
Zemin Düzeltmesi	Measured before each sample after 110 s wash
Örnek Analiz Süresi	1 dakika

Yaprak numunelerinin ve standart referans madde olan tütün yaprağının içerdiği ağır metal konsantrasyonları ppm olarak aşağıdaki eşitlik (3.1) kullanılarak hesaplandı.

$$\text{Numunedekimetalkonsantrasyonu(ppm)} = \frac{\text{C metal (mg/L)} \cdot 5 \cdot 10^{-5}}{\text{Numunemiktarı(mg)}} \cdot 10^4 \quad (3.1)$$

### 3.3. Emisyon Envanterinin Hazırlanması

Ülkenin gelişmişlik düzeyinin artması ile birlikte motorlu taşıt sayısında da artış olacağı göz önüne alındığında, özellikle nüfus yoğunluğu fazla olan şehirlerde trafikten kaynaklanan hava kirliliği önemli bir tehdit unsuru olabilmektedir. Kirliliği belirleme ve önlemeye yönelik çalışmaların ilk adımı hava kirliliğine yol açan kaynaklardan atmosfere salınan kirletici maddelerin ve miktarlarının belirlenmesidir. Bu çalışma ‘emisyon envanteri’ olarak bilinir. Emisyonların envanterlenmesi, bugünün değerlendirilmesinin yanında, geleceğe yönelik olarak yapılacak planlama çalışmalarına da katkı sağlayabilmektedir [78].

Bir emisyon envanteri hazırlanması için ideal metodoloji belirli bir bölge için belirli zamanda farklı kaynaklardan atmosfere atılan emisyonların direkt olarak ölçülmesi yoluyla belirlenmesidir. Ancak böyle bir yaklaşım pratikte uygulanabilir olmamaktadır. Çünkü envanterler genellikle tüm bölgeyi ve değişik emisyon kaynaklarını içine alan kapsamda gerçekleştirilmek istenir. Ayrıca çeşitli kaynaklardan yayılan emisyonların yayılımı gereği de direkt ölçümler yoluyla tam bir miktar belirlenmesi yapılamamaktadır. Bu yüzden emisyon ve kaynaklarıyla ilişkili verilerin toplanarak istatistiksel değerlendirilmelerinin yapıldığı yaklaşımlar yaygın olarak uygulanmakta ve daha güvenilir sonuçlar vermektedir [79].

Envanter çalışmasının ilk aşamasında, çalışma alanındaki anayolların trafik yoğunluklarındaki değişimleri belirlemek amacıyla araç sayımları yapılmıştır. Araç sayım noktaları trafik yükü dikkate alınarak gün içinde gerçekleştirilmiş olup pazartesi gününün en yoğun olabileceği farklı 4 saatte yapılmıştır. Bir aracın hareket

edebilmesi için ivmelenme, yokuş çıkma, yuvarlanma direnci ve rüzgâr direncini karşılayabilecek mekanik çekiş gücüne sahip olması gerekmektedir. İhtiyaç duyulan enerjilerin büyüklüğü karşılaştırıldığında, ivmelenme ve yokuş çıkma için gereken güç diğerlerine göre oldukça fazladır. Bu sebeple, özellikle bölgenin yükseklik değişimi ve ivmelenme, güç ihtiyacı buna bağlı olarak yakıt tüketimi ve emisyonlar için önemli birer faktör olmaktadır [80].

Araçlardan kaynaklanan emisyon miktarları aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$$W_{\text{TOPLAM TAŞIT GÜCÜ}} = W_{\text{yok.}} + W_{\text{iv.}} + W_{\text{yuv.}} + W_{\text{rüz.}} \quad (3.2)$$

$$W_{\text{yok.}} (W_{\text{yokuş çıkma}}) = m.g.V.\sin\theta \quad (3.3)$$

$$W_{\text{iv.}} (W_{\text{ivmelenme}}) = m.a.V \quad (3.4)$$

$$W_{\text{yuv.}} (W_{\text{yuvarlanma direnci}}) = m.g.C_{\text{yuv.}}V \quad (3.5)$$

$$W_{\text{rüz.}} (W_{\text{rüzgar direnci}}) = 0,5\rho.A.C_d.(V+V_w)^2 V \quad (3.6)$$

$$W_{\text{TOPLAM TAŞIŞ GÜCÜ}} = m_{\text{yakıt}} \times \eta_{\text{taşıt}} \times Q_{\text{LHV}} \quad (3.7)$$

- Ağırlık (m): Hesaplamalarda araçların dolu olduğu kabul edilerek ortalama 16 ton alınmıştır.
- Yer çekimi ivmesi (g): Bir cisim etkileyen yerçekimi kuvveti, o cismin Dünya'nın merkezine olan uzaklığına bağlı olarak değişmekte ve ortalama  $9,81 \text{ m/sn}^2$  olarak kabul edilmektedir.
- Yoğunluk ( $\rho$ ): Yoğunluk bir maddenin birim hacminin kütlesi olarak ifade edilir. Deniz seviyesinde,  $0^\circ\text{C}$  sıcaklık ve 1,01325 bar basınçta havanın yoğunluğu  $1,293 \text{ kg/m}^3$  olmaktadır.
- İvme (a): Belirli bir yönde hareket etmekte olan bir cismin hızının belirli bir zaman aralığındaki değişim miktarı olarak tanımlanmaktadır. Ağır ticari araçlar için ortalama  $2 \text{ m/sn}^2$  olarak alınmaktadır.
- Eğim açısı ( $\theta$ ): Ölçüm yapılan bölgedeki eğim açısı  $0^\circ$ 'a yakın olduğundan  $0$  olarak kabul edilmiştir.

- Aracın Ön İzdüşüm Alanı (A): ‘ $A=0,9 \times \text{genişlik} \times \text{yükseklik}$ ’ olarak hesaplanır.  $A=0,9 \times 4 \times 2= 7,2 \text{ m}^2$  olarak bulunmaktadır.
- Ortalama hız (V): Araçların tam yüklü olduğu kabul edilerek 75 km/saat (20,83 km/sn) olarak alınmaktadır.
- Rüzgarın hızı ( $V_w$ ): Meteoroloji verilerinden elde edilen değerlere dayanılarak 2 m/sn alınmaktadır.
- Rüzgar direnci katsayısı ( $C_d$ ): 0,3 olarak kabul edilmektedir.
- Yuvarlanma direnci katsayısı ( $C_{yuv}$ ) 0,01 olarak kabul edilmektedir [81].
- Verim ( $\eta$ ): İçten yanmalı motorun ortalama termal verimi %30,
- Yakıtın alt ısıl değeri ( $Q_{LHV}$ ): 40000 kJ/kg olarak alınmaktadır [80,81].

‘EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2009’ ağır metal emisyon faktörlerine göre, kadmiyum ve nikel için verilen emisyon faktörleri Tablo 3.3’ te gösterilmektedir.

Tablo 3.3. Ağır metaller için emisyon faktörleri [82]

<b>Kategori</b>	<b>Kadmiyum</b>	<b>Nikel</b>
Otomobil (Dizel)	0,01	0,07
Otomobil (Benzinli)	0,01	0,07
Otomobil (LPG)	0	0
Hafif Ticari (Dizel)	0,01	0,07
Hafif Ticari (Benzinli)	0,01	0,07
Ağır Ticari Araç (Dizel)	0,01	0,07
Ağır Ticari Araç (Benzinli)	0,01	0,07
Motorsiklet $>50 \text{ cm}^3$	0,01	0,07
Motorsiklet $< 50 \text{ cm}^3$	0,01	0,07

Birikim Miktarı: Toplam Yakıt Miktarı x Emisyon Faktörü

(3.8)

Formüller kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan toplam yakıt miktarı, Tablo 3.3' ten seçilen emisyon faktörüne çarpılarak günlük biriken ağır metal miktarı bulunmaktadır.

#### **3.4. Taşıt Emisyonları Dağılımı - Analizinde CBS' nin Kullanılması**

CBS, hava kirleticilerinin dağılımını göstermek ve analiz etmek için çok faydalı bir teknolojidir. Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi bilgilerin kullanılmasında, ilişkiler kurma ve planlama mantığı ile hareket etme olanağı verdiği için, kentteki insan-çevre etkileşiminin sağlıklı olarak planlanmasında ve uygulamasında önemli rol oynamaktadır. Bilgiyi kontrol etme ve kullanma yeteneğine sahip olan bu sistem, mekan ve zamanın en iyi şekilde kullanılmasıyla kentsel hizmetlerin daha etkin, verimli ve çevreye daha duyarlı olarak sunulmasına katkıda bulunmaktadır [82-84].

Yapılan benzer çalışmalarda CBS, minimum bir hata payı ile gerçek dünyayı yansıtan verilerin ve çevresel koşulların modellenmesi için güçlü bir araç olarak sunulmaktadır [83]. CBS kullanarak, hava kirliliğine maruz kalan nüfus ve risk alanları belirlenmektedir [84]. Çalışmamızda da bir Coğrafi Bilgi Sistemi olan Surfer Programı kullanılmış olup, Surfer programı ile Kriging Metodu uygulanmıştır.

Çevresel parametrelerin ve hava kirliliğinin mekânsal dağılımını gösterebilmek, gerçekçi emisyon dağılımını oluşturabilmek amacıyla kirlilik konsantrasyon haritaları mekansal enterpolasyon yöntemleri kullanılarak oluşturulmaktadır. Hava kirliliği konsantrasyon haritalarının üretilmesi için jeostatistiksel bir yöntem olan kriging mekânsal enterpolasyon metodu kullanılmaktadır. Bu yöntem harita yapma, simülasyon ve analiz gibi çeşitli problemlerin çözümlenmesinde uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Jeostatistik, mekânsal korelasyona dayanarak konumsal korelasyonun yapısını variogram modelleri kullanılarak göstermektedir. Verilerin deneysel variogram modeli belirlendikten sonra hesaplanan Kriging ise belirli bir bölgede veya coğrafik arazide mekansal değişimin en iyi lineer sapmasız hesaplayıcısı olarak tanımlanmaktadır. Kriging, CBS ile kullanılan geleneksel enterpolasyon metotlarının eksikliklerini gidermektedir [85].

Variogram modellerinde mekansal korelasyon yapısı görülmekle beraber modelde kullanılan az sayıda (20) numune noktası nedeni ile dağınık noktaların olduğu görülmektedir ve az sayıda numune ile hesaplanan variogramlar hemen hemen her zaman düzensizdir. Bunun temel sebebi yetersiz veri kullanımımıdır. Numune sayısının az olması sebebiyle, variogram modellerinin seçimi zorluklar içermektedir. Mekansal analizin yapılabilmesi amacı ile kirlilik dağılım haritaları surfer yazılımı ile Kriging Yöntemi uygulanarak oluşturulmuştur [86].

Kriging, 1951 yılında ilk defa D. G. Krige isimli Güney Afrikalı bir maden mühendis tarafından uygulanmış ve 1971 yılında da Matheron tarafından geliştirilmiş, geoistatistiksel bir enterpolasyon yöntemidir. Kriging yönteminin temeli bölgesel değişkenler teorisine dayanır. Yükseklikler tarafından temsil edilen olaylarda konumsal değişim yüzey boyunca istatistiksel olarak homojendir. Yüzey; sabit bir ortalama yada trend'den oluşan yapısal bir bileşen, rastgele fakat konumsal olarak korelasyonlu bileşen ve konumsal olarak korelasyonsuz kalıntı hata terimi olmak üzere üç ana bileşenin toplamı olarak ifade edilir.

