

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



SAMSUN ŞEHİR MERKEZİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
YOL TOZLARI YARDIMIYLA BELİRLENMESİ

ŞEYMA NUR İSTANBULLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

OCAK - 2023
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Şeyma Nur İSTANBULLU tarafından hazırlanan “**Samsun Şehir Merkezinde Ağır Metal Kirliliğinin Yol Tozları Yardımıyla Belirlenmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **19.01.2023** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Burak ARICAK Bursa Teknik Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Kaan IŞINKARALAR Kastamonu Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü V.

Doç. Dr. Osman ÇİÇEK

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Şeyma Nur İSTANBULLU

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAMSUN ŞEHİR MERKEZİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN YOL TOZLARI YARDIMIYLA BELİRLENMESİ

ŞEYMA NUR İSTANBULLU

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

Kentsel hava kalitesinde tanımlanan bileşiklerin çeşitlerindeki ve sayısındaki devamlı artış daha fazla hava kirleticisi ortaya çıkarmaktadır. Hava kirliliği, ekosistem ve canlı varlıkların yaşamsal eylemlerini etkileyen önemli bir etmendir. Solunabilir partikül madde için hava kirliliğini oluşturan bileşenler arasında ağır metaller bulunur. Farklı kaynaklara sahip olmalarına rağmen birikme kabiliyetlerinin diğer kirleticilere göre biraz daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bu sebepten ötürü özellikle yol tozu olmak üzere şehir merkezlerinde oluşan ağır metaller yüksek oranlarda bulunabilir.

Bu çalışma kapsamında Samsun şehir merkezindeki 5 farklı bölgeden toplanan yol tozu numunelerindeki ağır metal kaynaklarının ve seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Cr ve Ni sanayi kaynaklı, Cu, Pb, Zn ve S trafik kaynaklı, Co, Mn ve K elementlerinin ise kentsel alanlar kaynaklı olarak yüksek konsantrasyona ulaştığı tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Yol Tozu, Kirlilik Değerlendirmesi, Çevresel İndeks, Kentsel Hava Kirliliği, Ağır Metaller

Ocak 2023, 54 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

DETERMINATION OF HEAVY METAL POLLUTION IN SAMSUN CITY CENTER WITH THE HELP OF ROAD DUST

ŞEYMA NUR İSTANBULLU

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPAERTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. HAKAN ŞEVİK

The continuous increase in the variety and number of compounds identified in urban air quality reveals more air pollutants. Air pollution is an essential factor affecting the vital actions of ecosystems and living beings. For respirable particulate matter, heavy metals are among the components that make up air pollution. Although they have different sources, it is known that their accumulation ability is slightly higher than that of other pollutants. For this reason, heavy metals formed in urban centers, especially road dust, can be found at high rates.

Within the scope of this study, it was aimed to determine the sources and levels of heavy metals in road dust samples collected from 5 different regions in Samsun city center. It was found that Cr and Ni are from industrial sources, Cu, Pb, Zn, and S are from traffic sources, while Co, Mn, and K elements reach high concentrations from urban areas.

KEYWORDS: Road Dust, Pollution Assessment, Environmental Index, Urban Air Pollution, Heavy Metals

January 2023, 54 Page

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamın her aşamasında engin bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, bu yolda beni destekleyen Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü sayın danışman hocam Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e gönülden teşekkürlerimi borç bilirim.

Ayrıca tezimden yazılan makaledeki katkıları dolayısıyla yardımlarını esirgemeyen sayın Dr. Öğr. Üyesi Kaan İŞINKARALAR'a ve tez izleme komitesi üyesi Prof. Dr. Burak ARICAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim dönemimde olduğu gibi hayatımın her adımında da bana güvenleri, yardımları ve destekleri ile her zaman yanımda olduğunu hissettiren kıymetli aileme yürekten teşekkürlerimi borç bilirim. Ayrıca tez çalışmamda her daim yanımda olduğunu hissettiren ve beni destekleyen arkadaşım Emine Emel YAYLA'ya yürekten teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

ŞEYMA NUR İSTANBULLU

Kastamonu, 2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1 Mangan (Mn)	5
2.2 Kobalt (Co)	6
2.3 Kadmiyum (Cd)	6
2.4 Krom (Cr).....	6
2.5 Bakır (Cu)	6
2.6 Galyum (Ga)	7
2.7 Lityum (Li).....	7
2.8 Magnezyum (Mg)	7
2.9 Nikel (Ni).....	7
2.10 Kurşun (Pb).....	8
2.11 Çinko (Zn).....	8
2.12 Vanadyum (V)	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1 Örnekleme Sitesi	13
3.2 Örnek Toplama ve Analiz	13
3.3 Kalite Kontrol ve İstatiksel Analizler	14
4. BULGULAR	15
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	41
6. ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ.....	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1 K konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	16
Şekil 4.2 Mn konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	17
Şekil 4.3 B konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	19
Şekil 4.4 Co konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	20
Şekil 4.5 Cd konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	22
Şekil 4.6 Cr konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi	23
Şekil 4.7 Cu konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	25
Şekil 4.8 Ga konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	26
Şekil 4.9 Li konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	28
Şekil 4.10 Mg konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	29
Şekil 4.11 Na konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	31
Şekil 4.12 Ni konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi	32
Şekil 4.13 Pb konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi	34
Şekil 4.14 Zn konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi	35
Şekil 4.15 Ag konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	37
Şekil 4.16 S konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi	38
Şekil 4.17 V konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi.....	40

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1 Lokasyonlara göre site sayısı.....	13
Tablo 4.1 K elementinin değişimi.....	15
Tablo 4.2 Mn elementinin değişimi	16
Tablo 4.3 B elementinin değişimi	18
Tablo 4.4 Co elementinin değişimi	19
Tablo 4.5 Cd elementinin değişimi	21
Tablo 4.6 Cr elementinin değişimi.....	22
Tablo 4.7 Cu elementinin değişimi	24
Tablo 4.8 Ga elementinin değişimi	25
Tablo 4.9 Li elementinin değişimi	27
Tablo 4.10 Mg elementinin değişimi	28
Tablo 4.11 Na elementinin değişimi	30
Tablo 4.12 Ni elementinin değişimi.....	31
Tablo 4.13 Pb elementinin değişimi.....	33
Tablo 4.14 Zn elementinin değişimi	34
Tablo 4.15 Ag elementinin değişimi.....	36
Tablo 4.16 S elementinin değişimi.....	37
Tablo 4.17 V elementinin değişimi.....	39

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Derece/santigrat
µm	: Nanometre
mL	: Mililitre
g	: Gram
kg	: Kilogram
mg	: Miligram
cm	: Santimetre
ppm	: Milyonda bir
HNO ₃	: Nitrik asit
Co	: Kobalt
B	: Bor
Cd	: Kadmiyum
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Ga	: Galyum
Li	: Lityum
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
S	: Kükürt
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
V	: Vanadyum
Zn	: Çinko
Ag	: Gümüş

