



SİNOP-SAMSUN KARAYOLUNDA ASFALT TOZLARINDAKİ

BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

MÜCELLA GÜLLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİSİPLİNLERARASI ÇEVRE SAĞLIĞI

ANABİLİM DALI

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SİNOP-SAMSUN KARAYOLUNDA ASFALT TOZLARINDAKİ
BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

MÜCELLA GÜLLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
DİSİPLİNLERARASI ÇEVRE SAĞLIĞI ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Muhitdin YILMAZ

SİNOP – 2019

TEZ KABUL

Mücella GÜLLÜ tarafından hazırlanan “Sinop-Samsun Karayolunda Asfalt Tozlarındaki Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma, 26.06.2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan Prof. Dr. Muhitdin YILMAZ
Sinop Üniversitesi / Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu

İmza


Üye Prof. Dr. Mehmet Ali KIRPIK
Kafkas Üniversitesi / Fen- Edebiyat Fakültesi

İmza


Üye Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul Osman BURSALIOĞLU
Sinop Üniversitesi / Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu

İmza


ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mücella GÜLLÜ

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KAVRAMLAR	2
2.1. Ağır Metalin Tanımı	2
2.2. Toksik Etkileri Yoğun Olan Bazı Ağır Metaller	3
2.2.1. Kurşun (Pb)	3
2.2.2. Kadmiyum (Cd)	4
2.2.3. Nikel (Ni)	5
2.2.4. Krom (Cr)	6
2.2.5. Bakır (Cu)	7
2.2.6. İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS/MS)	7
Cihazı ve Çalışma Prensibi	
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Çalışma Alanı ve Önemi	11
3.2. Numunelerin Hazırlanması	13

3.3. Metallerin ICP-MS/MS' le Analizi	15
3.4. İstatistiksel Analiz	15
4. BULGULAR	16
4.1. Kurşun (Pb) Analiz Sonuçları	18
4.2. Kadmiyum (Cd) Analiz Sonuçları	18
4.3. Nikel (Ni) Analiz Sonuçları	19
4.4. Krom (Cr) Analiz Sonuçları	20
4.5. Bakır (Cu) Analiz Sonuçları	21
4.6. Cadde Toz Örneklerinde Metaller Arasındaki Korelasyon Katsayıları	22
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	23
6. KAYNAKLAR	27
7. ÖZGEÇMİŞ	31

SEMBOLLER ve KISALTMALAR LİSTESİ

Cd : Kadmiyum

Cr : Krom

Cu : Bakır

Ni : Nikel

Pb : Kurşun

cm³ : Santimetreküp

g : Gram

kg : Kilogram

km : Kilometre

mg : Miligram

mm : Milimetre

ppm : Milyonda bir

µg : Mikrogram

°C : Santigrat Derece

ICP-MS/MS : İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi

SÜBİTAM : Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve
Araştırma Merkezi

ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER LİSTESİ

Şekil 1: ICP-MS/MS cihazının kullanım alanları	9
Şekil 2 : ICP-MS/MS cihazı	10
Şekil 3 : Çalışma alanını gösterir harita	13
Tablo 1:Türkiye’de 2010-2019 yılları arasındaki trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıt sayıları	12
Tablo 2: Numune alınan istasyonların koordinatları	14
Tablo 3: Ağır metal konsantrasyonları ve ortalama değerleri	16
Tablo 4: Toprakta bulunabilecek ağır metal konsantrasyonları	17
Tablo 5: Bazı Avrupa Ülkelerindeki ağır metal limitleri	17
Tablo 6: Sinop-Samsun karayolu cadde toz örneklerinde metaller arasındaki korelasyon katsayıları	22
Grafik 1: Numune noktaları Pb Konsantrasyonları	18
Grafik 2: Numune noktaları Cd Konsantrasyonları	19
Grafik 3: Numune noktaları Ni Konsantrasyonları	20
Grafik 4: Numune noktaları Cr Konsantrasyonları	21
Grafik 5: Numune noktaları Cu Konsantrasyonları	22

SİNOP-SAMSUN KARAYOLUNDA ASFALT TOZLARINDAKİ BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışmada, Sinop-Samsun karayolu üzerindeki 17 noktadan alınan toprak numunelerinin metal içerikleri (Pb, Cd, Ni, Cr, Cu) karşılaştırılarak bölgeler arasındaki kirlilik düzeyleri belirlenmiştir. 10'ar km'lik aralıklarla toplanan asfalt tozları laboratuvar ortamında kurutularak, İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS/MS) cihazı yardımıyla analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde ortalama Pb değeri 8,78 mg/kg kuru toprak, ortalama Cd değeri 0,12 mg/kg kuru toprak, ortalama Ni değeri 17,18 mg/kg kuru toprak, ortalama Cr değeri 28 mg/kg kuru toprak, ortalama Cu değeri ise 33,06 mg/kg kuru toprak olarak bulunmuştur. Ayrıca; ICP-MS/MS cihazından elde edilen veriler SPSS versiyon 22 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiş olup, korelasyon analiz sonuçları değerlendirildiğinde toplanan toz örnekleri arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen toprak numunelerine ait veriler Türkiye ve Dünyadaki toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; genel olarak toprakta ağır metal birikiminin kabul edilebilir sınır değeri aşmadığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Sinop, Ağır metal, Asfalt tozu, Toprak kirliliği.

INVESTIGATION OF SOME HEAVY METAL POLLUTION IN ASPHALT POWDERS IN SINOP-SAMSUN HIGHWAY

ABSTRACT

In this study, the metal contents (Pb, Cd, Ni, Cr, Cu) of soil samples taken from 17 points on Sinop-Samsun highway were compared and the pollution levels between the regions were determined. Asphalt dust collected in 10 km intervals was dried in laboratory and analyzed by Inductively Paired Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS / MS). In the analyzes, the average Pb value was found to be 8,78 mg / kg dry soil, mean Cd value was 0,12 mg / kg dry soil, mean Ni value 17,18 mg / kg dry soil, average Cr value 28 mg / kg dry soil, average Cu and 33,06 mg / kg dry soil. Also; The data obtained from the ICP-MS / MS device were statistically evaluated by using the SPSS version 22 package program and, while the correlation analysis results were evaluated, it was found that there was a positive and significant relationship between the collected powder samples.

The data of the soil samples obtained from the study results, Turkey and heavy metal levels compared with the permissible land in the world; usually, heavy metal accumulation in soil did not exceed the acceptable limit value.

Key Words: Sinop, Heavy metal, Asphalt Powder, Soil pollution.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde desteğini esirgemeyen, değerli bilgilerini benimle paylaşan, saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Muhitdin YILMAZ' a, çalışma süresince desteğini daima arkamda hissettiğim sevgili eşim Muhammet Güllü'ye ve varlığıyla bana güç veren canım oğlum Ömer Selim Güllü'ye sonsuz teşekkür ederim.

GİRİŞ

20. yüzyılın başlarından itibaren sanayileşmenin artması ve endüstriyel gelişmeyle beraber şehirlerin büyümesi ve hızla artan nüfusla birlikte çevre kirliliği önem kazanmaya başlamıştır. Modern çağda insanların yaşam koşullarını iyileştirmek istemesiyle başlayan tüketim talebinin artması, üretim artışını beraberinde getirmiştir. Tüketim ve üretimin bilinçsizce artması sonucunda yaşadığımız çevrede ki katı, sıvı ve gaz atık miktarında artış meydana gelmektedir.

Günümüzde gelişen teknoloji ve toplumu oluşturan bireylerin ihtiyaçlarının artmasına paralel olarak artan motorlu taşıt sayısı da çevre sorunlarının önemli bir kısmını beraberinde getirmektedir. Artan nüfus, şehirlerin hızla büyümesi gibi faktörlerle büyüyen kara taşımacılığıyla birlikte araç sayısındaki hızlı artış trafikten kaynaklanan kirlenmenin boyutlarını giderek daha da tehlikeli bir duruma getirmiştir. Otoyolda seyreden araçların egzozlarından çıkan gaz ve araçların metal parçalarının yıpranmasından dolayı ortaya çıkan ağır metal kirliliği, otoyol kenarındaki topraklarda kirlenmeye sebep olmaktadır (Manzak, 2006).

Özellikle büyük şehirlerde çevre kirliliğinin en büyük göstergelerinden birini cadde tozlarının miktar ve bileşimi oluşturmaktadır ve bileşimlerinde yer alan ağır metal oranları cadde tozlarının önemini artırmaktadır. Cadde tozları genel olarak araçların egzozlarından çıkan partikül, havada asılı bulunan maddelerin yere inmesi, topraktan kaynaklanan tozlar, ev tozları ve suyla birlikte taşınan partikül maddelerden oluşturmaktadır (Özcan ve ark., 2003).

Cadde tozlarının içeriğini oluşturan metallerin kaynakları çeşitlilik göstermektedir. Kirlilik kaynağının başında ise araç egzoz emisyonları gelmektedir (Özcan ve ark., 2003). Bir araştırmaya göre, trafikten kaynaklanan kirlenme elementlerinin başında kurşun ve kadmiyum gelmekle beraber kurşunun egzoz gazlarından, kadmiyumun ise yanan yağlar, araç lastikleri ve diğer araç aksamlarından kaynaklandığı bildirilmektedir (Manzak ve Çiftçi, 2006).