Kriging yöntemi ile konsantrasyon ve yağış verilerini kullanarak da atmosferde birikim CBS ile belirlenmekte ve bunun yanı sıra riskli bölgelerin belirlenmesinde Kriging yöntemiyle CBS kullanılmaktadır [85-87].

Kriging yöntemi ağırlıklı ortalama yöntemine benzer bir şekilde yakındaki noktalardan daha fazla etkilenmeyi sağlayan bir ağırlık modeli kullanır. Kriging yönteminin genel denklemi,

$$Z_p = \sum_{i=1}^n W_i Z_i$$

(3.9)

şeklindedir. Burada;

Z<sub>p</sub>: P noktasının aranan değeri

W<sub>i</sub>: Z<sub>p</sub> nin hesabında kullanılan her bir Z<sub>i</sub> ye karşılık ağırlık değerleri



$Z_i$ :  $Z_p$  nin hesabında kullanılan noktaların değerleri

$n$ :  $Z_p$  nin hesabında kullanılan nokta sayısı

Kriging tahminindeki temel amaç komşu örneklerden faydalanılarak ağırlıklı ortalama ile bir değer üretmektir. En son ortalamaya bir ağırlık oranı koymak yüksek değerleri düşürmekte ve düşük değerleri yükseltmektedir. Bu haliyle haritalar daha az değişkenlik gösterir hali almaktadır [87].

## BÖLÜM 4. BULGULAR ve DEĞERLENDİRMELER

### 4.1. Analiz Sonuçları

Çalışmada yöntemin validasyonu için kullanılan standart referans madde olan tütün yaprağına (Virginia Tobacco Leaves, CTA-VTL-2) ait sonuçlar Tablo 4.1' de verilmiştir.

Tablo 4.1. Standart referans madde olan tütün yaprağına (Virginia Tobacco Leaves, CTA-VTL-2) ait sonuçlar

Element	Verilen Değer (ppm)	Bulunan Değer (ppm)	Geri Kazanım Yüzdesi
Cd	1,52 ± 0,17	1.46	96
Ni	1,98 ± 0,21	2.35	118

Kadmiyum ve nikel için bulunan değerler referans madde değerleri ile karşılaştırıldığında geri kazanım yüzdelerine göre kabul edilebilir değerlerdedir.

Çalışma bölgesinden toplanan 20 adet numunenin ıslak ve kuru birikim miktarları, ICP- MS cihazı ile belirlenerek elde edilen ve Bölüm 3' te ki formüllere göre hesaplanan değerler Tablo 4.1 ve Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2. Yıkanmamış numunelerdeki hesaplanmış ağır metal birikimi sonuçları

Numune	Cinsi	Cd (ppm)	Ni (ppm)
1	Ayva	0,10097	3,092803
2	Ceviz	0,04142	1,79653
3	Ayva	0,09312	1,916071
4	Ceviz	0,04125	2,65251
5	Ayva	0,05201	3,916974
6	Ayva	0,06417	1,186553
7	Ayva	0,03983	3,19103
8	Ceviz	0,04475	1,959144
9	Ayva	0,04718	2,616364
10	Ceviz	0,09053	5,441509

Numune	Cinsi	Cd (ppm)	Ni (ppm)
11	Ceviz	0,0429	3,925651
12	Ayva	0,06821	2,832103
13	Ayva	0,08722	1,282927
14	Ceviz	0,04079	1,069763
15	Ceviz	0,05178	2,126683
16	Ayva	0,07193	1,675229
17	Ceviz	0,04843	1,144776
18	Ceviz	0,0381	1,691459
19	Ayva	0,04749	1,602024
20	Ceviz	0,05104	4,801181

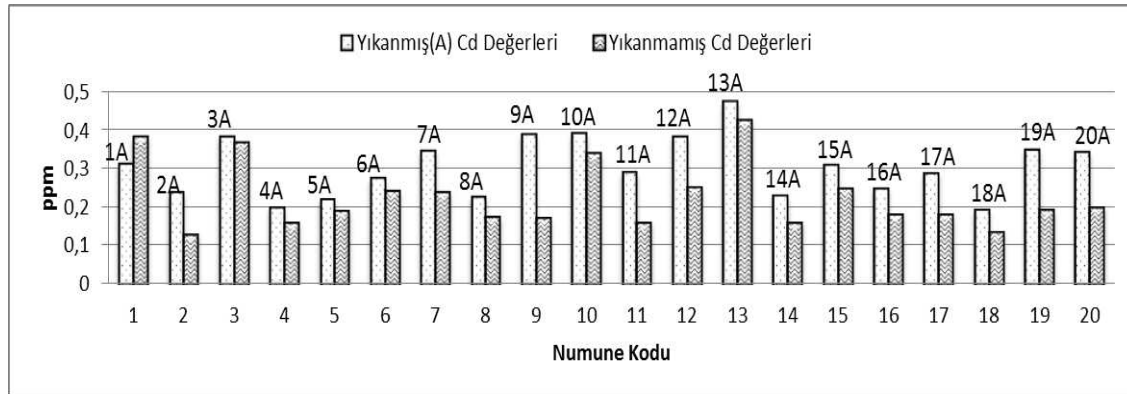
Tablo 4.3. Yıkanmış numunelerdeki hesaplanmış ağır metal birikimi sonuçları

Numune	Cinsi	Cd (A) (ppm)	Ni (A) (ppm)
1A	Ayva	0,09429	1,92384
2A	Ceviz	0,05676	1,53634
3A	Ayva	0,09391	1,10266
4A	Ceviz	0,04724	2,51688
5A	Ayva	0,05313	3,86042
6A	Ayva	0,07027	1,30176
7A	Ayva	0,06349	2,9439
8A	Ceviz	0,05164	1,23509
9A	Ayva	0,085	3,5367
10A	Ceviz	0,07931	4,0495

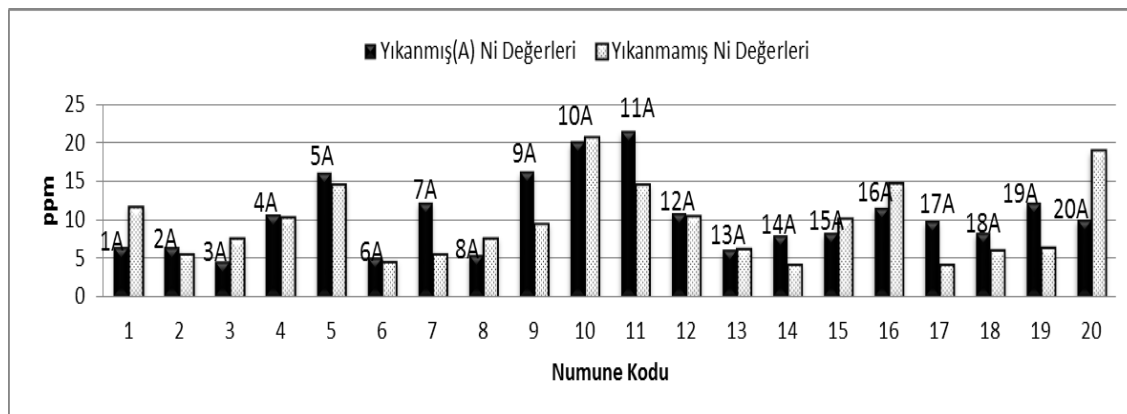
Numune	Cinsi	Cd (A) (ppm)	Ni (A) (ppm)
11A	Ayva	0,07006	5,1722
12A	Ceviz	0,10165	2,86742
13A	Ayva	0,10592	1,3417
14A	Ceviz	0,05682	1,94878
15A	Ayva	0,06794	1,79954
16A	Ayva	0,07122	2,5098
17A	Ayva	0,06257	2,12292
18A	Ceviz	0,05093	2,1711
19A	Ayva	0,07655	2,61574
20A	Ceviz	0,07239	2,11469

Yıkanmış ve yıkanmamış numuneler üzerinde yapılan ağır metal analizlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.1 ve 4.2’ de verilmektedir. Şekil 4.1’ de laboratuvar analizleri sonuçlarına göre yıkanmış numunelerdeki Cd değerlerinin 0.047 – 0.106 ppm arasında, yıkanmamış numunelerdeki Cd değerleri ise, 0.038 – 0.101 ppm

aralığında olduğu görülmektedir. Şekil 4.2' de laboratuvar analizleri sonuçlarına göre yıkanmış numunelerdeki Ni değerlerinin 1.102 – 5.17 ppm arasında, yıkanmamış numunelerdeki Ni değerleri ise, 1.07 – 5.45 ppm aralığında olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Yıkanmış ve yıkanmamış numunelerin Cd sonuçları



Şekil 4.2. Yıkanmış ve yıkanmamış numunelerin Ni sonuçları

## 4.2. Emisyon Envanteri Sonuçları

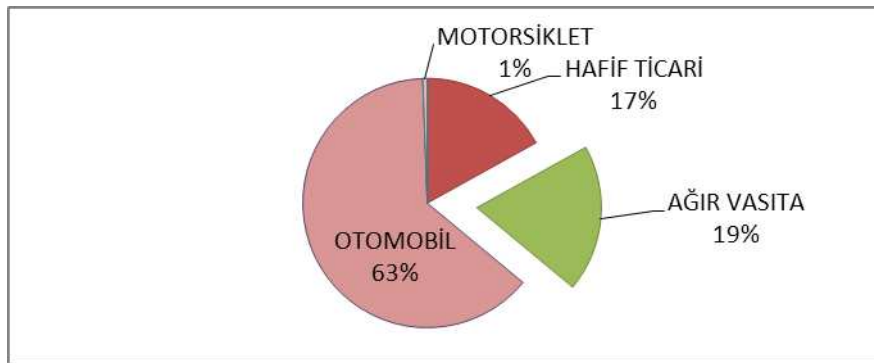
Araştırma alanında araç sayımı ve ortalama günlük araç sayısı Tablo 4.3' te gösterilmiştir. Çalışmada sadece ağır vasıta araçlar değerlendirmeye alınmıştır. Bunun nedeni; yük taşıtları, üretimlerinden sonraki ağırlıkları ile asgari yakıt tüketimine sahip olmaktadır. Aracın yük miktarı arttıkça araç motoru, yükü

taşımak için çok daha fazla iş yapmak zorunda kalmaktadır. Bunu yapmak için ise emisyon salınımını tetikleyen daha çok yakıt yakmaktadır. Dolayısı ile kullanılan yakıt tipine göre değişik emisyonlar salınmaktadır.

Tablo 4.3. Araştırma Alanında Araç Sayımı ve Ortalama Günlük Araç Sayısı

	SAATLERE GÖRE SAYIM MİKTARLARI				GÜNLÜK ORT.
	08.00- 09.00	12.00-13.00	15.00-16.00	19.00-20.00	
HAFİF TİCARİ	122	148	132	159	3366
AĞIR VASITA	158	142	135	196	3786
OTOMOBİL	586	475	542	496	12594
MOTORSİKLET	3	5	3	8	114

Emisyonlar hesaplanırken kullanılan araç sayıları gün içerisinde yapılan sayımların ortalaması sonucunda elde edilmiştir. Şekil 4.3' te günlük araç sayısı içerisindeki ağır vasıta oranı görülmektedir.