Kısaltmalar

ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Argon Plazma-Optik Emisyon Spektrometre
PSI	: Pounds per square inch (basınç birimi)
SPSS	: Sosyal birimler için istatistik programı
DGM	: Tortu ölçme yöntemi
STM	: Süpürme aletleri yöntemi
ILCR	: Kanser riski risk değerlendirmesi
HI	: Tehlike indeksi
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Günümüzde dünya çapında en önemli sorunların başında küresel iklim değişikliği (Cantürk ve Kulaç, 2021; Tekin vd., 2022; Varol vd., 2021; Varol vd., 2022), kentleşme (Dogan vd., 2023; Kilicoglu vd., 2021; Yigit vd., 2019) ve çevre kirliliği (Isinkaralar, 2020; Key ve Kulaç, 2022; Ucin Ozel vd., 2019) sayılmaktadır. Özellikle hava kirliliği küresel ölçekte en önemli sorunlardan birisi haline gelmiştir. (Isinkaralar vd., 2022a; Key vd., 2022). Ayrıca hava kirliliği, düzensiz bir şekilde kentleşme ile ekosistemi tehdit eden bir sorun haline gelmektedir (Isinkaralar, 2022a). Farklı sağlık problemleri olan kişiler açısından şehirlerdeki hava kirliliğinin daha yoğun olduğu saatlerde bu kişiler olumsuz sonuçlara maruz kalmaktadır (Cetin vd., 2019a). Hava kalitesi, antropojenik faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde azalabilmektedir (Kelly ve Fussell, 2019). Emisyon yoğunluğuna ve meteorolojik koşullara bağlı olarak atmosferik parçacıkların sebep olduğu hava kirliliği, şehir merkezlerinde önemli ölçüde yoğunlaşmıştır (Ambade vd., 2022; Yilmaz ve Isinkaralar 2021). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), iç ve dış hava kirliliğine maruz kalması sebebi ile 7 milyon erken ölümün meydana geldiğini bildirmektedir (WHO, 2021). Hava kirliliğine bağlı olarak oluşabilen kalp rahatsızlıkları, inme, solunum yolu hastalıkları ve kanser gibi hastalıklar sebebiyle dünya genelinde ölümlerin yaklaşık 1/8'inin ölümüne neden olduğu tahmin edilmektedir. Hava kirliliği nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde daha ciddi bir problemdir ve Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre 2014 yılında dünya nüfusunun yaklaşık %92'sinin hava kalitesi düşük bölgelerde yaşadığı belirtilmektedir (Elsunousi vd., 2021; Isinkaralar vd., 2022a). Hava kirliliğine maruz kalmanın diğer ülkelere göre gelişmekte olan ülkelerde daha düşük olduğu görülmektedir (Haynes vd., 2020).

Birçok etmen olmasına rağmen atmosferik parçacıkların ana kaynağı yol tozudur. Yol yüzeylerinde bulunan ince partikül tozu, trafikte bulunan araçların hızlanması ve hava yolu ile farklı büyüklerde partikül maddeye katkıda bulunur (Gupta ve Elumalai 2019; Jonidi Jafari vd., 2021). Şehir merkezlerinde trafik, inşaat faaliyetleri özellikle de kentsel dönüşüme bağlı olarak bazı faaliyetler sonucunda yol tozu oluşumu önemli miktarda artmaktadır (Elajail vd., 2022; Wang vd., 2020).

Ağır metaller başlıca sanayi ve madencilik faaliyetleri (Kuzmina vd., 2023), trafik (Arıcak vd., 2019) ve kentleşme kaynaklı olarak atmosfere salınmaktadır (Cetin vd., 2020). Ağır metaller havadaki partikül maddelere tutunarak partikül maddeleri ağır metallerce enfekte olmuş bir yutak durumuna getirebilmekte ve rüzgarla taşınarak kaynağından uzaklara taşınabilmektedir (Cesur vd., 2021; Turkyilmaz vd., 2018a). Özellikle trafik, endüstriyel faaliyetler ve şehir merkezleri risk teşkil eden koşullarda havada bulunan ağır metal konsantrasyonlarının takip edilmesi büyük önem taşımaktadır (Sevik, 2021).

Şehir merkezlerindeki günlük toz miktarları kırsal alanlardaki yıllık toz miktarlarından daha önemlidir (Fang vd., 2021; Men vd., 2021; Yeom, 2021). Bu alanlardan salınan ağır metaller atmosferde, suda ve toprakta birirmektedir (Wei vd., 2021). Ekonomik ve sanayi faaliyetlerin şehir merkezlerinde daha yoğun olduğu için kentsel hava kirliliği daha önemli bir hale gelmektedir (Lin ve Zhu, 2018). Ayrıca bu alanlarda birim alanda yaşayan insan sayısı daha fazla düzeydedir (Cetin vd., 2023; Kilicoglu vd., 2021) ve bundan dolayı hava kirliliğinden etkilenen insan sayısı da daha fazla düzeyde olmaktadır (Key ve Kulaç, 2022).

Kentsel ortamda ağır metaller hava kirleticilerinin en önemli ve kritik kirleticilerindendir. Bu sebeple bu durum yaygın bir sorun olarak görülür (Jia vd., 2020). Çünkü ağır metallerin bir çoğu insan ve çevre sağlığı açısından zararlı, düşük konsantrasyonlarda bile tehlikeli, canlı bünyelerde biyobirikme kabiliyetinde olan ve çevrede bozulmadan uzun süre kalabilen elementlerdir (Turkyilmaz vd., 2018b,c; Yayla vd., 2022).

Önemli ölçüde kontaminasyona sebep olan bu elementler arka planda kolayca birikebilir. Konsantrasyonu ve bu elementlere maruz kalma süresi sebebi ile birikimlerin özellikle de insanlara farklı yollardan zarar verdiği bilinmektedir (Chenery vd., 2020; Isinkaralar vd., 2022b). Ağır metaller, hayati sistemde daha yüksek konsantrasyonlarda istenmeyen tepkiler göstererek dokularda birikirler. Bu nedenle ağır metallerin çevre sistemine verdiği tahrip hesaplanabilir (Barsova vd., 2019). Böylece yükün miktarı ve kaynağı belirlenmelidir. Birincil kaynak olarak kabul

edilebilecek olan trafik, yoğunluğuna bağlı olarak ağır metal emisyonlarının önemli kaynağı olarak hesaplanabilir (Işınkaralar ve Erdem 2022).

Yol tozu atmosferdeki kirleticilerin kaynağıdır (Qin vd., 2021). Yağış alanlarında biriken atmosferik kirleticiler yollara, tarım topraklarına, şehir merkezindeki parklara, su yatakları gibi alanlara ulaşabilir (Ghoma vd., 2022; Jia vd., 2021; Turkyilmaz vd., 2020). Besin zincirinden dolayı insanlara kolay bir yol ile geçen bu kirleticiler insan sağlığını önemli bir ölçüde etkiler (Anwar vd., 2020; Shabanda vd., 2019). Bu sebeple ağır metallerin sebep olduğu kontaminasyonu belirlemek nüfus oranı fazla olan şehir merkezlerinde yaşayan insanların sağlıklarını korumak amacı ile bu kirleticilerin izlenmesi, kaynakları ve emisyon ölçüleri bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Samsun şehir merkezinde belirlenen çeşitli yerlerden toplanan yol tozlarındaki bazı metal konsantrasyonlarını belirleyerek kirlilik kaynağını değerlenmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Yol tozları çevredeki ağır metal kontaminasyonunun önemli bir göstergesidir (Kolakkandi vd., 2020). Yol tozları havada dolaşarak kolay bir şekilde süspanse edilebilen tehlikeli olabilecek bileşiklerin taşıyıcısı olarak kabul edilebilir. Bu sebeple de şehir merkezlerinde metal kirliliğinin önemli bir göstergesi olarak görülmektedir (Taşpınar ve Bozkurt, 2018). Ağır metal kirliliği ekolojik problemlerde önemli bir sorun haline gelerek kentsel alanlarda insan sağlığını önemli derecede etkilemektedir (Işınkaralar 2022a; Sulhan vd., 2022).

Kentsel yüzeydeki ağır metaller ile diğer toksik maddelerin taşıyıcısı olan yol tozları, kentsel çevre için olası kirlilik belirtilerinin yanı sıra insanlar için de sağlık riski teşkil etmektedir. Yol tozlarında bulunan ağır metaller fosil yakıt yakımı, endüstriyel faaliyetler, araç trafiği emisyonları, rüzgâr da dahil olmak üzere kentleşme bölgelerindeki farklı kaynaklardan meydana gelmektedir (Xiao vd., 2020; Isınkaralar 2022c). Bu ağır metaller birçok yerde önemli ölçüde kirlenmeye neden olmaktadır. Bu nedenle ekosisteme ve insanlara büyük ölçüde ve kalıcı olarak zarar vermektedir (Men vd., 2018). Ağır metaller yeryüzünde kolay bir şekilde bozulmaya uğramaz ve yok olmazlar. Bu sebeple organizmalardaki hücrelerde biyobirikim göstermektedirler. Bu birikme sonucunda canlılar üzerinde toksik etkiler göstermektedirler (Işınkaralar 2022b; Savas vd., 2021).

Ağır metal tanımı, özkütlesi 5 gr/cm^3 'ten büyük olan metaller için kullanılır. Çinko (Zn), kurşun (Pb), nikel (Ni), bakır (Cu), krom (Cr), kadmiyum (Cd), kobalt (Co) sık olarak karşılaşılabilecek ağır metaller arasında bulunurlar (Seven vd., 2018).