Asfalt tozlarının bileşiminde bulunan kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), nikel (Ni), krom (Cr), bakır (Cu) gibi elementler ciddi kirlenmelerden olup; hava, su ve toprak kirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, Sinop-Samsun karayolu kenarındaki asfalt tozlarında trafikten kaynaklanan ağır metallerin mesafeye bağlı değişebilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL KAVRAMLAR

2.1. Ağır Metal

Eski çağlardan bu yana insanlar ağır metalleri etkilerini bilmeden takı, silah, evde kullandığımız aletler gibi değişik amaçlar için kullanmışlardır. Endüstriyelleşme ile birlikte bünyesinde ağır metal barındıran kömürlerin yakılmasıyla sanayi bölgelerindeki ağır metal kirlilik düzeyi aşırı boyutlara ulaşmıştır. Tanım olarak bakıldığında, ağır metal; fiziksel özellik bakımından yoğunluğu 5 g/cm^3 ten daha büyük olan metallerdir. Bu sınıfa bakır, arsenik, kurşun, krom, kadmiyum, cıva, demir, çinko ve kobalt gibi 60 tan fazla metal dâhil edilebilir. Bu metaller doğal yapıları gereği yer kürede genellikle silikat, oksit, sülfür ve karbonat halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde hapis olarak bulunurlar (Kahvecioğlu ve ark., 2010).

Ağır metaller; düşük konsantrasyonlarda dahi toksik (zehirli) etki gösterebilen elementlerdir. Hava, su ve toprak yolu ile besinlere ve içme sularına bulaşan ağır metaller canlı vücuduna solunum, ağız veya deri yoluyla alınırlar. Vücutta yumuşak dokularda biriken metallerin birçoğu ekstra bir destek olmadan vücuttan atılmazlar. Canlıların vücudunda uzun yıllar birikip yoğunlaşan metaller, etkili dozlara ulaştıklarında, çeşitli hastalıklara (kısırlık, nörolojik, tiroit ve otizm gibi), organ hasarlarına, hatta ölümlere sebep olabilir (Özbolat ve Tuli, 2016).

Bu çalışmamızda, çevreyi kirleten ağır metallerden kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), nikel (Ni), krom (Cr), bakır (Cu) incelenmiştir.

2.2. Toksik Etkileri Yoğun Olan Bazı Ağır Metaller

2.2.1. Kurşun (Pb)

İnsan faaliyetleri sonucu doğaya en fazla zarar veren ilk metal kurşundur. Atmosfere metal veya bileşik olarak dağılan kurşun her durumda toksik özelliğini koruduğundan çevre kirliliğine sebep olan ağır metallerin başında gelmektedir. Kurşun' un esas kullanıldığı alan akü imalatı olup, aşınmayı önlediğinden dolayı yeraltına döşenen haberleşme kablolarının kurşunla izolasyonu bir diğer önemli kullanım alanıdır. 1920'li yılların başında kurşun tetraetil ve tetrametil formlarında oktan ayarlayıcı bileşikler olarak benzine katılmaya başlanmıştır. Kurşunun benzin içine katılması kurşun bileşenlerinin doğada hızla yayılmasına sebep olmuştur. (Kahvecioğlu ve ark., 2010). Benzin içinde ki kurşun maddeleri; benzinin motor içinde kendi kendine yanmasını önlerken öte yandan vuruntuyu da engellemektedir. Araçların motorlarından çıkan gazlarla dünya atmosferine karışan kurşun bileşenleri yağmurlarla yeniden yeryüzüne inerek çevremizi her geçen gün daha da fazla kirletmektedir. Egzoz gazı içindeki kurşun bileşenleri yol kenarından 200 metre ile 1 km genişliğindeki bir alanı kirletmektedir (Özen ve Onural, 2001). Ülkemizde Temmuz 1993'ten sonra ithal edilen ve üretilen bütün motorlu araçlar kurşunsuz benzin kullanabilir özellikleri taşır. Türkiye genelinde araçlarda kurşunsuz benzin, süper benzin ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) yakıt olarak tercih edilmektedir (Yıldırım ve Öztürk, 2008).

Kurşun metali; sindirim yoluyla, solunum yoluyla veya deriyle canlıların biyolojik sistemlerine giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir metaldir Kurşun insanlarda ve hayvanlarda akut zehirlenmelere neden olduğu gibi kronik hastalıkların gelişiminden de sorumludur. Akut kurşun zehirlenmelerine örnek; diş eti kanamaları, böbrek ve bağırsak rahatsızlıkları gösterilebilirken, kronik zehirlenmelere örnek ise kuvvetten düşme, felç, beyin ve göz hastalıklarının yanında sinir sistemi bozuklukları gösterilebilir. Çocuklarda ise kurşun zehirlenmesi bilinç kaybına, davranış bozukluklarına, öğrenme güçlüğüne neden olmaktadır (Özen ve Onural, 2001). Kurşun zehirlenmesinin çocuklarda en çok oynadığı oyuncaklardan kaynaklandığı görülmüştür. Bundan dolayı çocukların oynadığı oyuncakları seçerken onlara zarar vermeyecek nitelikte olmalarına özen göstermek gereklidir. Kurşun kansere ve hatta ölümlere neden olabilmektedir. Ayrıca kurşunun kromozomlar

üzerinde de etkisi olduğu belirtilmekte zekâ geriliği yaptığı bilim adamları tarafından iddia edilmektedir. Kurşunun zararlı etkilerini azaltmak amacıyla pek çok ülke benzin içerisindeki kurşun miktarını azaltma yoluna gitmişlerdir.

2.2.2. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum doğada ender rastlanan elementlerden bir tanesidir ve genellikle saf şekilde bulunmaz. Genel olarak kadmiyum sülfür (CdS) şeklinde ya da bütün çinko filizlerinde bulunduğundan çinko cevheri işlenirken yan ürün olarak ortaya çıkar. Kadmiyum ve bileşikleri yüksek derecede zehirli bir maddedir ve doğada yarılanma ömrünün çok uzun olması kadmiyumun ağır metal kirleticisi olarak önemini artırmaktadır (Daşdemir, 2015; Goyer 1991, Lyons ve ark., 1996).

Kadmiyum, çeliğin üretim aşamasında yüzeyleri pası karşı koruması için ve metalik parlaklığı elde etmede kullanılır. Özellikle korozyona karşı dayanıklılığı nedeniyle gemi sanayide çeliklerin kaplanması, endüstriyel pillerde, boya sanayinde, elektronik sanayinde kullanılır. Ayrıca, kadmiyum sülfattan tıpta hafif antiseptik olarak yararlanılır. Nükleer reaktörlerdeki kontrol çubuklarının yapımında da saf haliyle kullanılır (Kahvecioğlu ve ark., 2010). Avrupa Birliğine üye ülkeler; cep telefonları bataryası, oyuncak ve kameralarda kullanılan pillerde kadmiyum kullanımını yasaklamıştır. Bu yasak, endüstriyel pilleri, portatif pillerin bazılarını ve güç aletlerini kapsamamaktadır (Anonim, 2019).

Kadmiyum, birçok ürünün üretim aşamasında faydalı bir metal olsa da insanların sağlığı açısından zarar teşkil etmektedir. Canlılar tarafından gıdalar yoluyla alındığında vücutta kadmiyum konsantrasyonu artar. Kabuklu deniz ürünleri, mantar, patates, kakao tozu ve bazı sebzeler bünyesinde kadmiyum barındıran gıdalardandır. Sigara içen insanlar da çok yüksek miktarda kadmiyumu vücutlarına almış olur. Ayrıca kadmiyumu havayla serbest bırakan fabrikalara ve tehlike oluşturan atık bölgelerine yakın yerlerde yaşayan insanlarda kadmiyum zehirlenmesi görülebilir. İnsanlar kadmiyum içeren havayı soluduklarında, akciğerlere ciddi olarak zarar verebilir ve hatta ölüme bile neden olabilir (Anonim, 2019).

Kadmiyum atmosfere bazı endüstriyel ve ev atıklarının yakılmasıyla dağılır. Öte yandan motor yakıtlarının yanmasıyla kadmiyum ortaya çıkmaz, ancak kadmiyum

yağlama maddesindeki çinko esaslı katkı maddelerinde bulunur. Ayrıca trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarına yakın toprakların Cd oranı daha yüksektir. Bunun nedeni; kadmiyum aşınan araç lastiklerinden ve yanan motor yağından atmosfere karışır ve çevre topraklara bulaşır (Daşdemir, 2015; Tok, 1997).

2.2.3. Nikel (Ni)

Nikel gümüşümsü beyaz renklidir. Isıya, hava ve suya karşı dayanıklı ve oldukça sert bir metaldir. Nikel metali, paslanmaz çelik üretimi başta olmak üzere, korozyona dirençli alaşımların elde edilmesinde kullanılır. Paslanmaz yapıdaki çeliğin paslanmama özelliğinin yanında dövülebilirlik oranını da artırmaktadır. Paslanmaz çelik ulaşım sanayi için oldukça önemli bir metal olup; uçak, kamyon, lokomotif ve vagon gibi ulaşım araçlarının yapımında kullanılmaktadır. Nikel olmadan paslanmaz çelik üretimi yapılamamaktadır. Düşük ve yüksek ısıya karşı yüksek dayanıklılığı sebebiyle motor parçalarında da nikel kullanılmaktadır. Bu parçalara gaz türbinleri ve jet motorlarını örnek olarak gösterilebilir (Atilla, 2017).

Nikel metali; çevresel atıkların yakılması, madencilik, rafinasyon işlemleri ve yakıtların yanması sonucunda atmosfere karışmaktadır. Bununla beraber sigarada ve lağım çamuru karışmış toprakta da bir miktar nikel bulunmaktadır. Atmosfere yayılan nikel çeşitli yollarla yeryüzüne inerek gıdalara bulaşmaktadır (Kartal ve ark., 2010). Ayrıca; evlerde bulunan mutfak aletlerinin yapımında kullanılan nikel, çeşitli yollarla insan vücuduna girebiliyor. Örnek olarak; tencere, su ısıtıcıları, kahve makineleri gibi mutfak eşyalarında var olan nikel ısıyla birlikte açığa çıkıp gıdalara karışabiliyor. Nikel metali, canlı vücudunda yumuşak doku ve organlarda birikerek zehirlenmelere sebebiyet vermektedir (Anonim, 2019). Bazı takıların üretiminde kullanılan nikel deriyi tahriş ederek, egzama oluşumuna sebep olabiliyor. Kalp-damar sistemine çok zararlı olmasının yanında, kanserojen özelliği bulunmaktadır. Nikel madenciliği ve ergitme endüstrisinde mesleki maruziyet görülmektedir (Kartal ve ark., 2010). Rusya, İngiltere ve Japonya'daki rafinasyon işçileri üzerinde yapılan bir incelemede, akciğer ve mide kanserine yakalanma oranında artış tespit edilmiştir (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010; Vural, 1993). 7 ila 35 mg/kg arasında vücuda alınan nikel zehirleyici etki göstermekte ve ishal, bulantı, kusma karaciğer ve böbrek hasarı oluşumuna sebebiyet vermektedir (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010; Tunçok, 2008).