Şekil 4.3. Araştırma alanındaki araç sayımı sonuçlarının oransal gösterimi

Emisyon hesaplamaları;

Formül 3.2' den aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$W_T = W_{yok} + W_{iv} + W_{yuv} + W_{rüz.}$$

$$W_T = mgV\sin\Theta + maV + mgC_{yuv} \cdot V + 0.5\rho AC_d(V+V_w)^2 \cdot V$$

$$W_T = (1500 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m.sn}^{-2} \cdot 75 \text{ km sa}^{-1} \cdot \sin 0) + (1500 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m.sn}^{-2} \cdot 75 \text{ km sa}^{-1}) + (1500 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m.sn}^{-2} \cdot 0,01 \cdot 75 \text{ km sa}^{-1}) + (0,5 \cdot 1,2 \text{ kg.m}^{-3} \cdot 8 \text{ m}^2 \cdot (20,83 \text{ m.sn}^{-1} + 1,5 \text{ m.sn}^{-1})^2 \cdot 20,83 \text{ m.sn}^{-1})$$

$$W_T = 669,12 \text{ kW}$$

Formül 3.7' den aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$W_t = m_{\text{yakıt}} \cdot \eta_{\text{taşıt}} \cdot QLHV$$

$$669,12 \text{ kW} = (m_{\text{yakıt}}) \cdot (0,3) \cdot (40000 \text{ kJ. kg}^{-1})$$

$$m_{\text{yakıt}} = 0,0558 \text{ kg. gün}^{-1}$$

Bulunan günlük yakıt miktarı ( $m_{\text{yakıt}}$ ), günlük araç sayısı ile çarpılarak toplam yakıt miktarı (kg/gün) bulunmaktadır.

$$m_{\text{toplamyakıt}} = (0,0558 \text{ kg. gün}^{-1}) \cdot (3784 \text{ adet taşıt})$$

$$m_{\text{toplamyakıt}} = 18239765 \text{ kg. gün}^{-1}$$

Formül 3.8' den aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Birikim Miktarı: Toplam Yakıt Miktarı x Emisyon Faktörü

$$\text{Biriken Toplam Cd: } 18239765 \text{ kg. gün}^{-1} \times 0,01 = 182 \text{ ton. gün}^{-1}$$

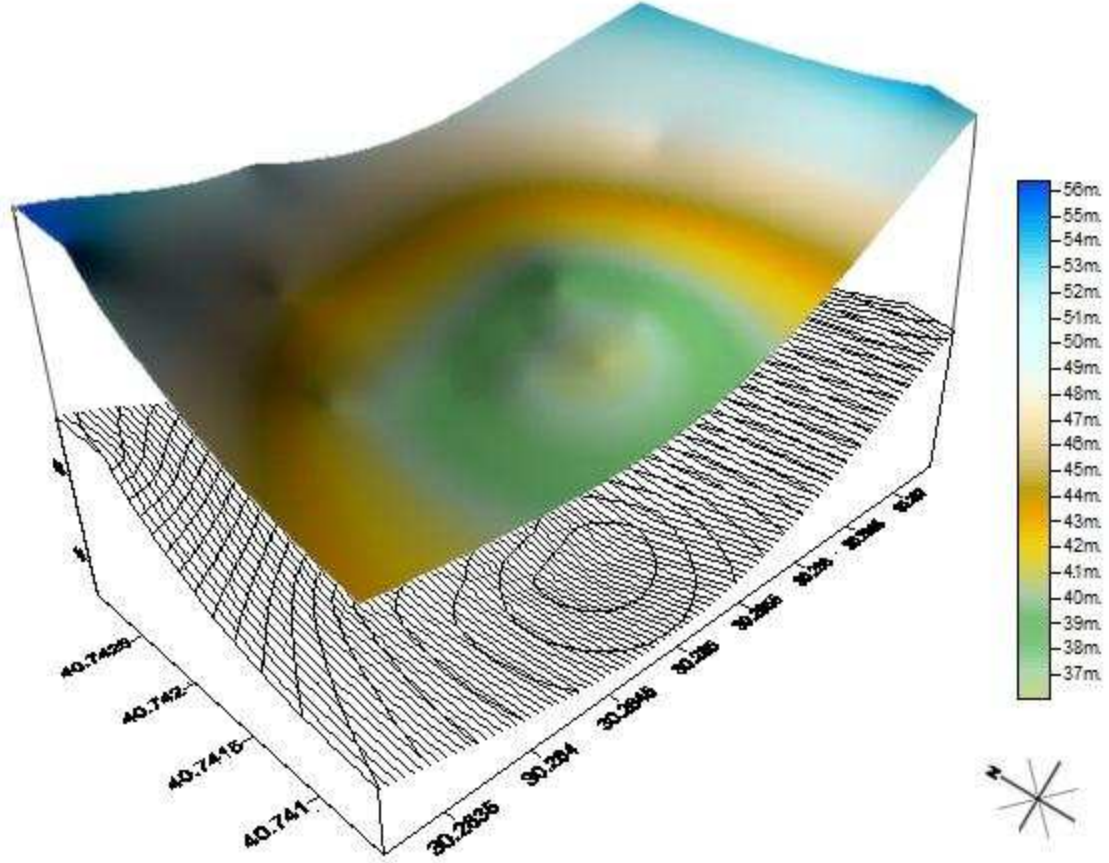
$$\text{Biriken Toplam Ni: } 18239765 \text{ kg. gün}^{-1} \times 0,07 = 1277 \text{ ton. gün}^{-1}$$

olarak bulunur.

### 4.3. Emisyon Dağılımlarının CBS ile Gösterilmesi

Çalışmalardan elde edilen numune analizlerinin sonuçları Surfer programına data olarak yüklenerek Kriging metodu uygulanmış ve eş kirlilik düzeyi haritaları hazırlanmıştır.

Şekil 4.4’ te arazi çalışmaları sırasında alınan koordinat noktalarına göre hazırlanan çalışma alanının topografik yapısı görülmektedir. Topografya olarak kuzey, doğu ve batı yönlerine ilerledikçe artan yükseklik değerleri görülmektedir. Çalışma alanının güney yönünden transit bir otoyol olan D-100 karayolu geçmektedir.



Şekil 4.4. Araştırma alanının topografyası

Şekil 4.5’ de numune alınan koordinat noktaları, birikim miktarlarına göre sınıflandırılarak gösterilmiştir. Bu koordinat noktalarında yıkanmamış numuneler üzerinde yapılan Cd analizleri sonuçları ile hazırlanan eş kirlilik düzeyi haritası oluşturulmuştur.

Şekil 4.6’ da kirliliğin topografya üzerindeki değişimi görülmektedir. Eş kirlilik düzeyi haritalarından görüldüğü gibi kirliliğin arttığı noktalar karayoluna en yakın ve arazi topografyasına göre yüksekliği az olan noktalardır. Karayolundan uzaklaştıkça birikim miktarının azaldığı görülmektedir. Bu sonuç literatür bilgilerini desteklemekte ve kadmiyum birikiminin nedeninin egzoz emisyonlarından

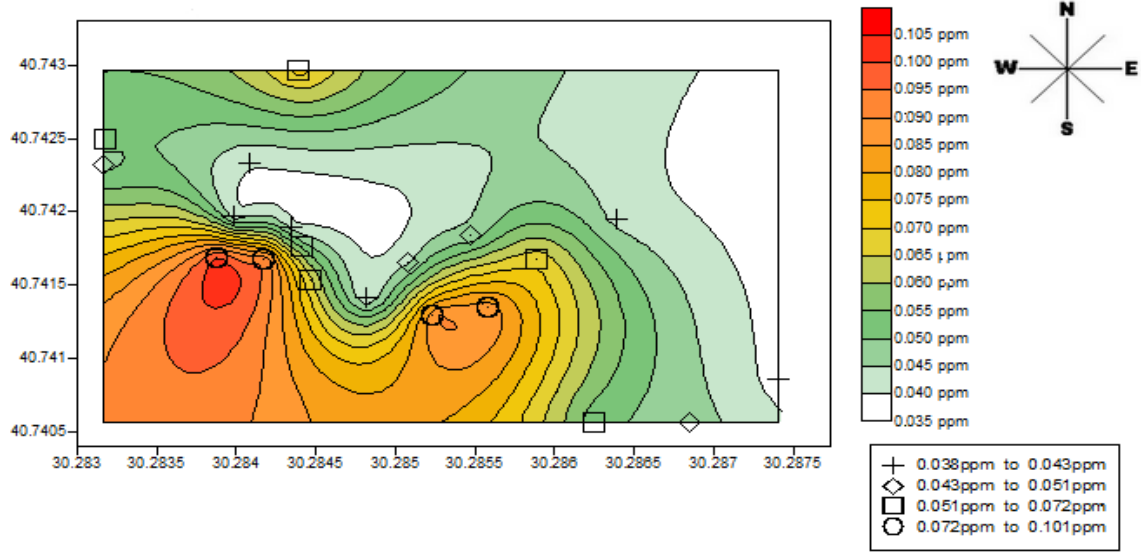
kaynaklandığı bilgisini doğrulamaktadır. Cd birikiminin en fazla görüldüğü noktalar 1, 3, 10 ve 13 numaralı noktalardır. Bu birikimin nedeni Şekil 4.6' da görülen arazi topografyasında belirtilen numune noktalarının, eğimli ve yol seviyesine yakın olması yani birikim için uygun olmalarıdır.

Şekil 4.7' de yıkanmış numuneler üzerinde yapılan Cd analizleri sonuçları ile hazırlanan eş kirlilik düzeyi haritası oluşturulmuştur. Şekil 4.8' de kirliliğin topografya üzerindeki değişimi görülmektedir.

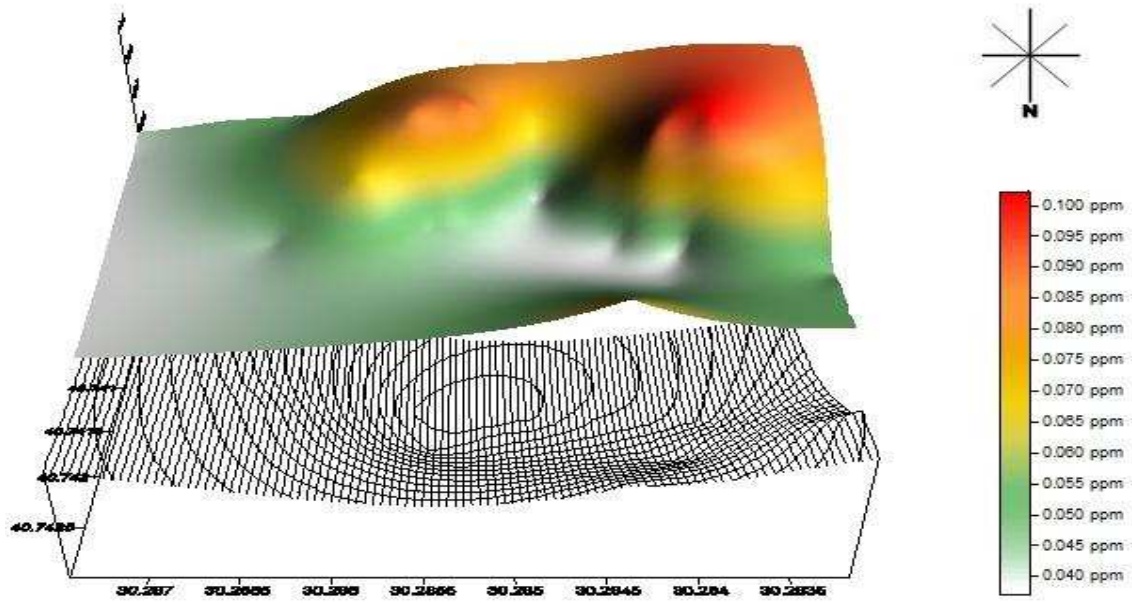
Şekil 4.6 ve Şekil 4.8 karşılaştırıldığında, yıkanmış numunelerdeki Cd değerleri genel olarak yıkanmamış numunelere göre daha yüksek birikim değerleri göstermektedir. Şekil 4.8' de birikim seviyesinin en yüksek olduğu noktalar 1, 3, 12 ve 13 numaralı noktalardır. Bu noktalar yıkanmamış numunelerdeki Cd birikiminin en üst düzeyde olduğu noktalara benzerlik göstermektedir. Fakat bazı noktalardaki değerlerde azalma veya artma meydana gelmiştir. Bu durumla ilgili literatür bilgilerinde yaprakların üzerinde biriken tozun ve bitkinin cinsinin ağır metal ölçümlerini etkileyebileceği bilgisine yer verilmiştir. Bu çalışmada da değerler arasında farklılıkların meydana gelmesi literatür bilgilerini desteklemektedir.