Kentsel bölgelerdeki toksik metallerin uzun bir süre toprakta kalma ve biyolojik olarak parçalanamayan yapıları sebebinden dolayı büyük bir endişe oluşturmaktadır (Isınkaralar vd., 2022). Kentsel bölgedeki kirleticilerin özellikle yol tozlarında uzun bir süre ortamda bulunması sebebiyle insan nüfusuna yakın olması ve bu sebeple cilt teması yoluyla metallere maruz kalma olayı büyük bir ölçüde artış göstermektedir (Isınkaralar ve Varol, 2023; Suryawanshi vd., 2016). Yol tozlarının iki sebepten ötürü insan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi vardır. İlk olarak yol tozları havaya, suya ve

toprağa karışabilir bu şekilde bütün ekosistem kirlilikten ve bu kirleticilerin birikme olayından etkilenir. Diğer bir sebebi ise yol tozlarında bulunan ağır metaller böcek ilaçları gibi kimyasal olan maddeleri de içermektedir (Kelly ve Fussell, 2019). Bundan dolayı özellikle solunum yoluyla insan bünyesine alınan, ağır metaller ile kontamine olmuş yol tozları en ciddi sağlık tehditlerindendir (Elajail ve Sevik, 2022a,b).

Ağır metaller sanayi faaliyetleri, madencilik faaliyetleri ve trafik gibi antropojenik kaynaklardan havaya karışmakta ve partikül maddeler ile rüzgarın da etkisiyle çok uzaklara taşınabilmektedir (Arıcak vd., 2019; Turkyilmaz vd., 2018b,c). Birçok ülkede kentsel yol tozlarında çeşitli ağır metal elementlerinin konsantrasyonlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin de fazlaca motorlu araç trafiği olduğu belirtilmektedir (Apeagyei vd., 2011).

Yollar ekonomik ve sosyal kalkınma açısından önemli ve büyük bir role sahiptir. Yol tozlarının ağır metaller ile kirlenmesi sonucunda ekosistem ve insanlar üzerinde olumsuz etkilere yol açar. Özellikle şehirlerde yapılmış olan çalışmalarda, ağır metallerin ana antropojenik kaynaklarının endüstriyel süreçler, tarımsal olarak yapılan çalışmalar ile trafik emisyonları olduğunu göstermektedir (Al-Shidi vd., 2022).

Ağır metaller eski çağlardan itibaren doğal olaylar dışında insan eylemleri sonucunda atmosfere ve toprağa yayılmışlardır. Dış ortamda maruz kalınan 35 adet metal bulunur. Bu metallere 23 tanesi ağır metal sınıfına girer (Seven vd., 2018). Bu gruba Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, ve Zn gibi metaller dahildir (Polat, 2011).

2.1 Mangan (Mn)

Besin yoluyla insan vücuduna giren mangan solunum sistemi ve beyinde toksik bir etki oluşturur. Bu etkilerin bazıları; halüsinasyon görme, bitkinlik, uykusuzluk, güçsüzlük, unutkanlık ve sinir hasarları olarak sıralanabilir. Mangan ayrıca yüksek dozlarda parkinson, akciğer amfibiyozisi, bronşite sebep olabilmektedir (Moss, 2018).

2.2 Kobalt (Co)

Toz halindeki kobaltın havada bulunması halinde solunarak vücuda alınması ile kobalt zehirlenmesi gerçekleşmektedir (Xiao vd., 2020). Uzun süreli kobalt tozuna maruz kalınması halinde alerjenik tepkilere ve kronik bronşite sebep olabilmektedir (Polat, 2011).

2.3 Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum yer kabuğunda 1 mg/kg'dan daha az bir miktarda bulunur. Birçok özelliğinden dolayı çinko ile benzerlik gösterir. Kadmiyum pestisit ve gübrelerde bulunduğu için toprağa hızlı bir şekilde karışabilme özelliğine sahiptir (Seven vd., 2018). Kadmiyum çalışma alanlarında en çok kullanılan ağır metaller arasındadır. İnsanlar, hayvanlar ve aynı zamanda bitkiler için de toksik etkisi olan bir elementtir (Mossı, 2018). Kadmiyumun toksik etkileri arasında kilo kaybı, bronşit, böbrek hasarı, kanser, kemik iliği rahatsızlıkları sıralanabilir (Ateşçi, 2022).

2.4 Krom (Cr)

Krom birçok toprakta az miktarda (2-60 mg/kg) bulunurken, bazı kirlenmemiş olan topraklarda 4 g/kg'a kadar çıkabilmektedir. Bu elementin gübreler, kimya sanayisi, enerji santralleri, metal işleri ve dökümhaneler gibi birçok alanda uygulama alanları bulunmaktadır (Seven vd., 2018). Ortalama bir günde krom alımı 30-200 µg'dır. Belirtilen bu oranda alınan kromun toksik açıdan bir etkisi yoktur (Polat, 2011). Krom elementinin toksik etkileri arasında kusma, şiddetli ishal, kanserojen etkisi, akciğere tümörleri gibi etkileri sayılabilir (Ateşçi, 2022).

2.5 Bakır (Cu)

Bakır su borusu ve lpg de gaz borularının yapımında, gemi gövdelerinin kaplanması, matbaa plakalarının üretimi gibi birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bakır elementi biyolojik sistemler için gereklidir. Bakırın vücuda yetersiz gelmesi durumunda kansızlık, yetersiz beslenme ve Menke Sendromu ortaya çıkabilmektedir. Vücutta fazla olması halinde ise konsantrasyon bozukluğu,

iştahsızlık, akut toksisite, nörotoksisite, baş dönmesi ve ishal gibi sağlık problemleri ortaya çıkmaktadır (Ateşçi, 2022).

2.6 Galyum (Ga)

Nükleer silah yapımında kullanıldığından dolayı zararlı bir element olarak görülmektedir. Bu sebepten ötürü aynı zamanda çevre kirliliğine de yol açmaktadır. Yüksek miktarda galyum elementine maruz kalındığı zaman vücutta çeşitli problemlere yol açabilmektedir. Galyum elementi vücuda doğal ortam, su ile meyve ve sebzelerde kalan küçük kalıntılar yolu ile girebilmektedir (Koçiyit, 2021).

2.7 Lityum (Li)

Lityum nükleer enerji, cam üretimi, eczacılık gibi birçok endüstriyel alanda uygulamalara sahip bir elementtir. Bu sebepten ötürü son yıllarda başta elektrikli araçlar ile taşınabilir elektrikli cihazlar için lityuma talep artmaktadır. Lityum tozuna maruz kalmak boğaz ve burun tahribatlarına yol açabilmektedir. Daha yoğun miktarda lityuma maruz kalınması vücutta akciğerlerde sıvı birikmesine neden olarak ödem oluşmasına sebep olabilmektedir (Koçiyit, 2021).

2.8 Magnezyum (Mg)

Topraktaki magnezyum çevre kirliliği sonucu oluşan asit yağmurları ve gübrelerin de etkisiyle birlikte bağırsaklardan emilemeyecek duruma gelerek besinlerle magnezyum alımı azalmış olur (Boğa, 2007). Vücutta enerji gerekli olduğu anlarda magnezyuma da ihtiyaç duyulur. Magnezyum eksikliği halinde kaslarda kramp oluşumları, kabızlık ve kasılmalar oluşabilmektedir (Mossı, 2018).

2.9 Nikel (Ni)

Nikel atmosfere yakıtların yanması, madencilik işlemleri ile kentsel atıkların kül haline getirilmesi işlemleri ile yayılmaktadır (Polat, 2011). Nikel elementiyle kirlenilmiş olan toprak ve suyun deri ile teması halinde de nikel kirliliğine maruz kalınabilir (Seven vd., 2018). Nikel elementinin toksik etkileri olarak akciğer kanseri,

kronik bronşit, akciğer fonksiyonlarının değişimi rahatsızlıkları sayılabilir (Ateşçi, 2022).

2.10 Kurşun (Pb)

Yer kabuğunda yoğun miktarda kurşun bulunması; bitki, hayvan aynı zamanda toprak için de toksik bir etki oluşturabilmektedir (Polat, 2011). Kurşunun toksik etkilerinden bazıları beyin hasarı, anemi, iştahsızlık, halsizlik, çocuklarda zekâ geriliği rahatsızlıkları sayılabilir (Ateşçi, 2022).