2.2.4. Krom (Cr)

Aşınmaya ve ısıya dayanıklı olan krom, çok sert olmasından dolayı sanayi ve endüstride çok sık tercih edilen bir elementtir. Sert bir element olmasının yanında kolayca kırılır. Havaya direncinin çok yüksek olmasından dolayı paslanmama özelliği vardır. Nemli ortamlara dayanıklıdır ve korozyonu engeller (Anonim, 2019).

Krom, çeşitli sanayi dallarında farklı şekillerde ve oranlarda kullanılmaktadır. Özellikle metalurji, paslanmaz çelik, kimya, ateşe dayanıklı çeşitli malzemeler ve döküm sanayisi başta olmak üzere otomotiv, mutfak ve banyo metalleri gibi çeşitli sektörlerde de kullanılır. Metalurji sanayisinde krom cevherinin en çok kullanım alanı paslanmaz çelik yapımında kullanılan ferrokrom üretimidir. Dünyada üretilen kromun yaklaşık yüzde 95'i ferrokrom üretimi için kullanılmaktadır. Ferrokrom, paslanmaz çelik, silah ve metal sanayisinin önemli bir maddesidir.

Ayrıca krom elementi, çeşitli silah ve mühimmat, mermi, top, denizaltı uçak, gemi yapımında, tren vagonları, otobüs, sokak aydınlatma sistemleri, uzay sanayisi ve ağır sanayi gibi birçok farklı sektörde alaşım halinde veya saf şekilde çeşitli işlemlere tabi tutularak kullanılmaktadır. Parlak görünümü sayesinde araçların tamponları, metal süsleri, motosikletlerin parlak motor kaplamaları, otomobillerin marka simgesi gibi dikkat çekici parçalarında, merdiven korkuluklarının yapımında, aydınlatma sistemlerinde de krom kullanılır. Ayrıca krom süper alaşımlarının ısıya dayanıklılığı sebebiyle makine ve motor parçalarında da kullanımını zorunlu kılmıştır. Örneğin, yarış arabalarının motorlarındaki silindirlerin astarları kromla kaplanır (Anonim, 2018).

Krom elementi dünya kanser araştırma enstitüsü (AICR) tarafından kanserojenler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Düşük dozlarda bile vücuda alındığında alerji ve ciltte kızarıklar gözlemlenirken, yüksek doza maruz kalındığında ise nefes düzensizliği, öksürük, astım gibi solunum sistemi problemlerine aşırı maruz kalma durumunda ise akciğer ve bağırsak kanseri gibi ölüme yol açan durumlar gözlemlenmektedir (Poyraz, 2016).

2.2.5. Bakır (Cu)

Bakır doğada çok sık rastlanan bir elementtir. Üstün fiziksel ve kimyasal özelliklerinin olması bakırın endüstride ve çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmasına neden olmuştur. Bakırın fiziksel ve kimyasal özellikleri sayesinde birçok sektörde kullanım alanı bulmaktadır. Enerji sektörü başta olmak üzere; elektrik, elektronik, ulaşım, inşaat, endüstriyel donanım, kimya, kuyumculuk, boya sanayi bakırın sıklıkla kullanıldığı bazı alanlardır (Yılmaz, 2015). İyi bir elektrik iletkeni olup, bu özelliği sayesinde; tellerde, kablolarda ve de elektronik cihazların devre kartı yollarında sıklıkla kullanılır. HDSL ve ADSL kablolarında kullanılması telekomünikasyon sektöründe de bakırın önemini artırmaktadır. Isı iletkenliği de oldukça iyidir ve bu yönüyle de ısıtıcı ve soğutucularda ısı transfer metali olarak kullanılır (Anonim, 2019). Bakırın alaşımları çok çeşitli olup endüstride, mücevherlerde ve madeni para yapımı olmak üzere farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Seven ve ark., 2018).

Bakır; taşılardan, metal ve boya endüstrilerinden atmosfere karışmaktadır (Seven ve ark., 2018). Bakır metalinin çevreye zehirli etki bırakması genellikle insan faaliyetleri ile meydana gelmektedir. Tarımda bakır içeren pestisitlerin yoğun kullanımı, kanalizasyon atıklarının gübre amaçlı kullanımı, bazı fosil yakıtların yanması sonucu ve bazı emisyonlar vasıtasıyla atmosfere yayılan bakır, kirlenmeye sebep olmaktadır (Daşdemir, 2015; Asri ve Sönmez, 2006).

2.2.6. İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometresi (ICP - MS / MS) Cihazı ve Çalışma Prensibi

Analitik bir cihaz olan ICP-MS İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma (ICP) ve Kütle spektrometresi (MS) olmak üzere iki üniteden oluşmaktadır.

Analizi yapılmak istenen numunedeki elementler ICP de iyonlaştırıldıktan sonra kütle spektroskopisine gönderilirler ve burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılarak ölçümleri yapılır. ICP-MS'teki plazma optik emisyon spektrometresinde kullanılan Argon (Ar) plazması ile aynıdır. Periyodik tablodaki birçok elementin birinci iyonlaşma

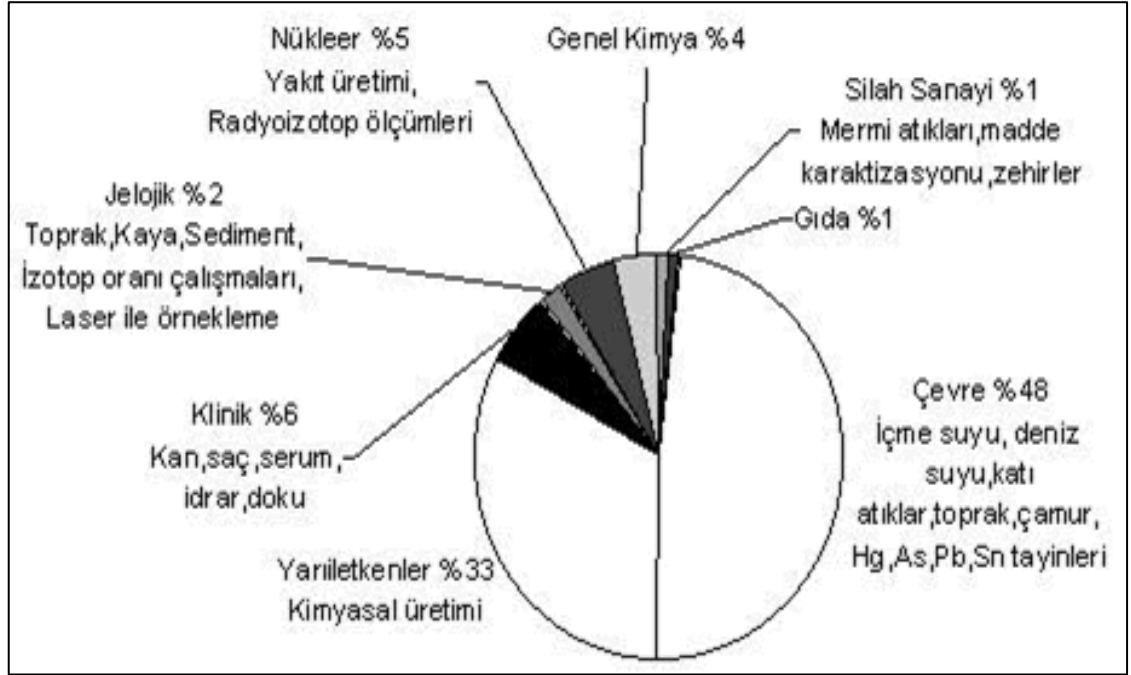
enerjileri Argonun iyonlaşma enerjisinden (15.76 eV) küçük olduğu için elementler plazma içerisinde pozitif iyonlara dönüşürler.

Bir ICP-MS cihazı temel olarak şu bölümlerden oluşmaktadır.

1. Örnek gönderici sistem,
2. ICP,
3. Aktarıcı koniler (interface cones),
4. İyon lens sistemi,
5. Kütle seçici (mass filter),
6. Dedektör (electron multiplier tube) ve
7. Vakum sistemi.