Kadmiyumun bitkilerde alınımı metabolik olduğu kadar pasif olarak da gerçekleşir. Bitki içerisinde de oldukça kolay taşınır. Özellikle organik maddeler tarafından kolayca absorbe edilir, yaprak ve kökte yüksek konsantrasyonlara ulaşabilir. Kirlenmemiş çevredeki bitkiler 0,01-0,03 ppm aralığında Cd içerirken araştırma bölgesinde bütün numune sonuçlarında kadmiyum konsantrasyonu bu değerleri aşmaktadır.

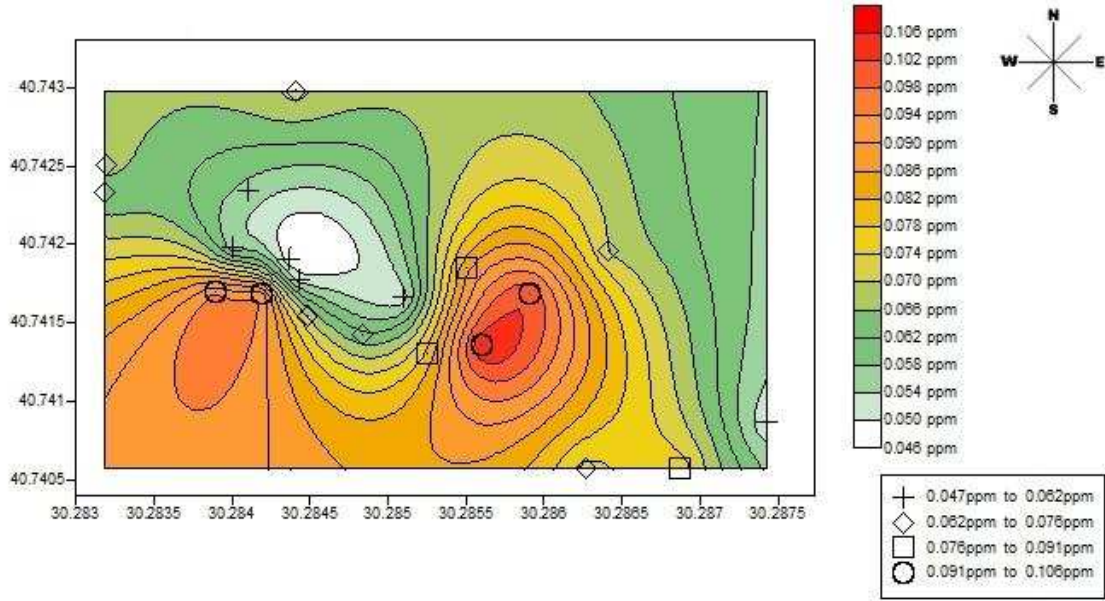




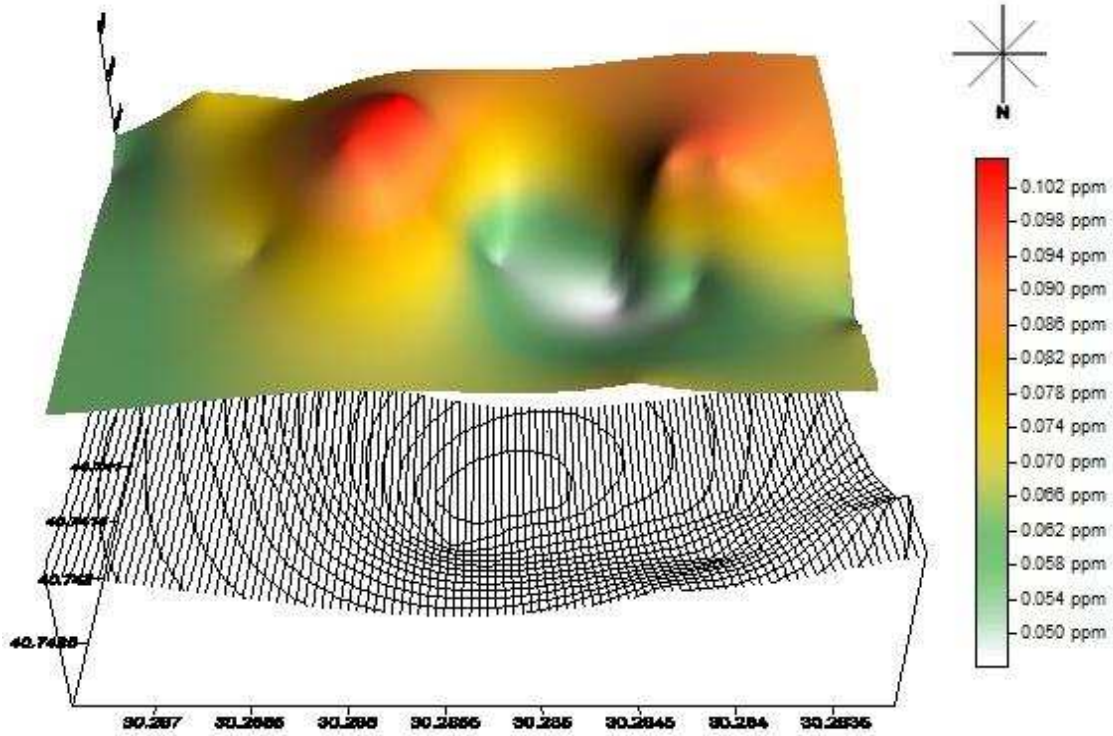
Şekil 4.5. Yıkanmamış numuneler üzerinde Cd birikiminin dağılımı



Şekil 4.6. Yıkanmamış numuneler üzerinde Cd birikiminin topografyaya göre değişimi



Şekil 4.7. Yıkanmış numuneler üzerinde Cd birikiminin dağılımı



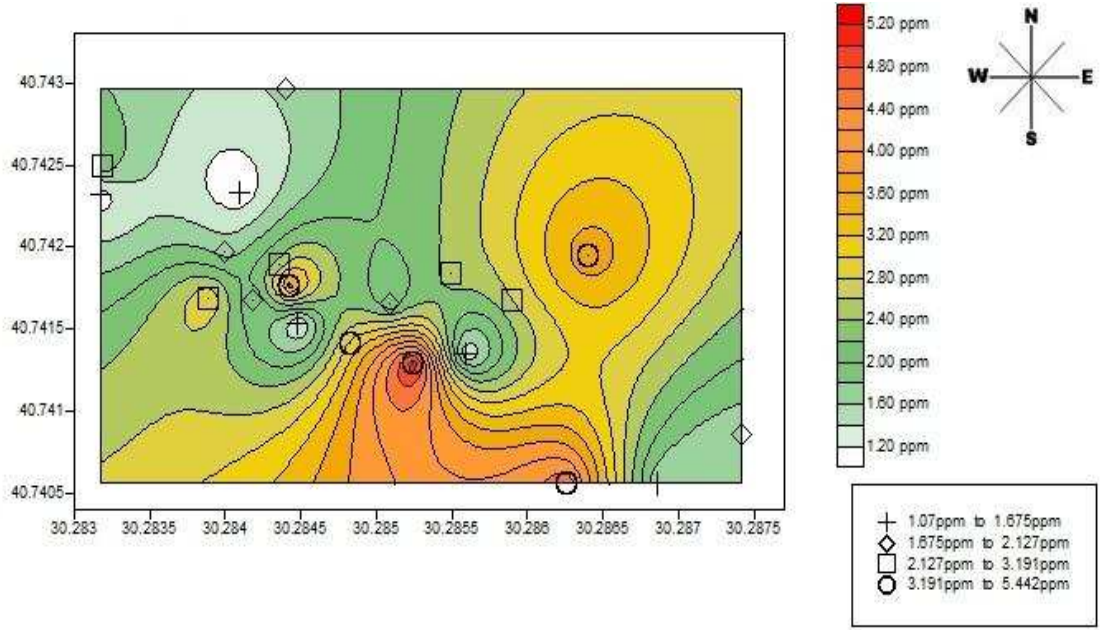
Şekil 4.8. Yıkanmış numuneler üzerinde Cd birikiminin topografyaya göre değişimi

Şekil 4.9' da yıkanmamış numuneler üzerinde yapılan Ni analizleri sonuçları ile hazırlanan eş kirlilik düzeyi haritası oluşturulmuştur. Şekil 4.10' da kirliliğin topografya üzerindeki değişimi görülmektedir. Şekil 4.11' de yıkanmış numuneler

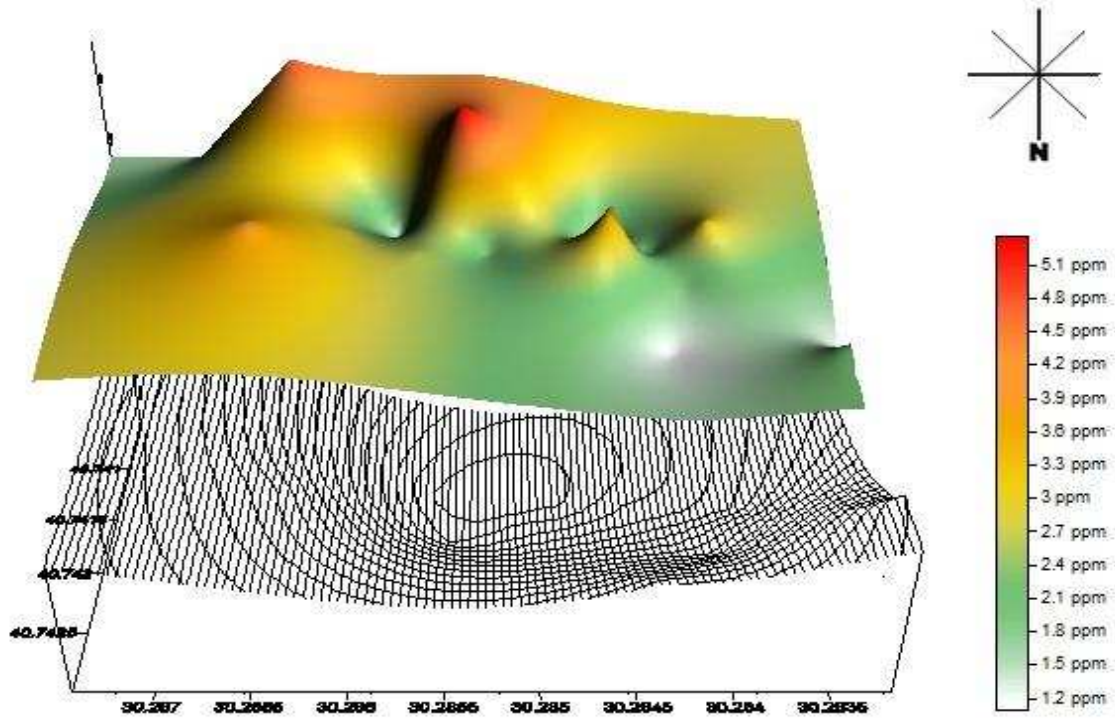
üzerinde yapılan Ni analizleri sonuçları ile hazırlanan eş kirlilik düzeyi haritası oluşturulmuştur. Şekil 4.12’ de kirliliğin topografya üzerindeki değişimi görülmektedir. Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’ nin incelenmesi ile nikel birikiminin sadece egzoz emisyonlarından kaynaklandığı yorumu yapılmaktadır. Dağınık bir dağılım göstermesi nedeni ile nikel birikiminin otoyoldan uzaklaştıkça azalma ya da artma meydana geldiği söylenememektedir. Bu çalışmada rüzgar yönü dikkate alınmadığı için bu dağınık dağılımda etkili olup olmadığı konusunda bir yorum yapılamamaktadır. Tablo 4.4’ te Avrupa’da yapılan çalışmalarda ortalama ağır metal birikimi gösterilmektedir. Tablodaki değerlerle karşılaştırdığımızda, bu çalışmada elde edilen 1,07 – 5,45 ppm ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığındaki değerlerle benzerlik göstermektedir yani çalışılan bölgedeki yapraklarda nikel birikiminin meydana geldiği söylenebilir. Her ne kadar bölgedeki nikel birikimi dağınık sonuçlar verse de Avrupa ülkelerinde yapılan benzer çalışmalara oranla bölgede yoğun bir nikel birikiminden söz edilmektedir.