2.11 Çinko (Zn)

Çinko topraklarda ortalama olarak 30-50 mg/kg arasında bulunur. Yüksek konsantrasyona sahip olduğu zamanlarda toksik bir etki göstermektedir (Seven vd., 2018). Yoğun miktarda çinko alımında kas fonksiyonlarında düzensizlik, yazı yazmada güçlük çekme ve uyuşukluk gibi problemler yaşanabilmektedir (Polat, 2011). Yetişkinlerde çinko eksikliği halinde iskelet olgunlaşması gecikebilmektedir (Boğa, 2007).

2.12 Vanadyum (V)

Vanadyum elementi kimya, çelik, malzeme ve havacılık endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Koçiyit, 2021). Otomobil endüstrisi, uzay araçları ile uçak sanayisinde de vanadyum elementi kullanılmaktadır (Polat, 2011). Vanadyum zeytinyağı, soya fasulyesi, elma ve yumurta gibi besinler ile insan vücuduna girmektedir. Fazla alınması sonucunda akciğer hastalıklarına yol açabilmektedir (Koçiyit, 2021).

Ağır metaller biyolojik olarak biriktirilebilirler (Arıcak vd., 2020; Cetin vd., 2019b; Sevik vd., 2019a). Bundan dolayı da tehlikeli bir durum ortaya çıkmaktadır. Çünkü biyolojik olan bir organizma belli bir süre içerisinde maruz kaldıktan sonra çevreden daha yüksek değerli ağır metallere sahip olabilir (Kelly ve Fussell, 2019).

Şehir merkezlerindeki yol tozlarında bulunan ağır metal kirliliği gittikçe artmaktadır. Daha önce bu konuyla ilgili yapılmış olan çalışmalarda kirlilik düzeyleri, mekânsal dağılımları, kaynak paylaşırması ile etki faktörleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Zhao vd., 2019). Ağır metallerin yol tozları yardımıyla belirlenmesine ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları kısaca özetlenmeye çalışılmıştır.

Çin'in Kuzeydoğusunda bulunan Liaoning, çelik sanayi kenti (Anshan) yol tozundaki ağır metallerin oluşturduğu riskin kaynağının belirlenmesi amaçlanmış, çocuklar ve yetişkinler için tehlike indeksi (HI) değerleri $Cr > Pb > Ni > Cu > Cd > Zn$ olarak bulunmuştur (Xiao vd., 2020).

Kastamonu merkezli yapılmış olan çalışmada trafiğin yoğun olduğu, az olduğu ve trafiğin yoğun olmadığı bölgelerdeki Ni, Co ve Mn konsantrasyon değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Trafik yoğunluğuna bağlı olarak ortaya çıkan sonuçlarda Ni ve Co element konsantrasyonlarının artış gösterdiği tespit edilmiştir (Sevik vd., 2020a)

Bartın'da yapılmış olan çalışmada 3 lokasyondan örnekler alınmıştır. Bu lokasyonlarda Cu, Fe, Zn, Mn, Ni ve Pb elementlerinin analiz sonuçları yapılmış ve çıkan sonuçlar yapay sinir ağları ile modelleme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ağır metallerin hem hızlı hem de ekonomik olarak tespitinin mümkün olacağı sonucuna varılmıştır (Ucun Ozel vd., 2020).

Hindistan'ın en kirli ikinci metropolü olarak tanımlanan Kolkata'da yapılan bir çalışmada 6 arazi kullanım kategorisinde 57 bölgeden toplanan tozlardaki ağır metal konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında konut, yol, yol kenarı, liman, trafik, demir yolu bölgelerinden toplanan tozlar üzerinde Ca, Mg, Fe, Al, Mn, Ni, V, Cu, Zn, Cr, Pb elementlerinin üç boyutlu fraksiyonda analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda kümülatif HI ve yaşam boyunca artan kanser riski (ILCR) risk değerlendirmesine göre çocukların yetişkinlerden daha fazla ağır metale maruz kaldığı tespit edilmiştir (Kolakkandi vd., 2020).

Başka bir çalışmada Pakistan'ın nüfus yoğunluğu yüksek şehirlerinden olan Lahor ve Faisalabad da yol tozlarındaki fazlaca artan araç sayısı, kentsel yol tozunun ağır

metaller konsantrasyonlarının dağılımları ve birbirleriyle sağlık açısından risk değerlendirmesi amaçlanmıştır. O bölgedeki halk için yol tozundaki ağır metal (Cu, Ni, Cd, Pb ve Zn) konsantrasyonlarını, dağılımlarını, birbirleri ile karşılaştırılmalarını ve sağlık açısından risk değerlendirmesini amaçlamıştır. Bu çalışmada birbirine benzeyen 8 adet ana yol kavşağından yol tozu numuneleri toplanarak tortu ölçme yöntemi (DGM) ve süpürme aletleri yöntemi (STM) olarak 2 yöntem kullanılmıştır. DGM ile toplanan toz numunelerinde Lahor ve Faisalabad da STM'den daha fazla ağır metal konsantrasyonu gösterdiği gözlemlenmiştir. Sahalar arasında, iki şehirdeki Genel Otobüs Durağı'ndan elde edilen yol tozu açısından ağır metal konsantrasyonu en yüksek çıktığı belirlenmiştir. Yoğun olarak baskın çıkan metaller 95,5 mg kg⁻¹ ile Zn ve 56,8 mg kg⁻¹ ile Pb iken Lahor şehrinde Cd en düşük konsantrasyonda çıktığı gözlemlenmiştir. Benzer olarak Faisalabad şehrinde 90,4 mg kg⁻¹ ile Pb ve 49,5 mg kg⁻¹ Zn konsantrasyonu yüksek iken Cd konsantrasyonu daha düşük çıkmıştır. Genel anlamda Lahor şehri Faisalabad şehrinde daha yüksek bir oranda kirlilik düzeyine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Qadeer vd., 2020).

Kuala Lumpur şehrinde yol tozlarında Cd, Cr, Cu, Pb, Ni ve Zn elementlerinin konsantrasyonları ve sağlık üzerindeki etkilerini değerlendirilmiştir. Çalışmadaki numuneler Tun Razak Yolu, Raja Abdullah Yolu, Tunku Abdul Rahman Yolu ve Ayer Molek Yolu'nda 3 kere olmak üzere 4 farklı yerde yapılmıştır. Tunku Abdul Rahman Yolu diğer belirtilen yollara kıyasla Cd, Cu, Ni ile Pb konsantrasyonunun en yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada kirlilik yükü indeksine göre Ayer Molek Yolu dışındaki diğer tüm belirtilen yerlerin fazlaca kirli olduğu gözlemlenmiştir. Kirlilik yükü indeksine göre azalan düzendeki kirlilik sırasının Tunku Abdul Rahman Yolu, Raja Abdullah Yolu, Ayer Molek Yolu olarak gözlemlenmiştir (Wahab vd., 2020).

Umman'ın Maskat kentinden trafik yoğunluklarına göre (düşük, orta ve yüksek trafik) sınıflara ayrılan yollardan toz örnekleri toplandı ve sonrasında bazı ağır metal konsantrasyonları için analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sırası ile en düşük 0,59 ppm ve en yüksek 0,80 ppm ile civa, en düşük 406,10 ppm ve en yüksek 429,00 ppm ile demir konsantrasyonları olarak gözlemlenmiştir. Tespiti yapılan birçok ağır metalin aksine civa (Hg) ve arsenik (As) düşükten yükseğe artmakla beraber aynı zamanda birbirleri ile ve trafik yoğunlukları ile büyük ölçüde ilişkili oldukları

belirlenmiştir. Bu sebeple her ikisinin de araç emisyonlarından kaynaklı olabileceğini göstermiştir (Al-Shidi vd., 2022).

Diğer bir çalışma olan Umman Maskat'ta Hg, As, Cu, Cr, Zn ve Pb elementlerinin 45, 125 ve 200 µm yol tozundaki üç farklı fraksiyonda ağır metal kontaminasyonu araştırılmıştır. Üç farklı trafik yolundan toplanan toz örnekleri trafik yoğunluğuna göre yüksek, orta ve düşük olacak şekilde ICP-OES cihazları kullanılarak analiz edilmeden önce ayrı bir şekilde elenmiştir. Cu elementinin analizi yapılan diğer elementler arasından en yüksek, Hg elementi ise diğer elementlere göre en düşük seviyede çıkmıştır. Farklı yol ve fraksiyonlardan alınan sokaktaki toz örneklerinde metal kontaminasyonu için risk seviyeleri Hg>Cu>Pb>Cr>Zn olarak belirlenmiştir (Al-Shidi vd., 2021).