Su içerisinde bulunan çok geniş konsantrasyon aralığındaki elementleri doğru ve hassas bir biçimde ölçebilmesi ICP-MS' in çevre analizlerindeki en büyük başarısıdır. Gelişmiş ülkeler kullanılan içme suyu kalitesini belirli seviyenin üzerinde tutmak için yasalar yürürlüğe koymuşlardır. İçme suyunun kalitesini belirlemek için hassas ve doğru ölçümleri kısa bir zaman aralığında yapan ICP-MS cihazını kullanırlar. ICP-MS, çok kısa bir zaman diliminde geniş konsantrasyon aralığına sahip içeriği bilinmeyen ve zor denklemlerle numunelerin analizini yapabilecek şekilde tasarlanmıştır. ICP-MS çok farklı örnek tiplerinde kurallar içerisinde verilen konsantrasyon değerlerinde tek bir metotta analiz yapabilmektedir. ICP-MS direk olarak çözeltide iz element derişimlerinin belirlenmesinde uygundur. Birçok element için gözlenebilir sınır ng/L 'nin (ppb ve daha düşük derişimler) altındadır. Birden fazla elementi eş zamanlı analiz edebilir özelliği sayesinde nitel analizlerde ve izotop oranlarının belirlenmesinde olduğu gibi, başta metalik elementler olmak üzere periyodik tablodaki elementlerin büyük çoğunluğunun nicel ve yarı-nitel tayinlerinde de genel olarak kullanılmaktadır. Diğer yöntemlere nazaran ICP-MS cihazının çalışma aralığı epey kapsamlıdır. Birçok element için pg-mg/L arasında kalibrasyon grafikleri çizilebilmektedir ve bu farklı derişime sahip birçok elementin aynı anda analizini yapabilmektedir. ICP-MS, sıvı örneklerin yanı sıra katı örneklerin analizinde de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Laserle aşındırma-Laser Ablation-ICP-MS). Diğer yöntemlerle de eşleştirilebilen örnek gönderme sistemleri (hidrür oluşturma, elektrotermal ısıtma, lazerle parçalama, akışa

enjeksiyon sistemi, çeşitli sisleştirciler, vb.) aynı şekilde ICP-MS ile de kullanılabilir. ICP-MS'e likit kromatografisi (LC), iyon kromatografisi (IC) ve gaz kromatografisi (GC) gibi kromatografik sistemler de eklenerek elementlerin türleri oldukça hassas bir şekilde belirlenebilmektedir.



Şekil 1: ICP-MS/MS cihazının kullanım alanları (Anonim, 2019)



Şekil 2: ICP-MS/MS cihazı (Orijinal, Mayıs, 2018)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı ve Önemi

Sinop-Samsun illeri arası yaklaşık olarak 170 km. olup Orta ve Batı Karadeniz Bölgesinde yer almaktadır. Sinop - Samsun ili dâhilinde genel olarak ılık bir iklim hâkim sürer ve mevsimler arasında ısı farkı azdır. Ilık hava, bol yağış ve gür yeşillik Samsun ve Sinop ilinin tipik özelliğidir.

Türkiye genelinde 2019 Şubat ayı sonu itibariyle trafikte kayıtlı olan taşıtların içinde 1. sırada %54,25 ile otomobil yer alırken, otomobili % 16,43 ile kamyonet, %14,03 ile motosiklet , %3,69 ile kamyon izlemektedir. Türkiye genelinde 2010-2019 yılları arasında trafikte kayıtlı olan taşıt sayıları tablo 1’de verilmiştir. Tablodaki bilgilere göre toplam araçların %50’den fazlasını otomobiller oluşturmaktadır. 2019 Şubat ayı verileri baz alındığında otomobillerin %1,23’ ü, toplam taşıtların ise % 0,88’i Sinop-Samsun arasındaki karayolu üzerindeki güzergâhta bulunmaktadır.

Son yıllarda Sinop-Samsun arası karayolu yapım çalışmalarının tamamlanarak, Sinop ilinin turizm açısından da değer kazanmasıyla birlikte karayolu üzerindeki trafik yoğunluğunun her geçen gün artması trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin artmasına neden olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda, Sinop-Samsun illeri arasında uzanan yaklaşık 170 km’lik karayolu boyunca yolun sağ ve sol tarafından 10’ar km’lik aralıklarla toplamda 17 farklı istasyondan asfalt tozu numunesi alınmıştır. İstasyonları gösteren harita Şekil 1.’ de verilmiştir. Ayrıca, çalışılan güzergâh etrafında yoğun yerleşim alanları ile küçük ve orta ölçekli sanayi kuruluşları (otomobil tamirhaneleri ve balık işletme fabrikası) bulunmaktadır.

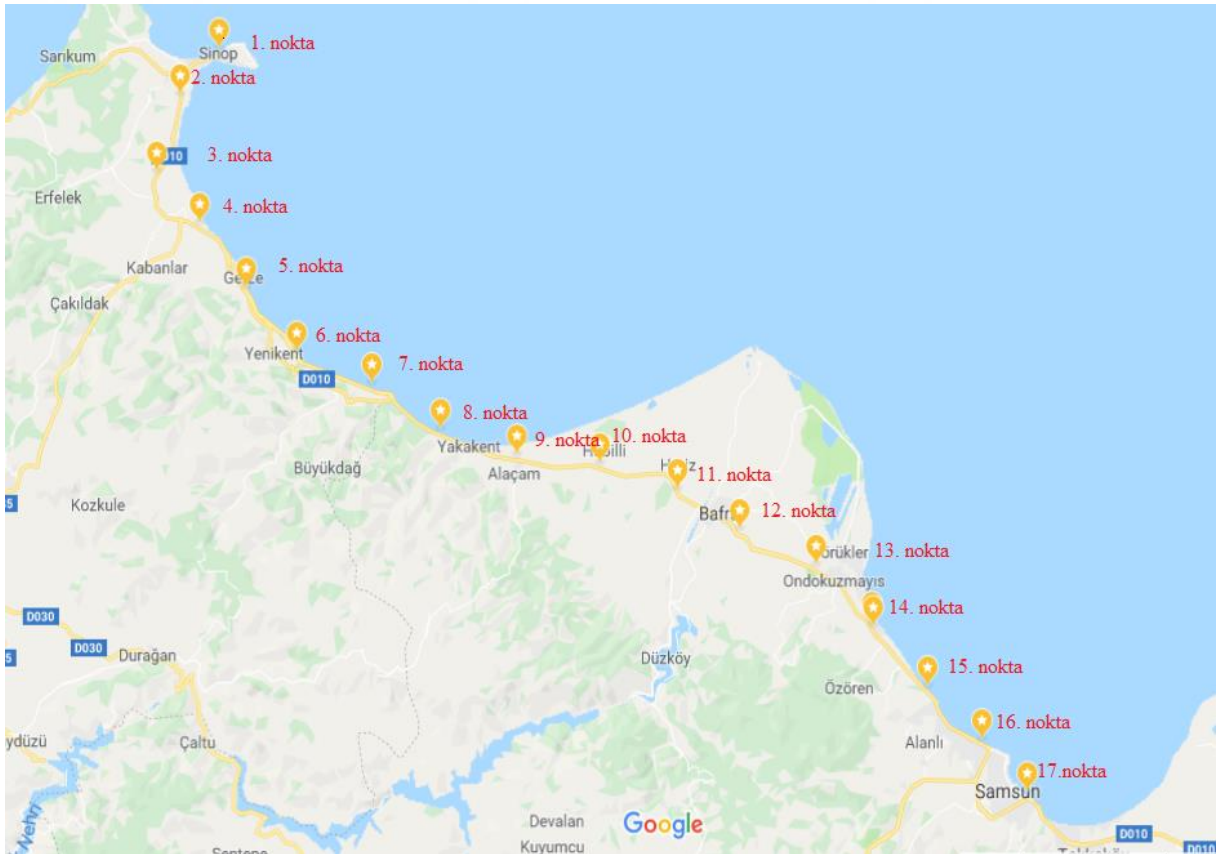
Tablo 1: Türkiye’de 2010-2019 yılları arasındaki trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıt sayıları (TÜİK, 2018)

Yıl	Toplam	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon	Motosiklet
2010	15 095 603	7 544 871	386 973	208 510	2 399 038	726 359	2 389 488
2011	16 089 528	8 113 111	389 435	219 906	2 611 104	728 458	2 527 190
2012	17 033 413	8 648 875	396 119	235 949	2 794 606	751 650	2 657 722
2013	17 939 447	9 283 923	421 848	219 885	2 933 050	755 950	2 722 826
2014	18 828 721	9 857 915	427 264	211 200	3 062 479	773 728	2 828 466
2015	19 994 472	10 589 337	449 213	217 056	3 255 299	804 319	2 938 364
2016	21 090 424	11 317 998	463 933	220 361	3 442 483	825 334	3 003 733
2017	22 218 945	12 035 978	478 618	221 885	3 642 625	838 718	3 102 800
2018	22 865 921	12 398 190	487 527	218 523	3 755 580	845 462	3 211 328
2019	22 922 164	12 437 250	488 244	218 489	3 766 235	846 097	3 215 184

2. Numunelerin Hazırlanması

Sinop-Samsun karayolu kenarından Sinop merkez başlangıç noktası kabul edilerek, 10'ar km'lik aralıklarla belirlenen istasyonların yol kenarlarından, 0-15 cm derinlikten alınan toprak numuneleri plastik torbalara konulmuştur. Numune noktalarını belirlerken trafiğin yoğun olduğu alanlar, kavşak noktaları, yol ayrımları gibi kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Bu istasyonların koordinatları Garmin marka GPS cihazı ile alınmıştır. Numune alınan istasyonların koordinatları Tablo 2.' de gösterilmiştir.