Tablo 4.5. Avrupa’da çalışmalardaki ortalama ağır metal birikimi sonuçları [87]

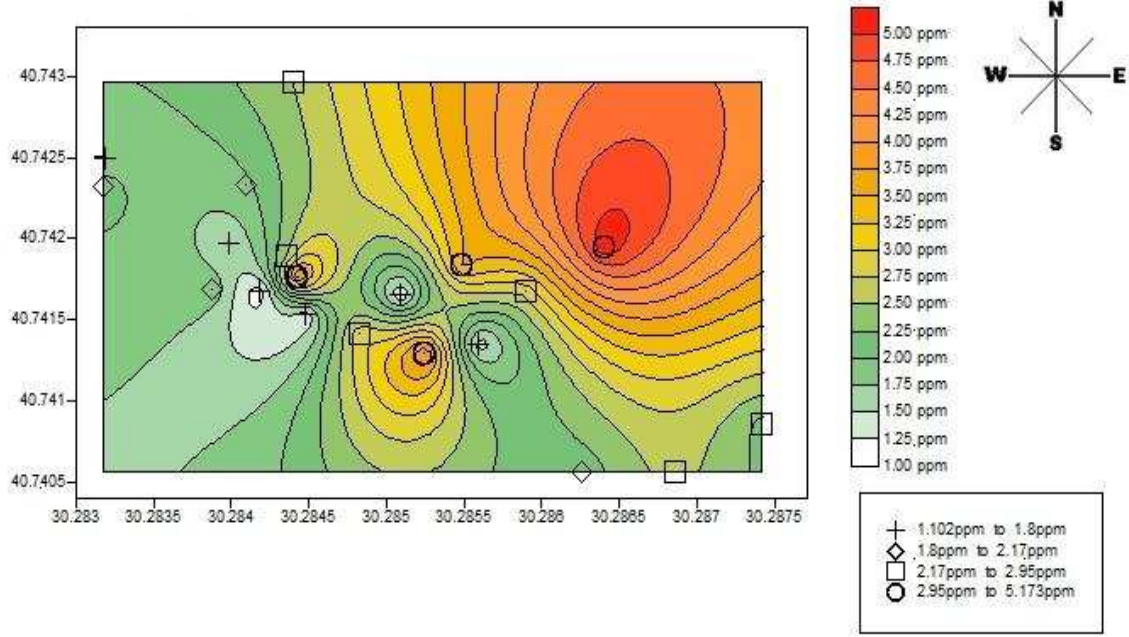
	Al ( $\mu\text{g/g}$ )	Cd ( $\mu\text{g/g}$ )	Co ( $\mu\text{g/g}$ )	Cr ( $\mu\text{g/g}$ )	Cu ( $\mu\text{g/g}$ )	Fe ( $\mu\text{g/g}$ )	Mn ( $\mu\text{g/g}$ )	Ni ( $\mu\text{g/g}$ )	Pb ( $\mu\text{g/g}$ )	Zn ( $\mu\text{g/g}$ )	As ( $\mu\text{g/g}$ )
<b>Karabük/kuru</b>	274,4	0,15	0,41	0,86	2,19	1223	104,4	2,46	12,9	18,7	5,32
<b>Karabük/ıslak</b>	341,1	0,14	0,48	1,11	2,29	1234	88,38	2,25	27,9	11	6,18
<b>Macaristan</b>	-	0,9	-	2,8	11,8	2070	-	5	19,5	52	-
<b>Finlandiya</b>	-	0,12	-	1,25	3,96	259	-	1,83	3,37	28,8	-
<b>Norveç</b>	-	0,18	0,37	2,6	7	660	310	3,6	8,6	45	0,23
<b>Almanya</b>	305	0,21	-	0,9	7,12	341	-	1,13	4,6	41	0,16
<b>Polonya</b>	-	0,44	-	1,5	7,6	362	-	1,4	13,6	43	-
<b>Çek Cumh.</b>	-	0,31	-	1,38	7,2	399	-	1,9	11	41,8	-
<b>Slovakya</b>	-	0,26	-	2,83	17,1	1100	-	2,3	8,3	47,7	-
<b>Litvanya</b>	-	0,19	-	1,31	5,8	576	-	1,8	11,4	39,2	-
<b>Rusya</b>	-	0,29	-	1,41	5,3	487	-	2	4,4	38,5	-
<b>İsveç</b>	-	0,19	-	0,57	4,5	182	-	1,1	6	39,9	-
<b>Romanya</b>	3290	0,44	0,61	6,2	10,6	2020	180	4,2	14,0	36	0,78



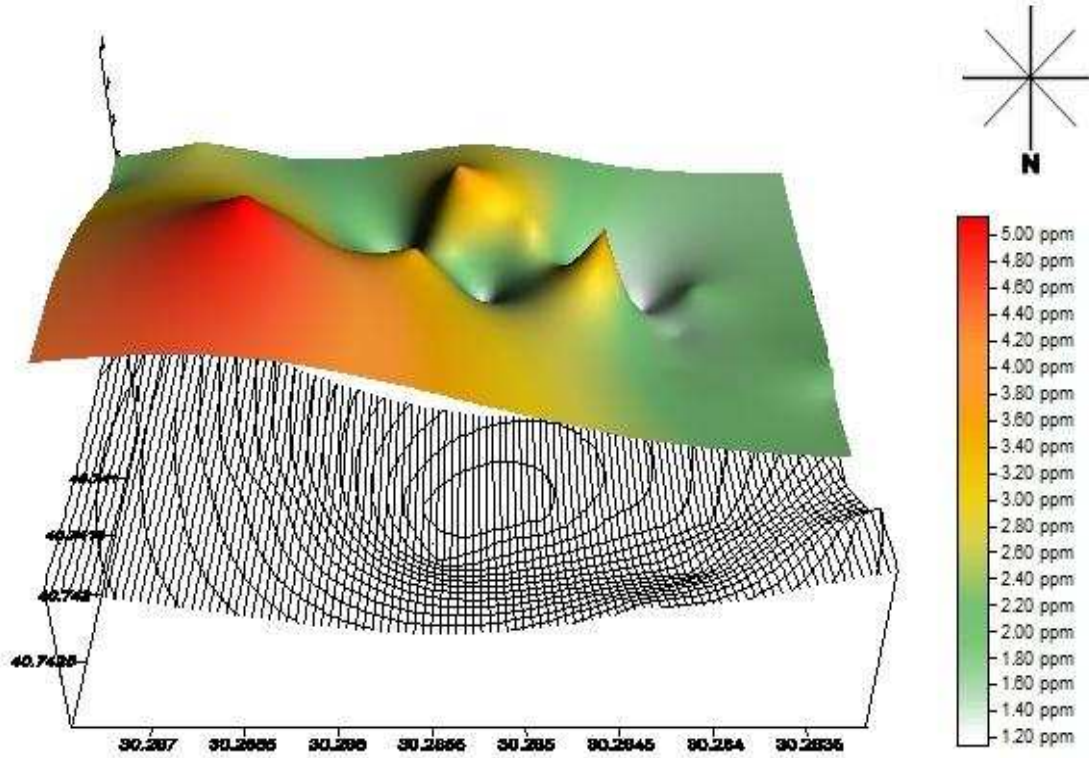
Şekil 4.9. Yıkılmamış numunelerde Ni birikiminin dağılımı



Şekil 4.10. Yıkılmamış numuneler üzerinde Ni birikiminin topografyaya göre değişimi



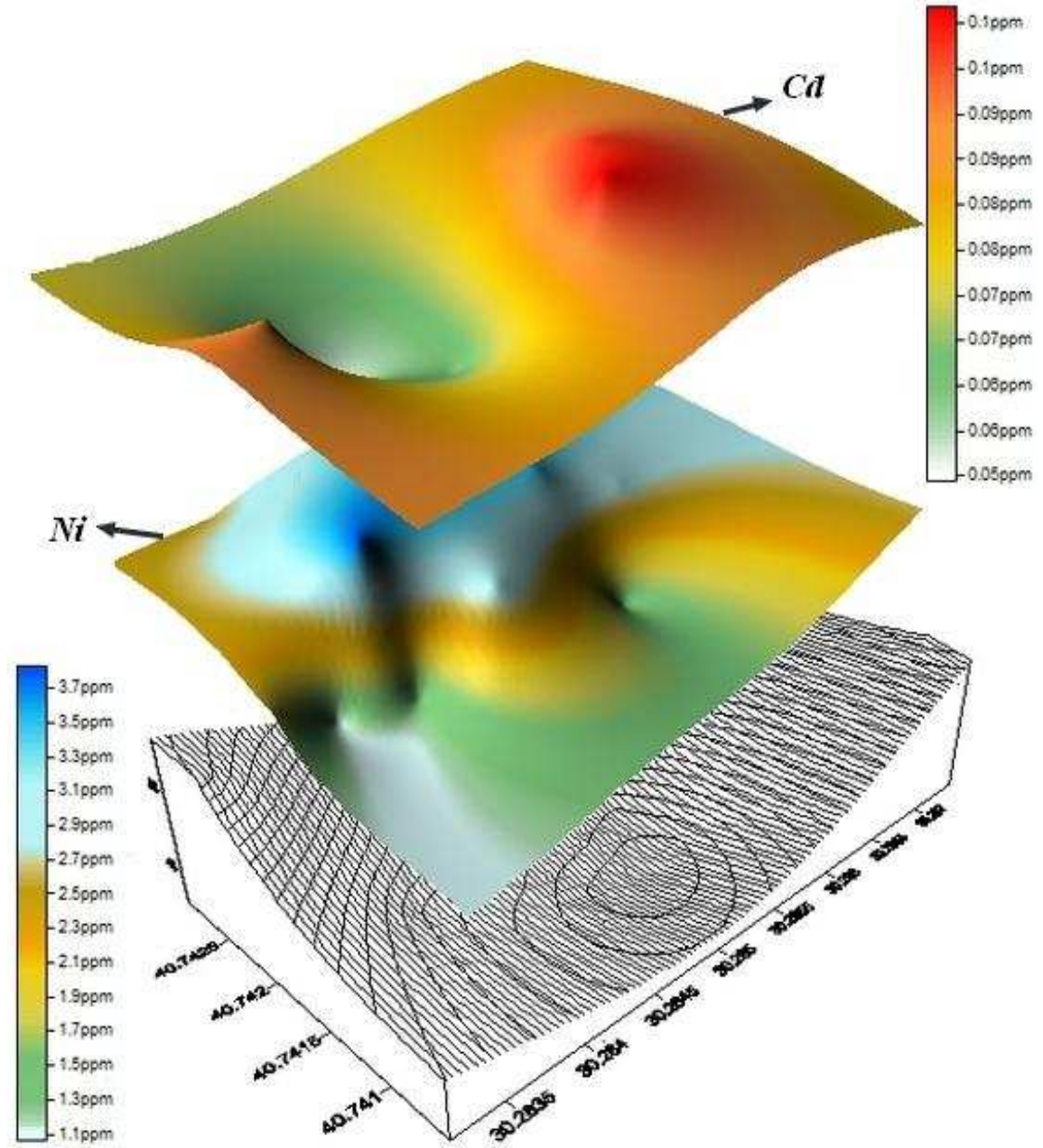
Şekil 4.11. Yıkılmış numuneler üzerindeki Ni birikiminin dağılımı