2016 yılında Pekin'in kentleşmiş bir bölgesinden 36 yol tozu örnekleri alınarak ağır metallerin kaynakları (mekânsal yoğunlukları, oranları) pozitif matris çarpanlarına ayırma yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda dört kaynağın türleri ve oranları; yakıt tüketimi (%33,64), araç emisyonu (%25,46), metalik olan maddelerin üretimi ve kullanımı (%22,63) ile böcek ilacı, gübre ve tıbbi cihazların kullanımı (%18,26) olarak bulunmuştur (Men vd., 2019).

Diğer bir çalışmada PM10 fraksiyonunun element bileşimi ve boyut dağılımını belirlemek amacı ile 42 adet yol tozu, 12 adet yol kenarı toprağı ve 10 park yolu tozu ile birlikte toplam 64 toz numunesi örneğı analiz edilmiştir. 20 m'den ufak toz kütlelerine sırasıyla; %85 oranı ile yol tozu, %88 oranı ile park yolu tozu ve %87 oranı ile yol kenarı toprağının oluşturduğu 2.5-16 µm boyutunda olan parçacıkların hâkim olduğu görülmüştür. Yol tozu, yol kenarı toprağı ve park yolu tozunda en çok bulunan eser elementler Zn, Mn ve Cu olarak bulunmuştur. Bununla birlikte sağlık risk değerlendirmesi açısından yol tozu, yol kenarı toprağı ve park yolu tozun PM10 fraksiyonundaki Mn, Ni, Cu, Zn, Sb ile Pb yetişkinler için kanser dışı durumundan risk oluşturmazken çocuklar için kanser dışı risk oluşturduğu gözlemlenmiştir (Zhang vd., 2019).

2013 yılında Çin'in Nanchang şehrinde ağır metallerin (Pb, Cd, Cu, Zn, Sr, V ve Co) özellikleri ve kaynaklarını analiz etmek amacı ile 9 adet yoldan kentsel yol tozu örnekleri toplanmıştır. Burada belirtilen ağır metallerin konsantrasyonları karşılık gelen toprak arka plan değerlerinin 0,4 (V) – 5,4 (Cd) katı olduğu görülmüştür. Cu, Zn ve Sr dağılım paternleri, esas olarak çalışma alanlarının kuzey ile doğu bölgelerinde daha yüksek sonuçlar gösterdiği görülmüştür. Bu da kirli sanayi bölgelerindeki ağır metallerin kolayca yol tozuna yakın bir yere ulaştığını göstermiştir. Bu çalışmada izotopların kaynak paylaşımına göre Pb esas olarak %61 katkı oranı ile araç trafiği ve %26 katkı oranı ile endüstriyel emisyonlardan, Sr %59,7 katkı oranı ile antropojenik kaynaklardan ve %40,3 katkı oranı ile toprak kaynağından dolayı olduğu görülmüştür. Çok değişkenli istatistiksel analize dayanarak toplam ağır metaller esas olarak %43 araç trafiğinden, %29 endüstriyel emisyonlardan, %21 toprak kaynağından ve %7 bilinmeyen kaynaklardan ve ortalama %62 trafik emisyonlarından elde edilen kurşundan kaynaklandığı görülmüştür (Zhao vd., 2019).

Düzce şehrinden geçen D-100 ve D-655 devlet yollarından alınan yol tozu numunelerinden ağır metal kirliliklerini tespit etmek ve bununla birlikte insan sağlığına yönelik olası riskleri değerlendirmek amacı ile ICP-MS cihazları kullanılarak analiz edilmiştir. Pb, Ba, Mo, Zn, Cu, Mn ve Cr için jeo-birikim endeksi çok fazla kirli ortamları, Sc, V, Fe, As, Cd, Sn, Sb olanlar yüksek çevre kirliliklerini göstermiştir (Taşpınar ve Bozkurt, 2018).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Örnekleme Sitesi

Samsun, coğrafi konumu sebebi ile Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. 2021 yılına göre nüfusu 1.371.274 olarak bulunmuştur (URL 1, 2022). Bu çalışmanın alanı Türkiye kuzey sınırlarında bulunmaktadır (41°17'25.0"N 36°20'01.0"E) (URL 2, 2020). Şehirleşmiş bir bölgede olup altı hava kalitesi izleme istasyonu bulunur. Bundan önceki zamanlara ait ölçüm sonuçlarına göre bütün istasyonlarda belli oranlarda artış görülmüştür. Tablo 1.'de örnekleme yerlerinin belirlenmesinde ana faktörün yoğun kentsel hareketlilik olması amaçlanmıştır. Bu kapsamda toplamda 5 farklı lokasyon i) mahalle, ii) sanayi bölgesi, iii) yoğun trafik akışı olan şehrin ana yolu, iv) şehir merkezi ile v) şehir içindeki ormanlık alan olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.1 Lokasyonlara göre site sayısı

Site Kimliği	Lokasyonlar	Tanım
S1	Mahalle	Orta düzeyde trafik yoğunluğu, yerleşim yeri
S2	Sanayi Bölgesi	Çeşitli ölçeklerde endüstriyel faaliyetler
S3	Ana Yol	Yoğun trafik hacmi
S4	Şehir Merkezi	Yüksek trafik hacmi, ticari faaliyet
S5	Ormanlık Alan	Şehirdeki emisyonlardan uzak

3.2 Örnek Toplama ve Analiz

2021 Eylül ayında Samsun merkezli 5 farklı bölgeden (mahalle, sanayi, ana yol, merkez, orman) 5'er adet olmak üzere toplamda 125 adet yol tozu numunesi toplanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan toprak materyali bu belirlenen noktalardan alınmış ve etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarda topraklar belirli bir boyuttaki elekten elenerek (<1000 µm) petri kabına yerleştirilmiş ve 15 gün boyunca 45°C sıcaklıkta kurutulmuştur.

Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan toprak numunesinin homojenize edilmesinin zor olması ve elementer içeriğinin oldukça değişik olması sebebi ile 6 tekerrür çalışılmıştır.

Toplanan örnekler kurutulduktan sonra ICP-OES (indüktif eşleşmiş argon plazma-optik emisyon spektrometre) cihazı yardımıyla analiz edilerek ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilecek veriler öncelikle SPSS paket programı kullanılarak varyans analizi ve Duncan testi yardımıyla değerlendirilmiştir. Bu yöntem son yıllarda hem bitkilerde (Cesur vd., 2022; Ozel vd., 2021a,b,c; Turkyilmaz vd., 2019) hem de topraklarda (Elajail ve Sevik 2022a,b; Cetin vd., 2022a,b) ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır.

3.3 Kalite Kontrol ve İstatiksel Analizler

Bu çalışmanın analizi esnasında olabilecek hataları önlemek ve en az seviyeye indirmek için kalite kontrol çalışmaları yapılmıştır. Yol tozunun toplanmasından işlenmesine kadar ki olan süreçte herhangi bir kirliliğe neden olabilecek durumları önlemek için büyük bir özen gösterilmiştir. Bu sebeple kullanılan eldivenler tozsuz, polietilenden yapılmış olan faraş–fırça gibi toz toplama aparatları kullanılmıştır. Analizler yapılmadan iki gün öncesinde bütün cam malzemeler saf su ve nitrik asit ile temizlenmiştir. Analiz için kullanılacak olan cihazların kalibrasyonlarının uygunluğu önceden ölçülmüştür. Deneyler sırasında analitik hassasiyet olarak kalite kontrolü önemli ölçüde tekrarlanarak yapılmıştır.