Toplanan numuneler laboratuvar ortamında 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.063 mm ve 0.045 mm gözenek boyutlu altı adet elekten geçirilip, 100 °C de 24 saat boyunca kurutularak analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3: Çalışma alanını gösterir harita

Tablo 2: Numune alınan istasyonların koordinatları

Numune Alma Noktaları	İstasyon adı	İstasyon Koordinatları		
		UTM ZON	X	Y
1	Meydankapı Mahallesi, Atatürk Merkez/Sinop	36 T	678070	4655003
2	Ordu Köyü/Sinop Merkez/Sinop	36 T	673371	4649837
3	Taşmanlı Köyü/Sinop Merkez	36 T	670783	4640998
4	Yaykıl Köyü/Gerze/Sinop	36 T	676313	4635300
5	Cumhuriyet Mahallesi Gerze/Sinop	36 T	682467	4628177
6	Gerze/ Sinop	36 T	688978	4621190
7	Kerim Köyü/Dikmen/Sinop	36 T	698402	4618018
8	Küplüağzı Mahallesi Yakakent/Sinop	36 T	707254	4613083
9	Fatih Mahallesi Alaçam/Samsun	36 T	716904	4610521
10	Yeniköy Mahallesi Alaçam/Samsun	36 T	727101	4609947
11	Çetinkaya Mahallesi Bafra/Samsun	36 T	736988	4607339
12	İshaklı Mahallesi Bafra/Samsun	36 T	744915	4603026
13	19 Mayıs Orman İşletme Şefliği Çamlıca Mahallesi Ondokuzmayıs/Samsun	37 T	253848	4598955
14	Dereköy Mahallesi Ondokuzmayıs/Samsun	37 T	260716	4591848
15	İncesu Yalı Mahallesi Atakum/Samsun	37 T	267218	4584772
16	Atatürk Blv. Esenevler Mahallesi Atakum/Samsun	37 T	273940	4578625
17	Karşıyaka Mahallesi Canik/Samsun	37 T	279375	4572354

3.3. Metallerin ICP-MS/MS'le Analizi

Toplanan numunelerden ilk olarak 0.5 g alınıp, ultra yüksek saflıkta 3 mL HNO₃ ve 9 mL HCl eklenerek yüksek basınçlı teflon kaplarda 200 °C sıcaklıkta yarım saat çözündürme işlemi uygulanmıştır. Ardından numuneler 50 mL'lik falcon tüplere aktarılmıştır. Elde edilen süzüntü ultra saf suyla 50 mL'ye tamamlanarak, İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS/MS) cihazı yardımıyla analiz edilmiştir.

3.4. İstatistiksel Analiz

ICP-MS/MS cihazından elde edilen veriler SPSS versiyon 22 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişkileri incelemek için Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Toplanan toz örnekleri arasında pozitif yönlü ve 0,01-0,05 arasında değişen önem düzeyi tespit edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışma alanından alınmış olan toprak numuneleri çözelti haline getirildikten sonra, Sinop Üniversitesi SÜBİTAM laboratuvarında bulunan İndüktif Olarak Birleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrofotometrisi ICP-MS/MS cihazı yardımıyla 5 eser elementin (Pb, Cd, Ni, Cr, Cu) konsantrasyonları analiz edildi. Elde edilen konsantrasyonlar mg/kg toprak (ppm) cinsinden hesaplanarak liste haline getirildi. Bulunan sonuçlar Tablo 2.'de sunulmuştur. Ayrıca Türkiye Orman Genel Müdürlüğü'nün toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerleri Tablo 3. ve bazı Avrupa ülkeleri ağır metal sınır değerleri Tablo 4.'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Ağır metal konsantrasyonları ve ortalama değerleri (mg/kg kuru toprak)

Numune Alma Noktası	Kurşun (Pb)	Kadmiyum (Cd)	Nikel (Ni)	Krom (Cr)	Bakır (Cu)
1. nokta	19,64	0,26	41,59	60,44	108,81
2. nokta	11,82	0,22	36,22	53,43	22,76
3. nokta	10,10	0,21	25,79	37,79	19,30
4. nokta	12,75	0,21	18,18	24,90	46,78
5. nokta	9,45	0,19	11,56	19,74	50,89
6. nokta	3,63	0,09	31,65	36,12	13,04
7. nokta	6,77	0,10	12,29	20,47	40,31
8. nokta	5,56	0,07	19,43	32,45	22,83
9. nokta	8,35	0,06	13,10	24,27	26,12
10. nokta	11,64	0,09	17,11	33,61	18,77
11. nokta	13,24	0,15	15,42	36,19	50,30
12. nokta	11,43	0,10	10,43	22,86	35,78
13. nokta	8,65	0,12	8,95	15,05	26,01
14. nokta	3,32	0,04	6,09	11,87	17,86
15. nokta	3,75	0,07	7,65	13,26	23,05
16. nokta	6,84	0,08	8,84	17,77	20,91
17. nokta	2,31	0,04	7,74	15,73	18,58

Tablo 4: Toprakta bulunabilecek ağır metal konsantrasyonları (mg/kg-kuru toprak)

Metaller	Bulunduğu Aralık	Kabul Edilebilir Değer	Maksimum Değer
Kurşun	0,1-20	100	100
Kadmiyum	0,1-1	3	3
Krom	10-50	100	100
Bakır	5-20	50	100
Nikel	10-50	50	50

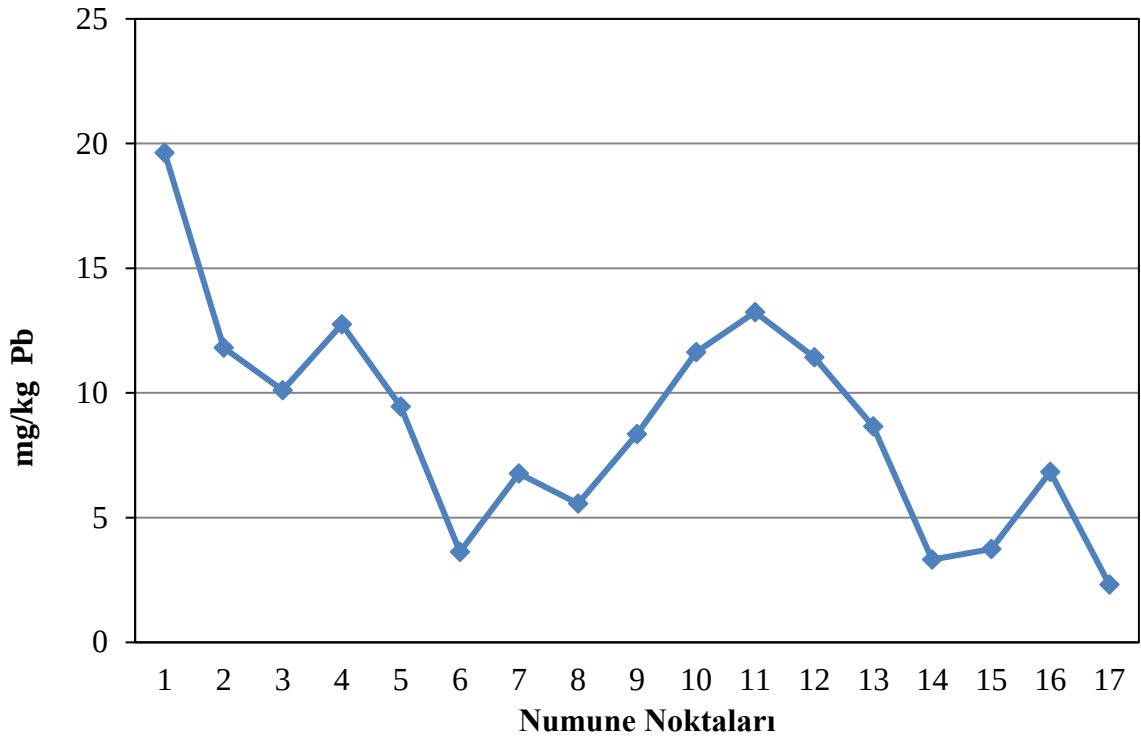
Tablo 5: Bazı Avrupa Ülkelerindeki ağır metal limitleri (mg/kg kuru toprak) (Özkan, 2017)

Ülke	Kalite standardı	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Avusturya	Biyoatık Yönetmeliği A Sınıfı	1	70	150	0,7	60	120	500
Belçika(FL)	Tarım Bakanlığı	1,5	70	90	1	20	120	300
Danimarka	Tarım Bakanlığı	0,4	-	1000	0,8	30	120	4000
Almanya	Biyoatık Yönetmeliği Tip II	1,5	100	100	1	20	150	400
İrlanda	Taslak	1,5	100	100	1	50	150	350
Lüksemburg	Çevre Bakanlığı	1,5	100	100	1	50	150	400
Hollanda	İkinci Sınıf Kompost	1	50	60	,03	20	100	200
İspanya	A Sınıfı	2	100	100	1	60	150	400
İsveç	Kalite Güvence Organizasyonu	1	100	100	1	50	100	300
İngiltere	TCA Kalite Etiketli	1,5	100	200	1	50	150	400

4.1. Kurşun (Pb) Analiz Sonuçları

Çalışma alanı yol tozları Pb bakımından değerlendirildiğinde 19,64-2,31 mg/kg kuru toprak değerleri arasında değişmektedir. Yapılan analiz sonucunda 17 noktanın ortalama Pb değeri 8,78 mg/kg kuru toprak olarak bulunmuştur. Pb konsantrasyonunun en fazla olduğu nokta 1. nokta iken en az olduğu nokta ise 17. noktadır. Kurşun metali için toprakta bulunma sınır değeri 100 mg/kg kuru toprak olduğu için numune noktalarında bu değeri aşan bir değer bulunmamaktadır.

Alınan toprak numunelerinin Kurşun (Pb) içeriklerinin istasyonlara göre değişimi Grafik 1’de gösterilmiştir.