Şekil 4.12. Yıkılmış numuneler üzerindeki Ni birikiminin topografyaya göre değişimi

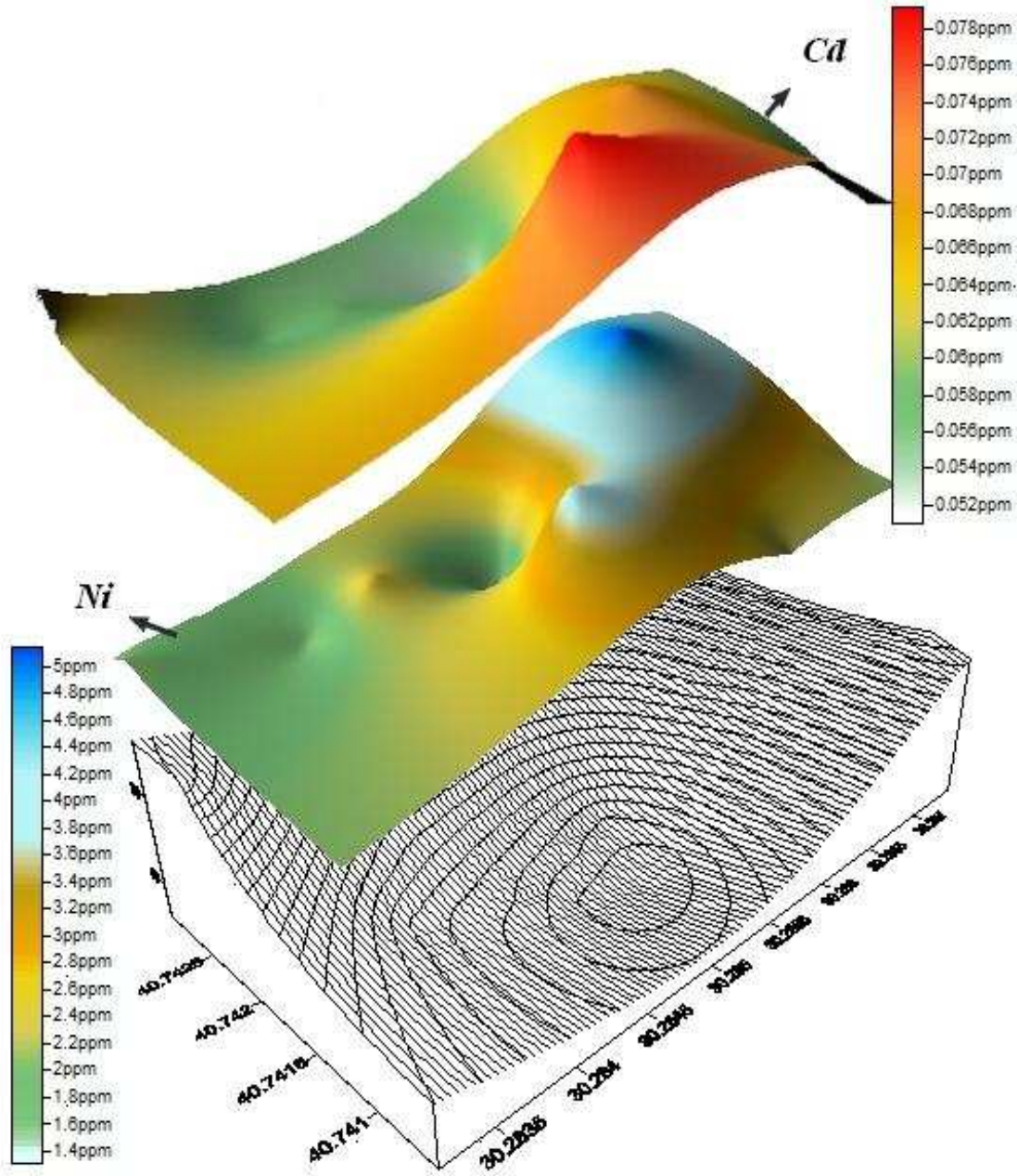
Yaprak numuneleri ceviz ve ayva olmak üzere iki farklı türden toplanmıştır. Ayva yaprakları üzerinde Cd ve Ni birikimi Şekil 4.13' te gösterilmektedir. Ayva yaprakları üzerindeki kadmiyum birikimi diğer sonuçlarla benzerlik göstererek

eğimli bölgelerde yüksek birikim değerleri gösterirken nikel birikimi yola olan mesafe arttıkça artma eğilimindedir.



Şekil 4.13. Cd ve Ni birikiminin ayva yaprakları üzerindeki birikimi

Ceviz yaprakları üzerinde Cd ve Ni birikimi Şekil 4.14' te gösterilmektedir. Kadmiyum birikimi diğer haritalar ile benzer dağılım gösterirken nikel değerleri ayva yapraklarında olduğu gibi yola olan mesafenin arttığı bölgelerde ve eğimli bölgelerde yüksek birikim değerleri göstermektedir.



Şekil 4.14. Cd ve Ni birikiminin ceviz yaprakları üzerindeki birikimi

Seçilen çalışma alanında, anayol üzerinde seçilen bir bölgede hareket halindeki motorlu karayolu taşıtları kategorize edilerek sayılmış ve böylece karayolundaki trafik yoğunluğunun saatlik değişimleri incelenerek ağır vasıta sayısının 3786 adet olduğu ve toplam araç sayısı içinde ağır vasıta oranının % 19 olduğu tespit edilmiştir. Bölgenin karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyon envanteri çıkarılmıştır ve EMEP/EEA emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmış ve sonucunda günde 182 ton Cd, 1277 ton Ni birikimi meydana geldiği tespit edilmiştir.

Karayoluna en yakın ve eğimli bölgelerde kadmiyum birikiminin en üst seviyede olduğu, nikel birikiminin ise kadmiyuma göre düzensiz bir dağılım gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Geçmişteki çalışmalar da incelendiğinde trafik emisyonlarının içerisinde Ni ve Cd birikiminin bitkiler üzerine önemli derecede etkili olduğu görülmektedir. Çalışma alanından seçilen numuneler üzerinde Cd birikiminin karayolundan uzaklaştıkça azaldığı haritalardan görülmektedir. Fakat Ni dağılımı arazi topografyasına göre düzensiz bir dağılım göstermekle beraber, hakkında kesin bir yorum yapılamamaktadır.



## **BÖLÜM 5. TARTIŞMALAR**

Bugüne kadar, bitki üzerinde biriken ve taşıyıcı emisyonlarından kaynaklanan kurşunun birikim miktarının belirlenmesi üzerine pek çok araştırma yapılmış fakat Cd ve Ni birikiminin birlikte incelendiği çalışmaların sayısının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma hem detaylı araç sayımları, bir emisyon envanterinin hazırlanması, hava kalitesinin izlenmesi ve Surfer programında Kriging metodu kullanılarak emisyon dağılımının haritalanması gibi farklı çalışmaları bünyesinde barındıran bir çalışma olması hem de bundan sonra benzer çalışmalara yön verecek olması nedeniyle güncel ve önemli bir araştırmadır.

Yapılan diğer çalışmalarda; kirlenmemiş doğal alanlardaki kadmiyum konsantrasyonları 0,01 - 0,03 ppm olarak belirtilmişken bu çalışmada elde edilen veriler belirtilen konsantrasyon değerlerinin üzerindedir. Denizli'de sanayi bölgesi yakınındaki alanda bulunan bitkilerde ölçülen ortalama kadmiyum konsantrasyonu değerleri 77,2 - 136,3 ppm olarak belirlenen çalışma ile karşılaştırıldığında bu çalışmada ölçülen kadmiyum konsantrasyon değerleri belirtilen değerlerin altında kalmaktadır. Bu çalışmada elde edilen 0,04 - 0,1 ppm arasındaki değerlere ulaşılmasındaki büyük pay taşıyıcı emisyonlarıdır; zira çalışma alanında sanayi tesisi olmadığı gibi şehir merkezi yakınında veya yerleşime açık bir alanda da değildir.

Ağır metallerle ilgili çalışmalarda bitki numunelerinin alındığı arazilerin topografik özellikleri bitkilerdeki ağır metal miktarını etkilemektedir. Bu yüzden arazilerin düz ya da eğimli olması önemlidir. Yapılan diğer çalışmalarda, eğimli arazilerden alınan bitki örneklerinde ağır metal miktarları daha yüksek değerler gösterirken, çalışma alanı düz ve yol seviyesinin altında olduğunda da düşük birikim değerleri gözlenmektedir. Çalışmamızın sonuçlarına göre, genelde dağınık bir dağılım gösteren nikel, eğimli bölgelerdeki birikimi en üst seviyelerde olurken, topografya eğimi azaldıkça birikim miktarı da azalmaktadır. Kırklareli- Ankara karayolu

üzerinde iğde ağaçlarının yapraklarında ağır metal birikiminin incelendiği çalışmada; yol üzerinde hava sirkülasyonunun azaldığı, yolun daraldığı, rampaların arttığı bölgelerden alınan yapraklardaki ağır metal kirliliğinin; yolun düz ve geniş, sirkülasyonun fazla olduğu bölgelerdeki yapraklara göre daha fazla olduğu görülmüştür. Çalışmamızda ulaşılan sonuçlar literatür bilgilerini desteklemektedir.

Caselles (1998) tarafından yapılan çalışmada ise; karayolundan toplanan Citrus limonia örneklerinin yapraklarında ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Sonuçta örnekleme yapılan bütün istasyonlarda Pb kirliliğinin araç yoğunluğuna göre değiştiği, Cu, Zn ve Mn miktarlarının ise pek değişmediği gözlenmiştir. Bu çalışmada ayrıca, yıkanan ve yıkanmayan örneklerde de bu metallerin birikim değerlerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiş. Çalışmamızın deney sonuçlarından elde edilen yıkanmış ve yıkanmamış numune verilerinde meydana gelen birikim değerleri arasındaki farklılık literatür bilgilerini desteklemektedir ve çoğunlukla karşılaştırılabilir bir durumdur.