Windows için SPSS (sosyal birimler için istatistik programı) paketli yazılım programı ile analiz sonuçlarından elde edilen verilen değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere varyans analizi uygulanarak F değeri belirlenmiştir. Böylece hata oranı ile dolayısı ile faktörlerin farkı %95 güven düzeyinde belirlenmiştir. Duncan testi %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çeşitlilikleri olan yönler için kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar basitleştirildikten ve tablolatırıldıktan sonra yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

Çalışma kapsamında K konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 K elementinin değişimi

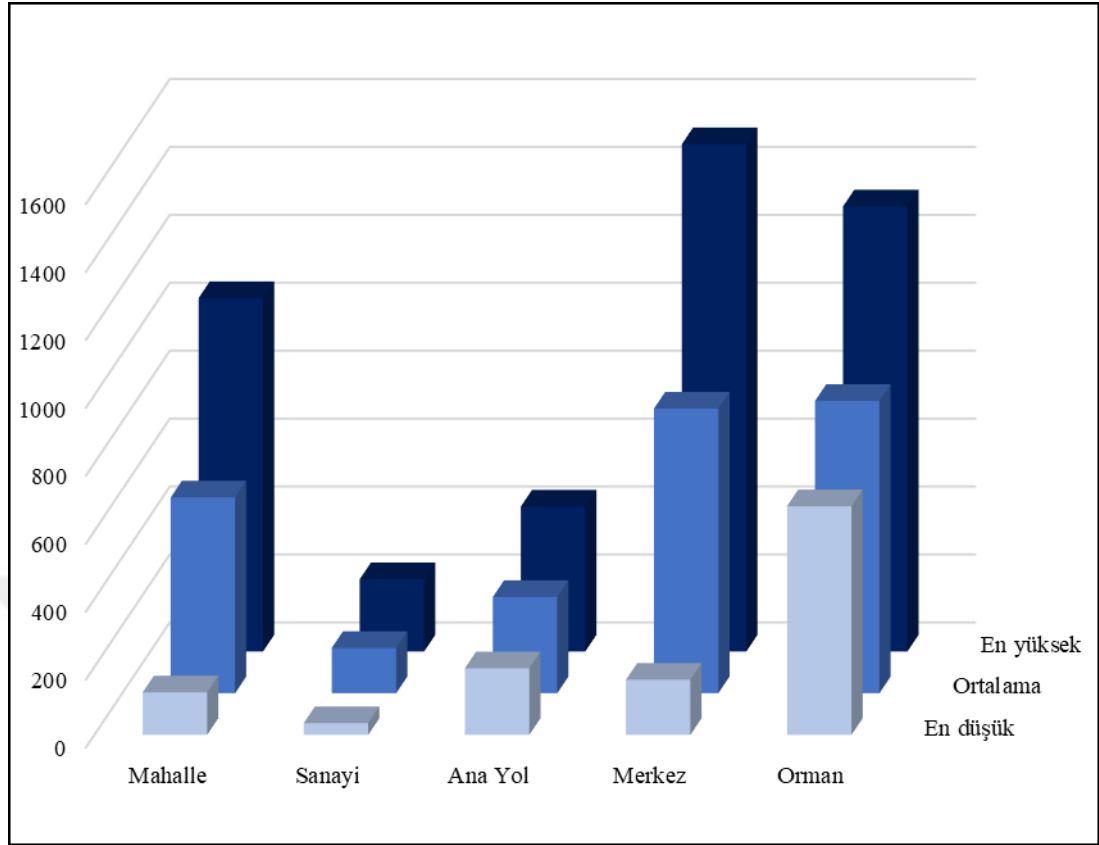
YER	Ortalama (ppm)	En düşük (ppm)	En yüksek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	576,4 b	125,5	1040,8	312,1
Sanayi	133,3 a	34,8	213,0	57,7
Ana Yol	283,4 a	196,3	426,8	79,8
Merkez	837,9 c	162,5	1494,0	462,0
Orman	860,6 c	673,5	1310,5	270,2
F	18,643***			

***: İstatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır ($p < 0.001$).

K konsantrasyonunun değişimini gösterir Tablo 4.1 değerleri incelendiğinde, K konsantrasyonunun mahallede 125,5 ppm ile 1040,8 ppm, sanayide 34,8 ppm ile 213,0 ppm, ana yolda 196,3 ppm ile 426,8 ppm, merkezde 162,5 ppm ile 426,8 ppm ve ormanda 673,5 ppm ile 1310,5 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek değerler arasında mahallede 8,2 kat, sanayide 6,2 kat, ana yolda 2,1 kat, merkezde 9,2 kat ve ormanda 1,9 kat fark olduğu hesaplanmıştır.

Ortalama verilere göre yer bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucunda veriler 3 grupta toplanmış, sanayi ve yolda elde edilen değerler ilk grupta, mahallede elde edilen değerler ikinci grupta, merkez ve ormanda elde edilen değerler ise son grupta yer almıştır. Ormanda elde edilen değer (en yüksek değer) sanayide elde edilen değer (en düşük değer) yaklaşık 6,5 katı olduğu hesaplanmıştır.

K konsantrasyonunun lokasyon, ortalama, en düşük ve en yüksek değişim değerlerini daha net inceleyebilmek amacı ile oluşturulan grafik Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 K (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Bu çalışma kapsamında Mn konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2 Mn elementinin değişimi

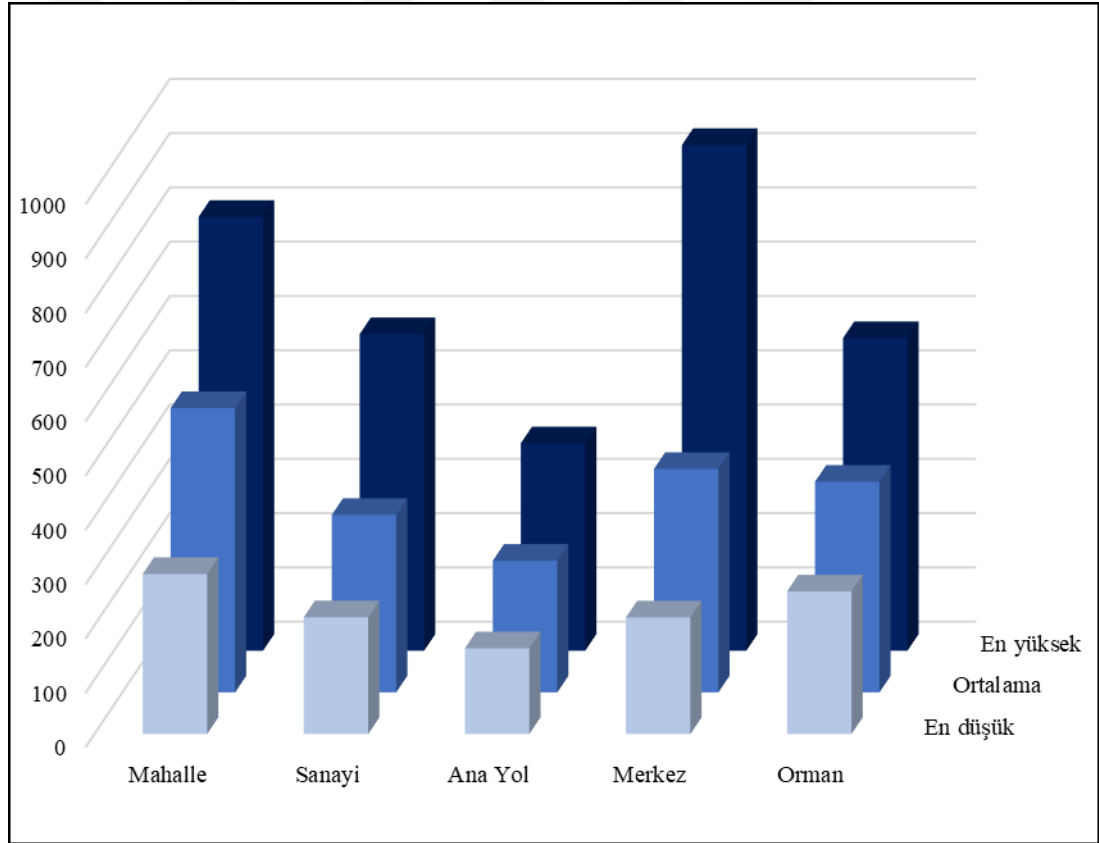
YER	Ortalama (ppm)	En düşük (ppm)	En yüksek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	523,8 c	294,8	799,5	215,0
Sanayi	326,9 ab	215,3	583,5	136,2
Ana Yol	242,7 a	158,0	382,3	81,3
Merkez	411,6 bc	214,8	931,8	250,8
Orman	388,2 bc	262,8	576,0	121,2
F	5,134**			