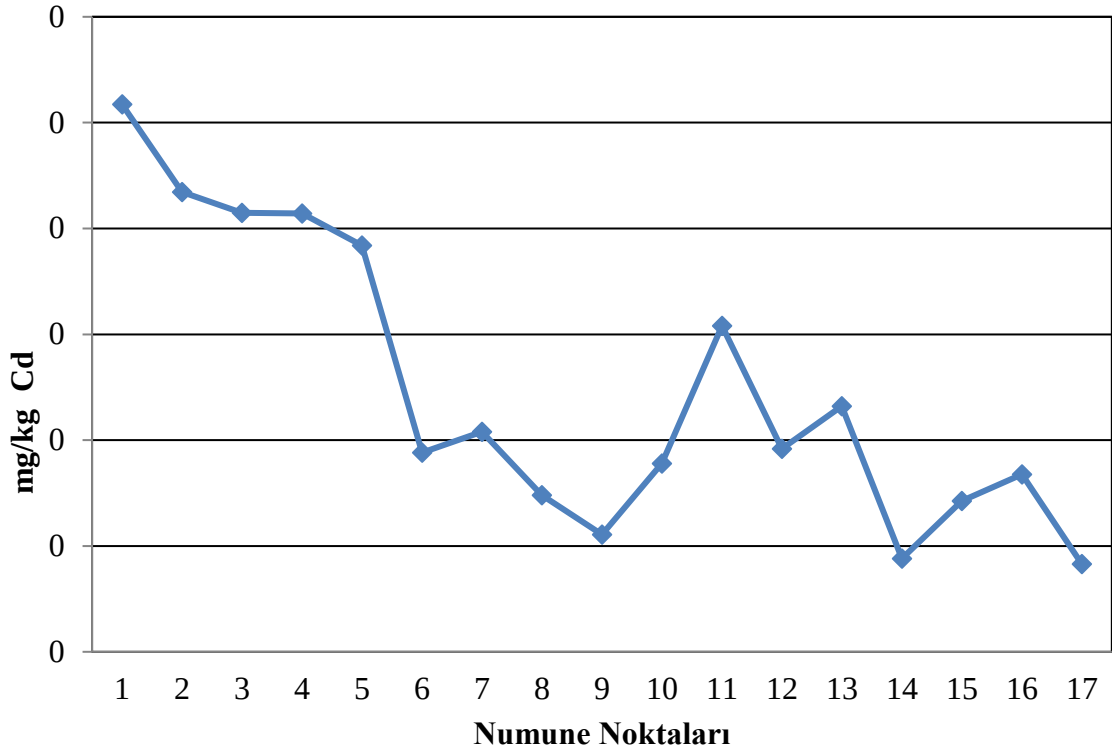
Grafik 1: Numune Noktaları Pb Konsantrasyonları

4.2. Kadmiyum (Cd) Analiz Sonuçları

Çalışma alanı yol tozları Cd bakımından değerlendirildiğinde 0,26-0,04 mg/kg kuru toprak değerleri arasında değişmektedir. Yapılan analiz sonucunda 17 noktanın ortalama Cd değeri 0,12 mg/kg kuru toprak olarak bulunmuştur. Cd konsantrasyonunun

en fazla olduğu nokta 1. nokta iken en az olduğu nokta ise 14. ve 17. noktalaradır. Kadmiyum metali için toprakta bulunma sınır değeri 3 mg/kg kuru toprak olduğu için numune noktalarında bu değeri aşan bir değer bulunmamaktadır.

Alınan toprak numunelerinin Kadmiyum (Cd) içeriklerinin istasyonlara göre değişimi Grafik 2’de gösterilmiştir.

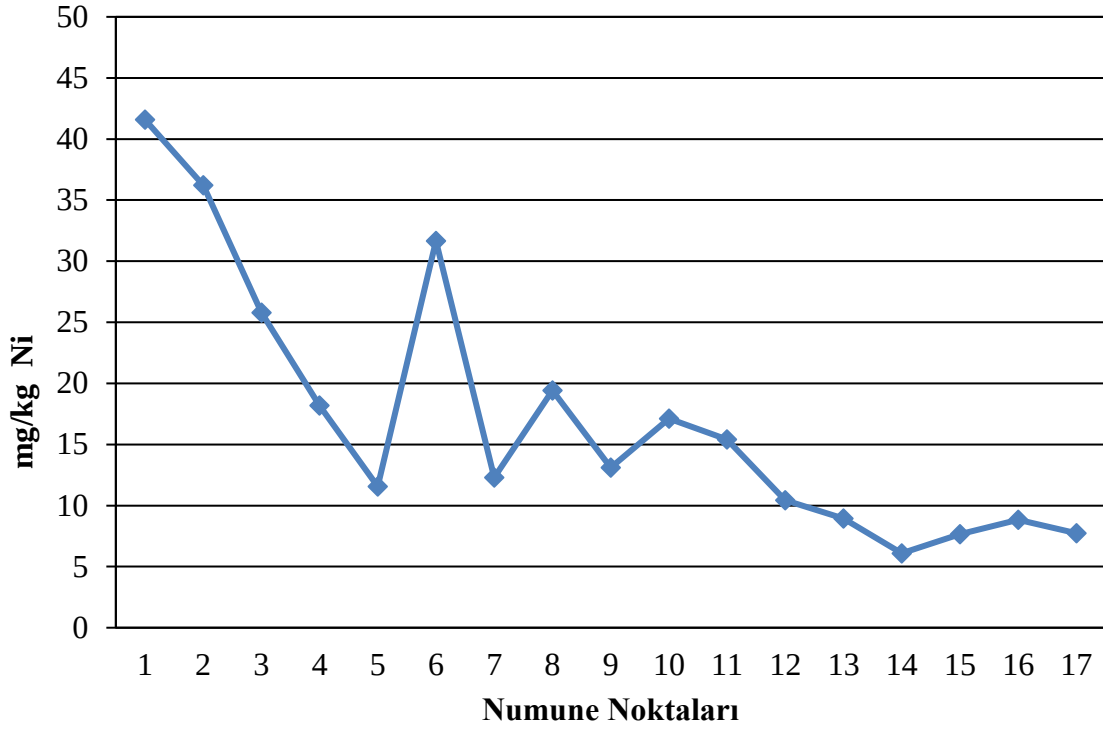


Grafik 2: Numune Noktaları Cd Konsantrasyonları

4.3. Nikel (Ni) Analiz Sonuçları

Çalışma alanı yol tozları Ni bakımından değerlendirildiğinde 6,09-41,59 mg/kg kuru toprak değerleri arasında değişmektedir. Yapılan analiz sonucunda 17 noktanın ortalama Ni değeri 17,18 mg/kg kuru toprak olarak bulunmuştur. Ni konsantrasyonunun en fazla olduğu nokta 1. nokta iken en az olduğu nokta ise 14. noktadır. Nikel elementi için toprakta bulunma değeri 50 mg/kg kuru toprak olduğundan numune noktalarında bu değeri aşan bir değer bulunmamaktadır.

Alınan toprak numunelerinin Nikel (Ni) içeriklerinin istasyonlara göre değişimi Grafik 3'te gösterilmiştir.

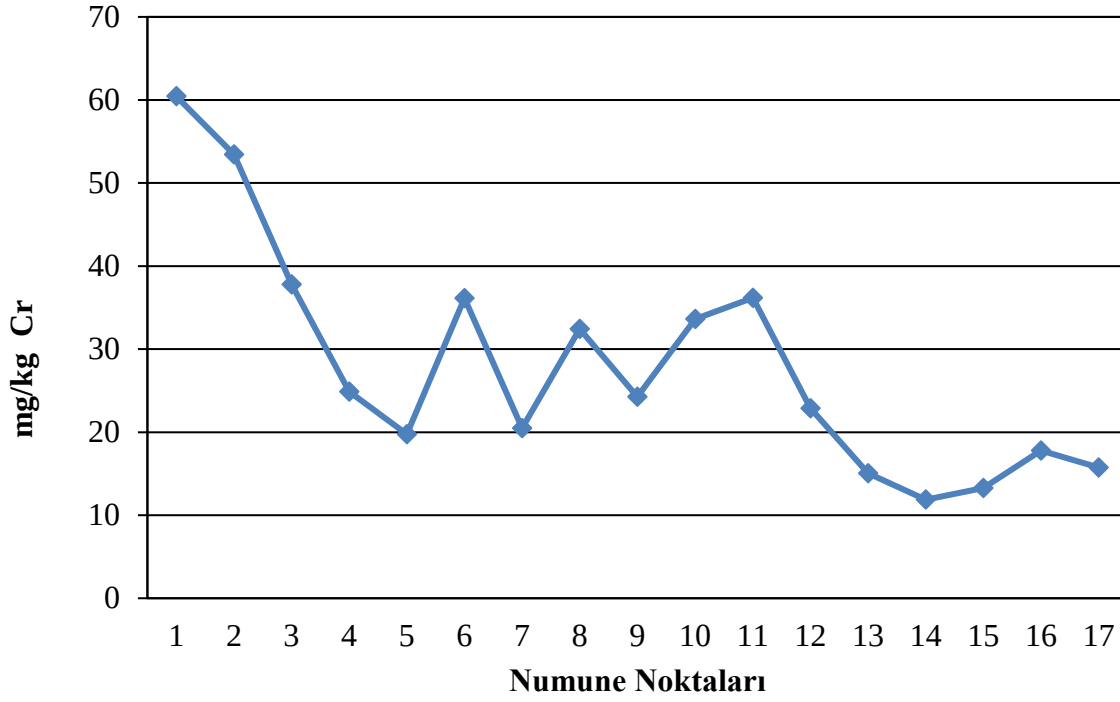


Grafik 3: Numune Noktası Ni Konsantrasyonları

4.4 . Krom (Cr) Analiz Sonuçları

Çalışma alanı yol tozları Cr bakımından değerlendirildiğinde 11,87-60,44 mg/kg kuru toprak değerleri arasında değişmektedir. Yapılan analiz sonucunda 17 noktanın ortalama Cr değeri 28 mg/kg kuru toprak olarak bulunmuştur. Cr konsantrasyonunun en fazla olduğu nokta 1. nokta iken en az olduğu nokta ise 14. noktadır. Krom elementi için toprakta bulunma sınır değeri 100 mg/kg kuru toprak olduğundan numune noktalarında bu değeri aşan bir değer bulunmamaktadır.

Alınan toprak numunelerinin Krom (Cr) içeriklerinin istasyonlara göre değişimi Grafik 4'te gösterilmiştir.