Bu çalışma sonucunda egzoz emisyonlarından kaynaklanan Ni ve Cd elementlerinin bitkiler üzerinde birikim durumlarının yola mesafeleri dikkate alınarak belirlenmiş fakat farklı mevsimlerde numune alınmadığı için dönemsel farklılıklar ortaya konamamıştır. Ayrıca iki tür üzerinde yapılan bu çalışma ile bitki tür ve organları arasında ki farklılık numune sayısının az olmasından dolayı kesin olarak belirlenememiştir. Bu öneriler ile yapılacak bilimsel ve uygulamaya yönelik çalışmalar bu çalışma sonuçlarını bir adım daha ileri götürecektir.

Bu çalışmada kullanılan Surfer Programı, Kringing metodunu kullanmakla beraber kullanıcının herhangi bir müdahalesi mümkün olmamaktadır. Dolayısı ile bir modelleme kullanılmadığı için rüzgar hızı, rüzgar yönü ve nem gibi atmosferik şartlar göz önüne alınmamıştır. Bu çalışma, bundan sonra daha geniş alanda ve daha fazla numune sayısı ile yapılırsa ve atmosferik şartlar göz önüne alınarak bir modelleme yapılacak çalışmaya destek ve yol gösterici olacaktır. Ayrıca envanter hesaplarındaki parametrelerin birebir ölçümü yapılarak envanterin geliştirilmesi ve

dış atmosfer şartlarının dikkate alınması ile daha kapsamlı çalışmalar ortaya çıkacaktır.

## **BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Çalışmada, trafik akışı yoğun olan Sakarya-İzmit D-100 karayolunun çevresinde trafik kaynaklı hava kirliliğine maruz kalan bitkiler üzerinde Cd ve Ni birikiminin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma, çalışılan bölgede envanter hesapları sonucu oluşan emisyon miktarını belirlemek, ICP – MS cihazı ile yaprak numuneleri üzerinde birikim miktarının tespit edilmesi ve CBS yardımı ile harita üzerinde dağılımın gösterilmesi olmak üzere 3 aşamadan oluşmuştur.

Sanayileşmiş ülkelerde kurşun, nikel, kadmiyum gibi ağır metaller çok tehlikeli kirleticiler olarak kabul edilmektedir. Bu üç ağır metal kirleticinin en büyük kaynağı taşıt araçları ve bunların üretildiği sanayi tesisleridir. Sakarya İzmit arasında bir bağlantı yolu olma özelliğini taşıyan bölgede, bir gün süresince (24 saatte) karayolunu kullanarak Anadolu ve İstanbul arasında gidiş-geliş yapan araç sayısı yaklaşık 20.000'dir. Egzoz gazları ile dışarı atılan emisyonlar hızla yakın çevreye yayıldığı gibi, atmosferik hareketlerle uzak mesafelere de taşınmaktadır. Trafik yoğunluğu ile kirlenme doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu nedenle de çalışma yapılan alan üzerinde yer alan bitki örtüsünde trafik kökenli ağır metal kirliliği kaçınılmaz olmaktadır. Yaptığımız çalışmada kadmiyum ve nikel sonuçları da bunu doğrulamaktadır. Belirlenen 20 noktada en yoğun ağır metal kirliliği karayoluna en yakın olan noktalardan alınan numunelerde tespit edilmiştir.

Çalışma sonunda elde edilen bulgular Avrupa ülkelerinde ki çalışmalarla kıyaslandığında çalışılan alanda Cd ve Ni birikiminin olduğu, Cd birikiminin kaynağının taşıt emisyonları olduğu ve Ni birikiminin taşıt emisyonları haricinde dış etmenlerden de etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Adapazarı- Eşme arasındaki tarım arazilerinde yetiştirilen ayva ve ceviz ürünleri Sakarya ve çevre illerinde satışa sunulmaktadır. Bu nedenle yol kenarlarında

yetiştirilen ve taşıt emisyonlarına maruz kalarak insan sağlığını olumsuz etkileyen bitkilerdeki ağır metal birikimine dikkat edilmesi gerekmektedir.

Her geçen yıl gerek gelir düzeylerine gerekse ihtiyaçlara ve yaşam koşullarına bağlı olarak araç sayısının arttığı dikkate alınırca, trafikten kaynaklanan kirliliğin de arttığı dolayısı ile bitkilerdeki ağır metal birikiminin arttığı söylenebilir. Bu birikimin azaltılabilmesi için; yakıt ekonomisi sağlayan araçların kullanılması, katalitik konvertör sistemi bulunan araçların kullanılması, toplu taşımanın geliştirilmesi ve halkın bilinçlendirilmesi gibi önleyici tedbirlerin alınması gerekmektedir. Ayrıca insan sağlığını tehdit eden ağır metallerin bitkiler üzerindeki birikiminin azaltılabilmesi için tarım arazileri ile karayolu arasında mesafenin arttırılmasına dikkat edilmelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] İÇİNGÜR, Y., Alternatif enerji kaynakları ders notları, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2003.
- [2] ÖZTÜRK, M.A., SEÇMEN Ö., Bitki ekolojisi, Ege Üniversitesi Basım evi, 206-218, 1996.
- [3] ANGELOV, G.B., Heavy metal pollution in the Boatin reserve (Bulgaria) Turkish Journal of Botany 32, 155-160, 2008.
- [4] TOMAŠEVIC, M., VUKMORIĆ, Z., RAJŠIĆ, S., TASIĆ, M., STEVANOVIĆ, B., Contribution to biomonitoring of some trace metals by deciduous tree leaves in urban areas, Environmental Monitoring and Assessment 137, 393-401, 2008.
- [5] ATIMTAY, A., Ankara'da önemli kavşaklardaki hidrokarbon kirliliğinin incelenmesi, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 1-4 Ekim 2003, Ankara, 2003.
- [6] YILMAZ, R., SAKCALI, S., YARCI, C., AKSOY, A., ÖZTÜRK, M., Use of aesculus hippocastanum L. as a biomonitor of heavy metal pollution, Pakistan Journal Botany 38, 1519-1527, 2006.
- [7] ÖKTÜREN, F., SÖNMEZ, S., Ağır metal toksitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Antalya, 2001.

- [8] YÜNSEL, T., Maden yataklarının jeostatistiksel yöntemlerle analizi ve modellenmesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2007.
- [9] PHIPPS, D.A., Chemistry and biochemistry of trace metals in biological system, İn Effect Of Heavy Metal Pollution On Planta, N.W. Lepp, Applied Science Publishers, Barking, 1981.
- [10] DAVIS, B.E., Applid soil tace elements, John Wiley and Sons, Newyork, 1980.
- [11] ZENGİN, K.F., MUNZUROĞLU, Ö., Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.Strike) klorofil ve karotenoid miktarı üzerine bazı ağır metallerin ( $Ni^{+2}$ ,  $Co^{+2}$ ,  $Cr^{+3}$ ,  $Zn^{+2}$ ) etkileri. F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17(1); 164-172, 2005.
- [12] AKSOY, A., DUMAN, F., DEMİREZEN, D., Atmosferdeki ağır metallerin tutulmasında bitki tüylerinin rolü ve ağır metal dağılımında rüzgarın etkisi, Erciyes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kayseri, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi, 16 (1-2):31 – 37, 2000.
- [13] ERGENEMAN, M.. KUTLAR, O.A.. ARSLAN, H.. MUTLU, M., Taşıt egzozundan kaynaklanan kirleticiler, Birsen Yayınevi, 1998.
- [14] EPA (Environmental Protection Agency) İndoor air quality implementation plan, Washington, D.C., 1987.
- [15] SHARMA, P., DUBEY, R.S., Lead toxicity in plants, Brazilian Journal Plant Physiology 17, 35-52, 2005.
- [16] KAHVECİOĞLU, Ö., KARTAL, G., GÜVEN, A., TİMUR, S., Metallerin çevresel etkileri-I, Metalurji Dergisi, Sayı:136, 2006.

- [17] BENAVIDES, M.P., GALLEGO, S.M., TOMARO, M.L., Cadmium toxicity in plants, *Brazilian Journal of Plant Physiology* 17, 21-34, 2005.
- [18] HAKTANIR, K., Çevre Kirliliği, A.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notu, Teksir No:140, 1987.
- [19] YAĞMUR, B., HAKERLER, H., VE KILINÇ, R., Gübreler ve insan sağlığı, Çiftçi, 2003.
- [20] ÖZBEK H., KAYA Z., GÖK M. VE KAPTAN H., Toprak bilimi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No:16, 1995.
- [21] STERNBECK, J., SJÖDIN, A., ANDREASSON, K., Metal emissions from road traffic and the influence of resuspension results from two tunnel studie, *Atmosphere Environment*, 36, 2002.
- [22] AL-KHASHMAN, O.A., Heavy metal distribution in dust, street dust and soils from the work place in Karak Industrial Estate, Jordan, *Atmospheric Environment*, 38, 2004.
- [23] AKÇAY, O., Trafik ve çevre kirliliği, *Polis ve Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, 2005.
- [24] TURAL, B., Uşak ve Manisa illeri hava kirletici emisyon envanterleri, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Lisans tezi, 2000.
- [25] ROUT, G.R., DAS, P., Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I.Zinc, *Agronomie* 23, 3-11, 2003.
- [26] VAN ASSCHE, F.V., CLIJSTERS, H., Effects of metals on enzyme activity in plants, *Plant Cell Environ* 13, 95-206, 1990.



- [27] BERGER, B., DALLINGER, R., Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution. *environmental monitoring and assessment*, Volume 25 (1): 65-84, 1993.
- [28] BELOZEROVA, E., Methodical aspects of potential health risk assessment related to accumulated waste, *International Symposium on Children's Health and Environment*, İstanbul, 2002.
- [29] SMITH, H., Lead contamination of roadside pinus strobus L, *forest science*, Volume 17 (2), 195-198 (4), 1971.
- [30] WARD, N.I., BROOKS, R.R., ROBERTS, E., BOSWELL, C.R., Heavy metal pollution from automotive emissions and its effect on roadside soils and pasture species in New Zealand, *Environ. Science Technology*, 11 (9): 917-920. 1977.
- [31] BELAL, M., SALEH, M., Uptake of lead near roads in Egypt, *Atmospheric Environment*, Volume 12 (6-7): 1561-1562, 1978.
- [32] RODRIGUEZ-FLORES, M., RODRIGUEZ-CASTELLON, E., Lead and cadmium levels in soil and plants near highways and their correlation with traffic density, *Environmental Pollution Series B, Chemical and Physical*, Vol. 4 (4): 281-290, 1982.
- [33] KRISHNAYYA, N.S.R., BEDI, S. J., Effect of automobile lead pollution on cassia tora l. and cassia occidentalis L. *environmentalis pollution series A, Ecological and Biological*, Volume 40 (3): 221-226, 1986.
- [34] TÜRKAN, İ., İzmir il merkezi ve çevre yolları kenarında yetişen bitkilerde Kurşun (Pb), Çinko (Zn) ve Kadmiyum (Cd) kirlenmesinin araştırılması, *Doğa Türk Biyoloji Dergisi*, Cilt 10 (1): 116-120. 1986.