** : İstatistiki olarak %99 güven düzeyinde anlamlıdır ($p < 0.01$).

Çalışmaya konu yol tozlarında Tablo 4.2’de Mn konsantrasyonunun, çalışma kapsamında değerlendirilen lokasyonlardaki değişiminin istatistiki olarak %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Mn konsantrasyonunun mahallede 294,8 ppm ile 799,5 ppm, sanayide 25,3 ppm ile 583,5 ppm, ana yolda 158,0 ppm ile 382,3

ppm, merkezde 214,8 ppm ile 931,8 ppm ve ormanda 262,8 ppm ile 576,0 ppm değerleri arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek değerler arasında mahallede ve sanayide 2,7 kat, yolda 2,4 kat, merkezde 4,3 kat, ormanda ise 2,1 kat fark olduğu hesaplanmıştır. En düşük değer 242,7 ppm ile yolda elde edilirken en yüksek değer 523,8 ppm ile mahallede elde edilmiştir. Duncan testi sonucunda yol ve mahallede elde edilen değerler sadece ilk ve son gruplarda yer alırken sanayide elde edilen değer (236,9 ppm) ilk iki grupta, orman (388,2 ppm) ve merkezde (411,6 ppm) elde edilen değerler ise son iki grupta yer almıştır.

Mn konsantrasyonunun lokasyon bazında değişimini gösterir grafik Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2 Mn (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Çalışmaya konu B konsantrasyonun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3 B elementinin değişimi

YER	Ortalama (ppm)	En dūřuk (ppm)	En yūkek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	152,0 cd	81,6	277,8	67,7
Sanayi	76,1 a	46,4	105,2	22,6
Ana Yol	108,4 ab	61,3	150,0	28,4
Merkez	133,8 bc	39,0	207,7	60,3
Orman	179,2 d	120,3	229,7	43,5
F	9,196***			

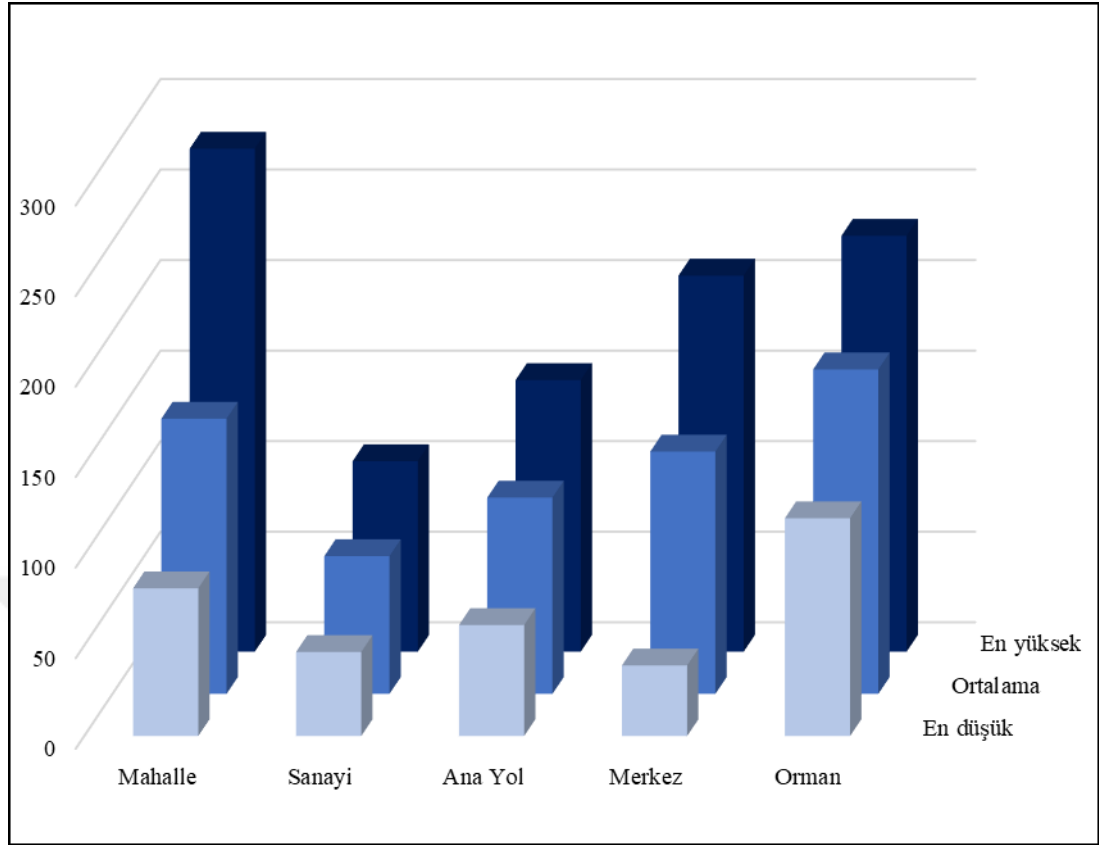
***: İstatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlıdır ($p < 0.001$).

Tablo 4.3’deki B konsantrasyonun yer deęiřimlerini gōsteren deęerler incelendięinde, B konsantrasyonun yer bazında deęiřiminin istatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlı olduęu gōrūlmektedir.

B konsantrasyonunun mahallede 81,6 ppm ile 277,8 ppm, sanayide 46,4 ppm ile 105,2 ppm, sanayide 46,4 ppm ile 105,2 ppm, ana yolda 61,3 ppm ile 150,0 ppm, merkezde 39,0 ppm ile 207,7 ppm ve ormanda 120,3 ppm ile 229,7 ppm değerleri arasında belirlenmiştir.

En dūřuk ve en yūkek deęerler arasında mahallede 3,4 kat, sanayide 2,2 kat, yolda 2,4 kat, merkezde 5,3 kat ve ormanda 1,9 kat fark olduęu hesaplanmıřtır. Duncan testi sonucunda bu tabloda gōrūldūęu ūzere sanayide elde edilen deęer (76,1 ppm) ilk grupta, yolda elde edilen deęer (108,4 ppm) ilk iki grupta yer alırken mahalle, merkez ve ormanda elde edilen deęerler son ūç grupta yer almıřtır.

B konsantrasyonunun lokasyon, ortalama, en dūřuk ve en yūkek deęiřim deęerlerini daha net inceleyebilmek amacıyla oluřturulan grafik řekil 4.3’de verilmiřtir.



Şekil 4.3 B (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Bu çalışmaya konu Co konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4 Co elementinin değişimi