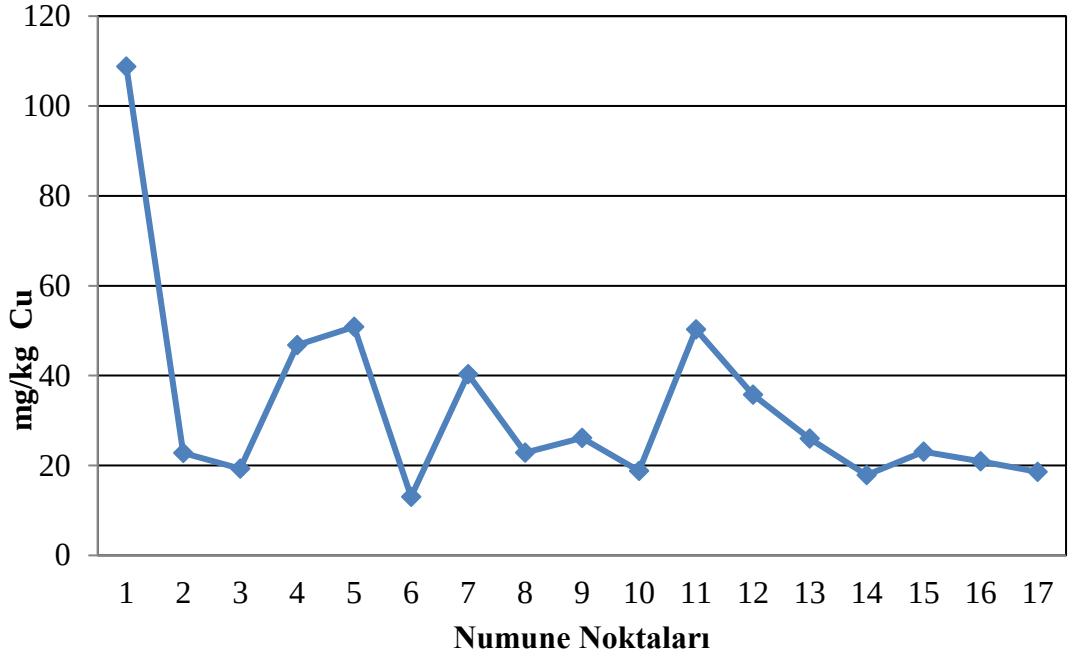


Grafik 4: Numune Noktaları Cr Konsantrasyonları

4.5. Bakır (Cu) Analiz Sonuçları

Çalışma alanı yol tozları Cu bakımından değerlendirildiğinde 13,04-108,81 mg/kg kuru toprak değerleri arasında değişmektedir. Yapılan analiz sonucunda 17 noktanın ortalama Cu değeri 33,06 mg/kg kuru toprak olarak bulunmuştur. Cu konsantrasyonunun en fazla olduğu nokta 1. nokta iken en az olduğu nokta ise 6. noktadır. Bakır elementi için toprakta bulunma sınır değeri 50 mg/kg kuru toprak olduğundan, bulunan sonuçlarda 1. nokta (108,81 mg/kg kuru toprak), 5. nokta (50,89 mg/kg kuru toprak) ve 11. (50,30 mg/kg kuru toprak) noktada bu değerin aştığı görülmektedir.

Alınan toprak numunelerinin Bakır (Cu) içeriklerinin istasyonlara göre değişimi Grafik 5'te gösterilmiştir.



Grafik 5: Numune Noktaları Cu Konsantrasyonları

4.6. Cadde Toz Örneklerinde Metaller Arasındaki Korelasyon Katsayıları

	Kurşun (Pb)	Kadmiyum (Cd)	Nikel (Ni)	Krom (Cr)	Bakır (Cu)
Kurşun (Pb)	1				
Kadmiyum (Cd)	0,81	1			
Nikel (Ni)	0,56	0,69	1		
Krom (Cr)	0,69	0,69	0,95	1	
Bakır (Cu)	0,77	0,65	0,42	0,49	1

Tablo 6: Sinop-Samsun Karayolu Cadde Toz Örneklerinde Metaller Arasındaki Korelasyon Katsayıları

Sinop-Samsun karayolu üzerinden toplanan toz örneklerinde metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 6’da verilmiştir. Nikel- bakır, krom-bakır arasında zayıf (0,49>); kurşun-nikel, kurşun-krom, kadmiyum-nikel, kadmiyum-krom, kadmiyum-bakır arasında orta şiddette; kurşun-kadmiyum, kurşun-bakır arasında yüksek korelasyon; nikel-krom arasında ise çok yüksek korelasyon (>0,90) değerleri bulunmuştur. Korelasyon analiz sonuçları değerlendirildiğinde toplanan toz örnekleri arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Analizi yapılan toprak örneklerinin ağır metal değerleri, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde ve Dünyada müsaade edilen ağır metal sınır değerleri ile karşılaştırıldığında genel olarak izin verilen normal sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Topraktaki Bakır (Cu) elementinin 1. 5. ve 11. noktalarda sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu noktalardaki yerleşim bölgelerinin çoğunda ısınma amaçlı katı yakıt (kömür) kullanıldığı belirlenmiştir. Katı yakıtların bünyesinde var olan ağır metallerin ise baca gazı ile atmosfere karıştığı bilinmektedir (Meriçboyu ve ark., 1998). Çalışmamızdaki toprak örneklerinin toplanması, kış ayının bitiminden hemen sonra gerçekleştirildiğinden, ısınma amaçlı yakılan kalorifer ve soba bacalarından çıkıp atmosfere karışan gazların da bu kirlilikte önemli bir payı olduğu düşünülmektedir. Cu metallinin konsantrasyonunun yüksek çıkması örnek toplanan noktalarda metal kirlenmesinin fazla olduğunun bir göstergesidir.

Bakır elementi dışındaki kurşun (Pb), krom (Cr), kadmiyum (Cd) ve nikel (Ni) elementlerinin toprakta kabul edilebilir sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda belirlenen Pb, Cr, Cd ve Ni gibi ağır metallerin içerikleri topraklarda izin verilebilir değerlerine yaklaşmalarına rağmen şehir merkezindeki (Sinop ili) trafikten uzaklaştıkça ağır metal yoğunluğunun azaldığı görülmüştür. Bunun sonucunda da numune alınan alanlardaki topraklarda, belirlenen ağır metal birikiminin trafik kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bu elementler topraklarda her ne kadar kirlilik yaratacak düzeylere erişmemiş olsalar da bulunan değerler ağır metal içeriklerinin insan, hayvan ve bitki sağlığını tehdit edebilecek düzeylere ulaşmadan önlem alınması gerektiğini göstermektedir.

15, 16 ve 17 nolu istasyonlar Samsun şehir merkezinin en işlek caddelerinden olup trafik yoğunluğuna bağlı olarak kirliliğin bu istasyonlarda yüksek çıkması beklenirken, kirlilik değerleri 17 noktanın ortalama değerlerinin altında kalmıştır. Bunun sebebinin ise Samsun Büyükşehir Belediyesinin caddeleri düzenli aralıklarla süpürüp yıkaması olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca çalışma alanımız olan Sinop- Samsun karayolu Orta ve Batı Karadeniz Bölgesinde olmasından dolayı yıl içerisinde fazla miktarda yağmur alan bir konumdadır. Bu ise kirliliği azaltıcı yönde bir etki göstermektedir. Çalışmamızda ki toprak numunelerini topladığımız zaman dilimi nisan ayı içerisinde olduğu düşünülürse kirliliğin normal şartlara göre kısmen daha az çıktığı söylenebilir.

Diğer taraftan, günümüzde artan trafik yoğunluğuyla birlikte çeşitli ağır metallerin etkisiyle doğal dengenin bozulması; araştırmacıların çevre kirliliği konusunda araştırmalara yönelmesine sebep olmuştur. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

Faruque ve Hiroaki, (2006), Bangladeş'in Dakka şehrinin 4 farklı bölgesinden toplamış oldukları sokak tozlarında Pb, Zn, Cu, Ni ve Cr konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Ticari alandaki numunelerin, endüstriyel ve yerleşim alanlarındakilerin iki ila yedi katı Pb konsantrasyonlarına sahip olduğu belirtilmiştir. Zn, Cu, Ni ve Cr'nin ise endüstriyel alanlarda daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak; Cu, Ni, Cr kirlenmesinin endüstriyel faaliyetlerle doğru orantılı olduğunu, buna karşılık Pb kirliliğinin motorlu araç emisyonlarından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Al-Khashman, (2004), Ürdün'ün Karak sanayi bölgesinde ki sokak ve cadde tozlarının ağır metal içeriğini araştırmıştır. Toplanan numuneler nitrik asit ile çözeltiye aldıktan sonra, Fe, Cu, Zn, Ni ve Pb içerikleri bakımından analiz edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonlarının yüzey toprağında daha fazla olduğu, alt kısımlara inildikçe azaldığı tespit edilmiştir. Sanayi kaynaklarına yakın yerlerdeki topraklardaki kirlilik seviyesinin belirgin şekilde fazla olduğu görülmüştür.

Duong ve Lee, (2011), Kore sanayi bölgesindeki yoğun trafik alanlarında yol tozundaki Cd, Cu, Pb, Zn ve Ni konsantrasyonlarının ağır metal içeriklerini incelemişlerdir. Trafik hacminin, fren kullanım sıklığının ve endüstriyel emisyonların arttığı bölgelerde yol tozundaki ağır metal kirlilik seviyesinin yükseldiğini tespit edilmiştir.

Suryawanshi ve ark. (2016), Hindistan'ın Delhi şehrinde endüstri bölgesi, otoyollar, konutların yoğun olduğu yerler ve Delhi' deki karma kullanım alanları olmak üzere toplamda dört farklı bölgeden topladıkları sokak tozlarının metal içeriklerini

incelediklerinde; Ni, Cr ve Pb' nin endüstriyel alanlarda yüksek seviyelerde olduğu, Zn ve Cu'nun ise çoğunlukla araç trafiğinin yoğunlaştığı bölgelerde daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Sezgin ve ark. (2004), İstanbul'daki Topkapı ve Avcılar bölgesi arasındaki E-5 Karayolu üzerinde yaklaşık 18 km'lik alanda, 22 istasyondan almış oldukları sokak tozlarında, Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının normal seviyenin çok üzerinde olduğunu belirtilmiştir.