- [35] YASSOGLOU, N., KOSMAS, C., ASIMAKOPOULOS, J., KALLIANOU, C., Heavy metal contamination of roadside in the greater Athens Area, *Environmental Pollution*, Volume 47 (4): 293-304, 1987.
- [36] TAM, N.F.Y., LIU, W.K., WONG, M.H., WONG, Y.S., Heavy metal pollution in roadside urban parks and gardens in Hong Kong, *The Science of The Total Environment*, Volume 59: 325-328, 1987.
- [37] HO, Y.B., TAI, K.M., Elevated levels of lead and other metals in roadside soil and grass and their use to monitor aerial metal depositions in Hong Kong, *Environmental Pollution*, Volume 49 (1): 37-51, 1988.
- [38] BEREKET, G., YÜCEL, E., Monitoring of heavy metal pollution of traffic origin in Eskişehir, *Turkish Journal of Chemistry*, Volume 14 (4): 266-271, 1990.
- [39] BİNGÖL, M.Ü., Ankara cadde ağaçlarından aesculus hippocastanum l.'da kurşun (Pb) birikimi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara, 1992.
- [40] LEBEL, L.A., RAMANUSAM, M.P., AMBALANATHAN, B., Efficiency of some roadside plants as dust filters, *Geobios.*, Volume 19 (4): 143-146, 1992.
- [41] JAHAN, S., IQBAL, M.Z., Morphological and anatomical studies of leaves of different plants affected by motor vehicles exhaust, *Environmental Sciences, Journal of Islamic Academy of Sciences*, Volume 5 (1): 21-23, 1992.
- [42] KARADEMİR, M., Ankara'nın bazı kavşaklarında yetişen çim bitkilerinde egzoz gazlarından gelen ağır metal birikimi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara, 1992.

- [43] ONASANYA, L.O., KOLA, A., ADEYEYE A., Lead content in roadside vegetation as indicators of atmospheric pollution, *Environment International*, Volume 19 (6): 615-618, 1993.
- [44] ŞANDA, M.A., Konya İli merkezi ve çevre yollarındaki bitkilerde ağır metal birikimi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Konya, 1993.
- [45] PORTILLO, M., URDANETA, N., URDANETA, H., Nerium oleander L. as a indicator of environmental contamination by lead in the northern part of Maracaibo, Zulia State, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, Volume 28 (1): 33-45, 1994.
- [46] HAKTANIR, K., ARCAK, S., ERPUL, G., TAN, A., Accumulation of the vehicle-generated heavy metals on the roadside soils, *Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences*, Volume 19 (6): 423-431, 1995.
- [47] LYTLE, C.M., SMITH, B.N., MCKINNON, C.Z., Manganese accumulation along utah roadways: A possible indication of motor vehicle exhaust pollution. *science of the total environment*, Volume 162 (2-3): 105-109, 1995.
- [48] SAWIDIS, T., MARNASIDIS, A., ZACHARIADIS, G., STRATIS, J., A Study of air pollution with heavy metals in thessaloniki city (Greece) using trees as biological indicators, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, Volume 28 (1): 118-124, 1995.
- [49] ÖNALAN, N., Ankara cadde ağaçlarından acer negundo L.'da ağır metal birikimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Eğitimi, Ankara, 1995.
- [50] TOPA, S., Ankara Cadde Ağaçlarından Platanus orientalis L.'de ağır metal birikimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Eğitimi, Ankara, 1995.

- [51] YÜCEL, E., Investigation on Pb, Cd and Zn pollution from traffic using asian populus (*Populus usbekistanica* kom. subsp. *usbekistanica* cv. "Aghanica") in Kütahya City (Turkey). *Turk. J. Botany*, Vol. 20 (2): 113-116, 1996.
- [52] HOL, P.J., GAWRON, A.J., HURST, J.M., YEAGER, A.R., VAN-GALEN, D.A., ISRENN, R., Investigation of Lead and cadmium levels in roadside rhododendron leaves in Bergen, Norway Utilizing Multivariate Analysis, *Microchemical Journal*, Volume 55 (2): 169-178, 1997.
- [53] AKSOY, A., ÖZTÜRK, M.A., *Nerium oleander* L. As a biomonitor of lead and other heavy metal pollution in mediterranean environments, *Science of The Total Environment*, Volume 205 (2-3): 145-150, 1997.
- [54] CHRONOPOULOS, J., HAIDOUTI, C., CHRONOPOULOU-SERELI, A., MASSAS, I., Variations in plant and soil lead and cadmium content in urban parks in Athens, Greece. *Science of The Total Environment*, Volume 196 (1): 91-98, 1997.
- [55] XIONG, Z.T., Bioaccumulation and physiological effects of excess lead in a roadside pioneer species *sonchus oleraceus* L. *Environmental Pollution*, Volume 97 (3): 275-279, 1997.
- [56] GARCIA, R., MILLÁN, E., Assessment of Cd, Pb and Zn contamination in roadside soils and grasses from Gipuzkoa (Spain), *Chemosphere*, Volume 37 (8): 1615-1625, 1998.
- [57] CASELLES, J., Levels of lead and other metals in citrus alongside a motor road, *Water, Air & Soil Pollution*, Volume 105 (3-4): 593-602, 1998.
- [58] PUCCINELLI, P., ANSELMINI, N., BRAGALONI, M., Peroxidases: Usable markers of air pollution in trees from urban environments, *Chemosphere*, Volume 36 (4-5): 889-894, 1998.

- [59] AKSOY, A., HALE, W.H., DIXON, J.M., *Capsella bursa-pastoris* L. Medic. as a biomonitor of heavy metals, *Science of Total Environmental*, Volume 226 (2-3): 177-186, 1999.
- [60] AKSOY, A., ŞAHİN, U., *Elaeagnus angustifolia* L. As a Biomonitor of Heavy Metal Pollution. *Turkish Journal of Botany*, Volume 23 (2): 83-87, 1999.
- [61] DIERKES, C., GEIGER, W. F., Pollution retention capabilities of roadside soils, *Water Science and Technology*, Volume 39 (2): 201-208, 1999.
- [62] JARADAD, Q.M., MOMAN, K.A., Contamination of roadside soil, plants and air with heavy metals in jordan, A Comparative Study. *Turkish Journal of Chemistry*, Volume 23 (2): 209-220, 1999.
- [63] PIGNATAA, M.L., GUDINO, G.L., CANAS M.S., ORELLANA, L., Relationship between foliar chemical parameters measured in *Melia azedarach* L. and environmental conditions in urban areas, *The Science of The Total Environment*, Volume 243-244: 85-96, 1999.
- [64] AKSOY, A., ŞAHİN, U., DUMAN, F., *Robinia pseudo-acacia* L. As a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri, *Turkish Journal of Botany*, Volume 24: 279-284. 2000.
- [65] CASELLES, J., COLLIGA, C., ZORNOVA, P., Evaluation of trace element pollution from vehicle emissions in *petunia* plants, *Water, Air and Soil Pollution*, Volume 136 (1-4): 1-9, 2002.
- [66] ÇAVUSOĞLU, K., İğde (*Elaeagnus Angustifolia* L.) yapraklarında kurşun (Pb) yoğunluğunun araştırılması, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6-3: 191-196, 2002.

- [67] ONIANWA, P.C., AJAY, S.O., Heavy metals contents of roadside mosses in the northern and south-eastern regions of Nigeria, *Chemistry and Ecology*, Volume 18 (3-4): 187-194 (8), 2002.
- [68] LUILO, G.B., OTHMAN, O.C., Heavy metal levels of pasture grasses in metropolitan area, *Journal de Physique IV-Proceedings, EDP Sciences*, Volume 107: 801-805, 2003.
- [69] BAYÇU, G., CANER, H., GÖNENÇGİL, B., ERUZ, E., Roadside pollution of cadmium and lead in İstanbul city (Turkey) and their effects on picea abies (L.) Karst, *Biologia, Bratislava*, Volume 58 (1): 109-114, 2003.
- [70] ÇELİK, A., KARTAL, A.A., AKDOĞAN, A., KASKA, Y., Determining the heavy metal pollution in denizli by using Robinio pseudo-acacia L. *Environmental International*, 2004.
- [71] ÇAVUŞOĞLU, K., Cupressus Sempervirens L. ve Cedrus libani A. Rich. yapraklarında taşıtların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliğinin araştırılması, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (2), 37-56, 2005.
- [72] ÇAVUŞOĞLU, K., ÇAKIR, A., Pınus Nıgra (Arnold) Subsp. Nıgra Var. Caramanica (Loudon) Rehder türünün yapraklarında kurşun birikiminin araştırılması, *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi* 11.Cilt, 1. Sayı, s.42-46, 2007.
- [73] ÇAVUŞOĞLU K., BUDAK, A., ÇAKIR, Ş., Kırıkkale-Kırşehir karayolunda taşıtların sebep olduğu Kurşun(Pb) kirliliğinin araştırılması, *Fırat Üniversitesi, Müh. Bil. Dergisi* 20(2), 223-231, 2008.
- [74] KINALIOĞLU, K., ÇAVUŞOĞLU, K., YAPAR, K., TURKMEN, Z., YALÇIN, E., ŞENGÜL, B., ŞENGÜL, Ü., DUYAR,Ö., Taşıtların sebep olduğu kurşun (pb) kirliliğinin usnea longissima acharius kullanılarak araştırılması, *SDÜ Fen Dergisi*, 4(2), 129-135, 2009.

- [75] ÇAVUOŞOĞLU, K., KINALIOĞLU, K., YAPAR, K., TÜRKMEN, Z., YALÇIN, E., DUYAR, Ö., ÖZDOĞAN, S., Giresun–Ordu karayolunda taşıt trafiğinin sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliğinin araştırılması, SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 13.Cilt, 1.sayı, 55-60, 2009.
- [76] WITTIG, R., G"eneral aspects of bio-monitoring heavy metals by plants. In: Markert, B. (Ed.), Plants as bio-monitors. indicators for heavy metals in the terrestrial environment, VCH Press, Weinheim, pp. 3–27, 1993.
- [77] TÜNAY, O., ALP, K., Endüstride emisyon envanterlerinin uygulama esasları, II. Hava Kirlenmesi, Modellemesi ve Kontrolü Sempozyumu 1995, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak-İstanbul, 1995.
- [78] SERT, İ., Balıkesir İl Merkezinde motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyon envanterinin hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, 2008.
- [79] SEMERCİOĞLU, H., Şehir içi koşullarında hibrit otobüs seyir hali emisyonlarının ölçüm ve analizi, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [80] ÖZDALYAN, B., Motolu taşıtlar mekaniği ders notları, 2009.
- [81] COLLINS, S., SMALLBONE, K., BRİGGS, D., A GIS Approach to modelling small area variations in air pollution within a complex urban env., in Innovations in GIS, Fisher, P., 245-253, 1995.
- [82] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2009, Updated June 2010.
- [83] SENGUPTA, S., PATIL, R. S., VENKATACHALAM, P., Assessment of population exposure and risk zone due to air pollution using the geographical, 191-199, 1996.

- [84] DAYLAN, ESRA., İNCECİK, S., İstanbul'da coğrafi bilgi sistemleri ile hava kalitesinin incelenmesi, İTÜ dergisi Cilt:1, Sayı:2, 51-62 Aralık 2002.
- [85] LIU L. J. S., ROSSINI, A. J., Use of Kriging to Predict 12-Hour Mean Ozone Concentrations in metropolitan Toronto—a pilot study, Environment International, 22, 6, 677–692, 1996.
- [86] Golden Software, Surfer 7, User's Guide: Contouring and 3D surface mapping for scientist and engineers, Colorado, USA. 2002.
- [87] UĞUZ, U., Karabük Demir Çelik İşletmeleri'nin çevrede oluşturduğu ağır metal birikiminin biyomonitör olan karayosunları üzerinde araştırılması, Bilim Uzmanlığı Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.



## ÖZGEÇMİŞ

Merve ÇOLAK, 1987 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2005 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2006 yılında Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde Çift Anadal Programına kabul edildi ve 2010 yılında mezun oldu. 2009 yılında Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun olduktan sonra aynı yıl yine bu bölümde Yüksek Lisans Eğitimine başladı.