Gülser ve ark. (2004), Türkiye'nin Van şehrinde trafik yoğunluğunun farklı olduğu 3 farklı bölgeden, yol kenarını başlangıç noktası kabul edip 15 m ve 30 m'lerden alınan toprak örneklerinde, Pb ve Cd içeriğinin yoldan uzaklaştıkça azaldığını tespit etmişlerdir.

Tao ve ark. (2007), Çin' nin Şangay şehrindeki trafik yoğunluğunun farklı olduğu bölgelerdeki parklarda ağır metal kirliliğini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, Pb, Zn, Cu, Cr, Cd ve Ni oranlarının çok yüksek seviyelerde olduğu, parklardaki ağır metal kirliliğinin ana kaynağının trafik ve sanayi kökenli olduğunu belirtilmiştir.

Arslan, (2001), Bursa ilinde topladığı sokak tozu örneklerindeki ağır metalleri incelediği çalışmada, Ortalama Pb, Ni, Cd, Zn ve Mn konsantrasyon seviyelerinin sırasıyla 210, 67, 3.1, 57 ve 500 µg / g olduğunu bulmuş ve araba sayısı veya toplam araç sayısı ile metal içeriği arasında doğru orantı olduğunu tespit etmiştir.

Elik, (2006), Türkiye'nin Sivas ilinde kentsel alanlarda ve çevresinde bulunan yedi bölgeden toplanan sokak tozu örneklerindeki Pb, Zn, Ni, Cu ve Cd konsantrasyonlarının ağır metal içeriklerini incelemiştir. Motorlu taşıt emisyonları ve sanayi bölgesi gibi emisyon kaynaklarının yakınında toplanan sokak tozu örneklerinde yüksek konsantrasyonlarda ağır metaller tespit etmiş ve kentsel sokak tozu numunelerindeki ağır metal seviyelerini arka plan seviyelerinden birkaç kat daha yüksek bulmuştur.

Divrikli ve ark. (2003), Kayseri ilinden toplanan sokak tozlarının ağır metal iyonlarının seviyelerini, su rejimi ile sindirimden sonra alev atomik absorpsiyon spektrometrisi (FAAS) ile belirlemiştir. Yoğun trafik akışının olduğu caddelerde yüksek

metal kirliliği olduğu tespit edilmiştir. Bakırkrom, bakır-kadmiyum, bakır-nikel, bakır-kurşun, krom-kadmiyum, krom-nikel, krom-kurşun, kadmiyum-kobalt, nikel-manganez ve kurşun-kobalt arasında ylıksek dileyde anlamlı korelasyon verileri bulunmuştur (> 0.65).

Bütün bu bulgular ışığında, evre kirliliği bakımından tehdit oluşturan ağır metal kirliliğinin ortadan kaldırılması veya minimum seviyeye dileyşrölmesi için alınabilecek önlemleri;

- 1- Motorlu taşıtların egzoz gazı muayeneleri dileyenli aralıklarla yapılmalıdır.
- 2- Kalitesiz yakıtın satışı ve kullanımı kesinlikle yasaklanmalıdır.
- 3- Caddelerin dileyenli aralıklarla süpürölüp yıkanması da ağır metal kirliliğinin azalmasında etkili bir yöntem olarak dileyünöllebilir.
- 4- Bu gibi çalışmaların belirli periyodik aralıklarla tekrarlanarak kirliliğin boyutlarının takip edilmesi şeklinde sıralayabiliriz.

6. KAYNAKLAR

- Al-Khashman O. A., 2004. Heavy metal distribution in dust,street dust and soils from the work place in Karak Industrial Estate,Jorda, Aralık 38 (39), 6803–6812
- Anonim, 2018. <https://www.makaleler.com/krom-nedir-ozellikleri-nelerdir-nerelerde-kullanilir> (Erişim Tarihi: 03.11.2018)
- Anonim, 2019. [abs.mehmetakif.edu.tr/upload/1448 icp-ms nedir.doc](abs.mehmetakif.edu.tr/upload/1448_icp-ms_nedir.doc) (Erişim Tarihi: 22.03.2019)
- Anonim, 2019. <https://www.enerjiportali.com/kadmiyum-nedir-nerelerde-kullanilir/> (Erişim Tarihi: 03.04.2019)
- Anonim, 2019. <https://www.kacgun2017.com/genel/kadmiyum-nedir-kadmiyumun-insan-sagligina-zararlari.html> (Erişim Tarihi:03.04.2019)
- Anonim, 2019. <https://www.makaleler.com/nikel-nedir-nerelerde-kullanilir> (Erişim Tarihi: 08.04.2019)
- Anonim, 2019. <https://www.makaleler.com/krom-nedir-ozellikleri-nelerdir-nerelerde-kullanilir> (Erişim Tarihi:09.04.2019)
- Anonim, 2019 <https://www.enerjiportali.com/bakir-nedir-nerelerde-kullanilir/> (Erişim Tarihi:10.04.2019)
- Arslan, H. 2001. Heavy metals in street dust in Bursa, Turkey. Journal of Trace and Microprobe techniques, 19(3), 439-445.
- Atilla, E. 2017. Tarım arazilerinde ulaşım kaynaklı toprak kirliliği Denizli örneği. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 108 s.
- Çağlarımak, N., Hepçimen, A. Z., 2010. Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. Akademik Gıda, 8(2), 31-35.
- Daşdemir, A. 2015. İstanbul Avrupa Yakası otoban kenarlarındaki tarım arazilerinde ağır metal kirliliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 58 s.

- Divrikli, U., Soylak, M., Elci, L., Dogan, M. 2003. The investigation of trace heavy metal concentrations in the street dust samples collected from Kayseri, Turkey. *Journal of Trace and Microprobe Techniques*, 21(4), 713-720.
- Duong, T. T., Lee, B. K. 2011. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics. *Journal of Environmental Management*, 92 (3), 554-562.
- Elik, A. 2003. Heavy metal accumulation in street dust samples in Sivas. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34(1-2), 145-156.
- Ersoy Mericboyu, A., Gurbuz Beker, U., Kucukbayrak, S., Kömür özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri. ed. Kural, O., Ozgun Ofset Matbaacilik A.S., 1998 ; 571-583.
- Faruque A. and Hiroaki, I., 2006. Trace metal concentrations in street dusts of Dhaka city, Banglades. *Atmospheric Environment*, 40 (21), 3835–3844
- Gülser, F., Eraydın, E., 2004. Heavy metal pollution roadside fields related to motorized traffic Van Turkey. *International Soil Congress (ISC) on June 7-10, Erzurum*.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2010. Metallerin çevresel etkileri-1. İTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü. 2010. 1 s.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2010. Metallerin çevresel etkileri-1. *Metalurji Dergisi*, 136, s:47-53.
- Kartal, G., Güven, A., Kahvecioglu, O., Timur, S., 2010. Metallerin Çevresel Etkileri-II İTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü.
- Manzak, B. 2006. Niğde Yakın Civarı Otoyol Kenarı Topraklarının Trafik Kaynaklı Kirliliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde, 1 s.
- Özbolat, G., Tuli, A., 2016. Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521.

- Özcan, H.K., Sezgin, N., Demir, G., Nemlioğlu, S., Bayat, C., 2003. İstanbul E-5 karayolunun cadde tozlarında ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. YTÜD, 2003, 3: 96-97.
- Özen, A., Onural, A. Ş. Egzoz emisyon sistemlerinin neden olduğu çevre kirliliği, TMMOB Makine Mühendisleri Odası 7. Otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu, Bursa, 2001, 107-112.
- Özkan, A. Antakya-Cilvegözü Karayolu Etrafındaki Tarım Arazilerinde ve Bitkilerdeki Ağır Metal Kirliliği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(3), 9-18.
- Poyraz, B. 2016. Ağır metale maruz kalan çalışanların idrarlarındaki krom değerlerinin ICP-MS ile belirlenmesi ve analitik değerlendirmesi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(1), 16-21.
- Seven, T., Can, B., Darende, B. N., Ocak, S. 2018. Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 1(2), 91-103.
- Sezgin, N., Ozcan, H. K., Demir, G., Nemlioglu, S., Bayat, C., 2003. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 Highway. Environment International, 29: 973-985.
- Suryawanshi, P. V., Rajaram, B. S., Bhanarkar, A. D., Rao, C. C. 2016. Determining heavy metal contamination of road dust in Delhi, India. Atmosfera, 29 (3), 221-234.
- Tao, S. G., Lou, C. Z., Yuan, X. S., Li W., Ju, Z., Wen, H. L., 2007. Characteristics of Heavy Metal Pollution in Soil and Dust of Urban Parks in Shanghai. Environmental Science, 53: 250-330.

Yıldırım. Y., Öztürk. G., 2008. Düzce ilinde trafikten kaynaklanan ağır metal kirliliği ve emisyon envanterinin belirlenmesi. Hava Kirliliği Ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, 22-25 Ekim 2008, Hatay. s: 881-892

Yılmaz, T. 2015. Ağır metallerin (kurşun, çinko, bakır ve kadmiyum) bazı karayosunu türlerinin klorofil içeriği üzerine etkisi. Yüksek Lisan Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, s:71.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad: Mücella Güllü
Doğum Tarihi: 10.02.1983
Doğum Yeri: Çorum
E-posta Adresi: mucellaktas@hotmail.com

Eğitim Bilgileri

Lisans: Pamukkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler
Fakültesi, İşletme Bölümü, Mezuniyet Tarihi: 2007

İş Deneyimi

Haziran 2008-Mart 2009 Türkiye Vakıflar Bankası, Çorum Şube, Gişe Görevlisi
Mart 2009-Kasım 2016 Sinop Üniversitesi, Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı
Bilgisayar İşletmeni
Kasım 2016- Mayıs 2018 Sinop Üniversitesi, Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı
Şef
Mayıs 2019- Halen Kırıkkale Üniversitesi, Personel Daire Başkanlığı Şef