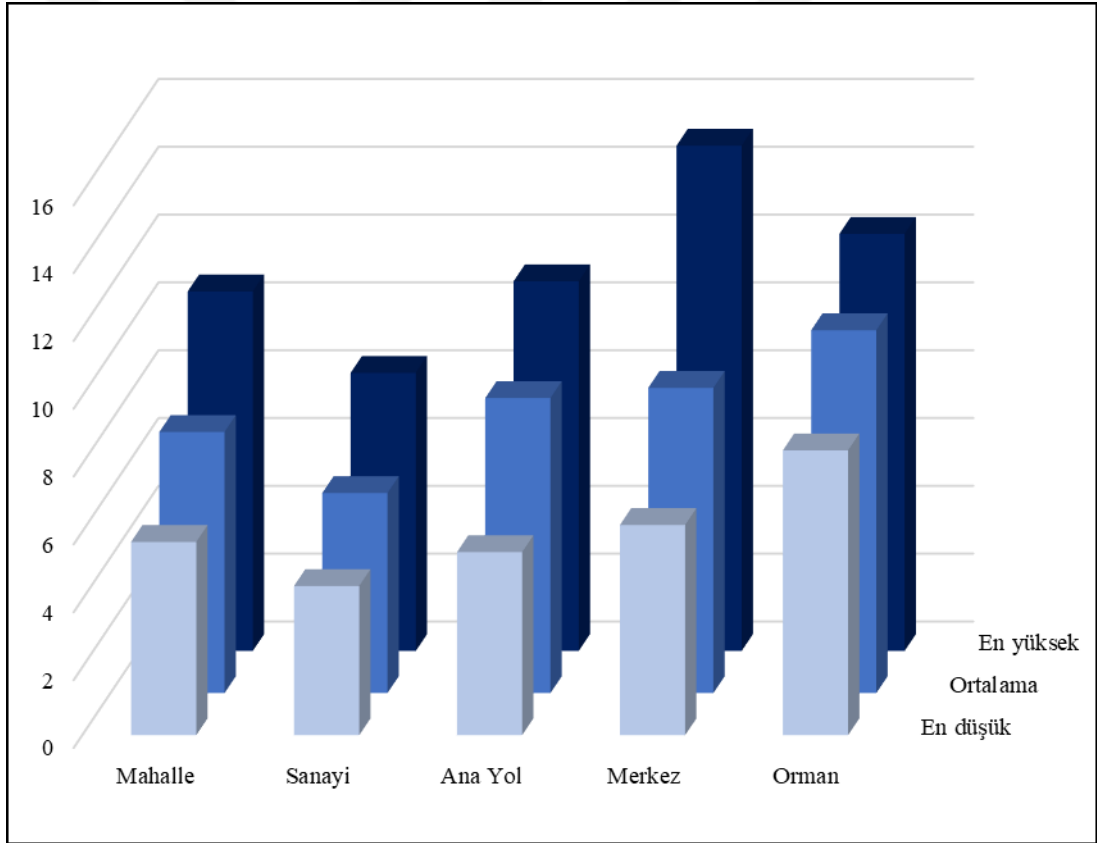
YER	Ortalama (ppm)	En düşük (ppm)	En yüksek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	7,7 b	5,7	10,6	1,8
Sanayi	5,9 a	4,4	8,2	1,3
Ana Yol	8,7 b	5,4	10,9	1,8
Merkez	9,0 b	6,2	14,9	3,1
Orman	10,7 c	8,4	12,3	1,5
F	10,222***			

***: İstatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır ($p < 0.001$).

Çalışmaya konu olan yol tozlarında Tablo 4.4’de belirtilen Co konsantrasyonunun bu çalışma içerisinde değerlendirilen yerlerdeki değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde olduğu anlamlı olduğu belirlenmiştir. Co konsantrasyonunun mahallede 5,7 ppm ile 10,6 ppm, sanayide 4,4 ppm ile 8,2 ppm ana yolda 5,4 ppm ile

10,9 ppm, merkezde 6,2 ppm ile 14,9 ppm ve ormanda 8,4 ppm ile 12,3 ppm değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek değerler arasında mahallede 1,8 kat, sanayide 1,1 kat, ana yolda 2 kat, merkezde 2,4 kat ve ormanda 1,4 kat fark olduğu hesaplanmıştır. Duncan testi sonucuna göre mahalle, yol ve merkezde elde edilen değerler ikinci grupta, sanayide elde edilen değer (5,9 ppm) ilk grupta yer alırken ormanda elde edilen değer (10,7 ppm) ise son grupta yer almıştır. En yüksek değer 10,7 ppm ile ormanda elde edilirken en düşük değer 5,9 ppm ile sanayide elde edilmiştir.

Co konsantrasyonunun lokasyon bazında değişimini gösteren grafik Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Co (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Çalışmaya konu Cd konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5 Cd elementinin değişimi

YER	Ortalama (ppm)	En dūřuk (ppm)	En yūkses (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	3,8 a	2,9	6,1	1,2
Sanayi	2,5 a	2,3	2,9	0,2
Ana Yol	3,9 b	2,9	4,6	0,6
Merkez	3,8 b	2,4	5,1	1,0
Orman	4,5 c	3,9	5,1	0,5
F	11,967***			

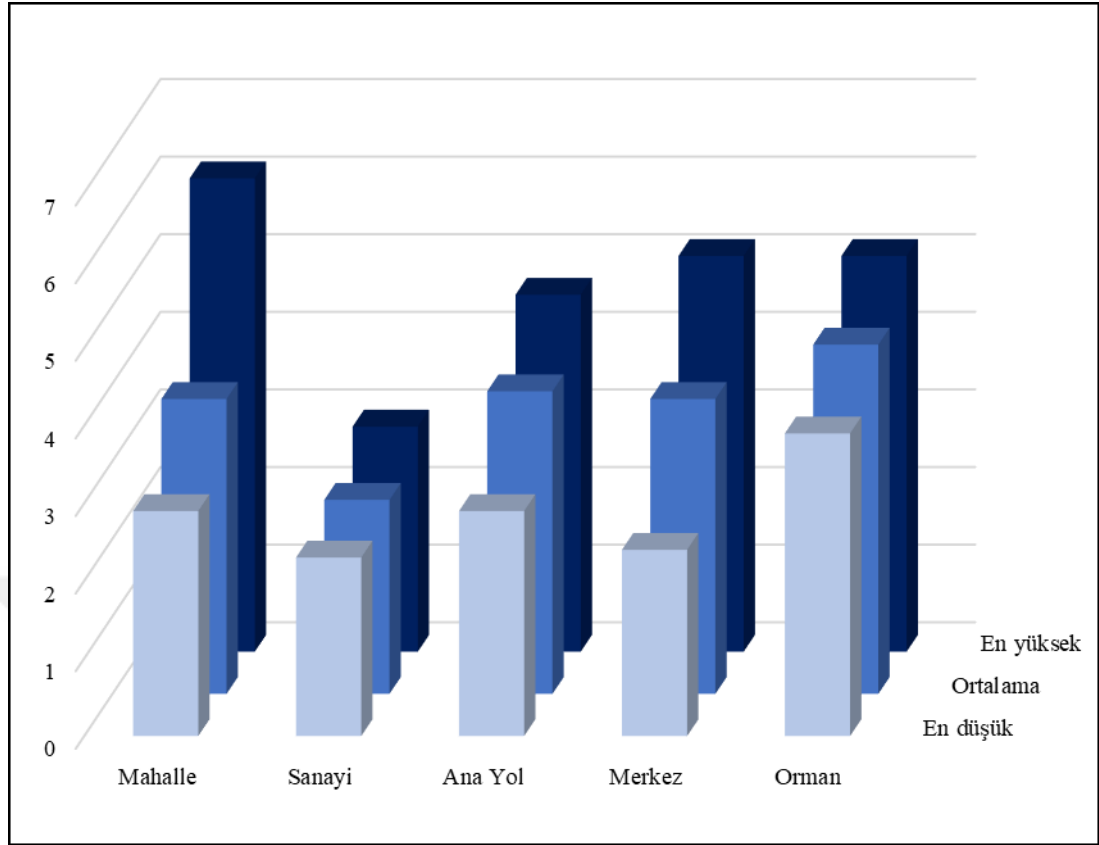
***: İstatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlıdır ($p < 0.001$).

Tablo 4.5’de belirtilen Cd konsantrasyonunun deęiřimlerini gōsteren tablo deęerleri incelendięinde yer bazındaki lokasyonlarının istatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlı olduęu gōrūlmektedir.

Cd konsantrasyonunun mahallede 2,9 ppm ile 6,1 ppm, sanayide 2,3 ppm ile 2,9 ppm, ana yolda 2,9 ppm ile 4,6 ppm, merkezde 2,4 ppm ile 5,1 ppm ve ormanda 3,9 ppm ile 5,1 ppm arasında deęiřtięi belirlenmiřtir. En dūřuk ve en yūkses deęerler arasında mahallede ve merkezde 2,1 kat, sanayide 1,2 kat, ana yolda 1,5 kat ve ormanda 1,3 kat fark olduęu hesaplanmıřtır. Duncan testi sonucunda bu veriler 3 grupta toplanmıř; mahalle ve sanayide elde deęerler ilk grupta, yol ve merkezdeki deęerler ikinci grupta, ormandaki deęerler ise son grupta yer almıřtır.

Cd konsantrasyonunun yer bazında deęiřimine iliřkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuēları, en yūkses ve en dūřuk deęerleri ile standart sapma deęerleri Tablo 6’da verilmiřtir.

Cd konsantrasyonunun lokasyon, ortalama, en dūřuk ve en yūkses deęiřim deęerlerini daha net inceleyebilmek amacı ile oluřturulan grafik řekil 4.5’de verilmiřtir.



Şekil 4.5 Cd (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Bu çalışma kapsamında Cr konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6 Cr elementinin değişimi

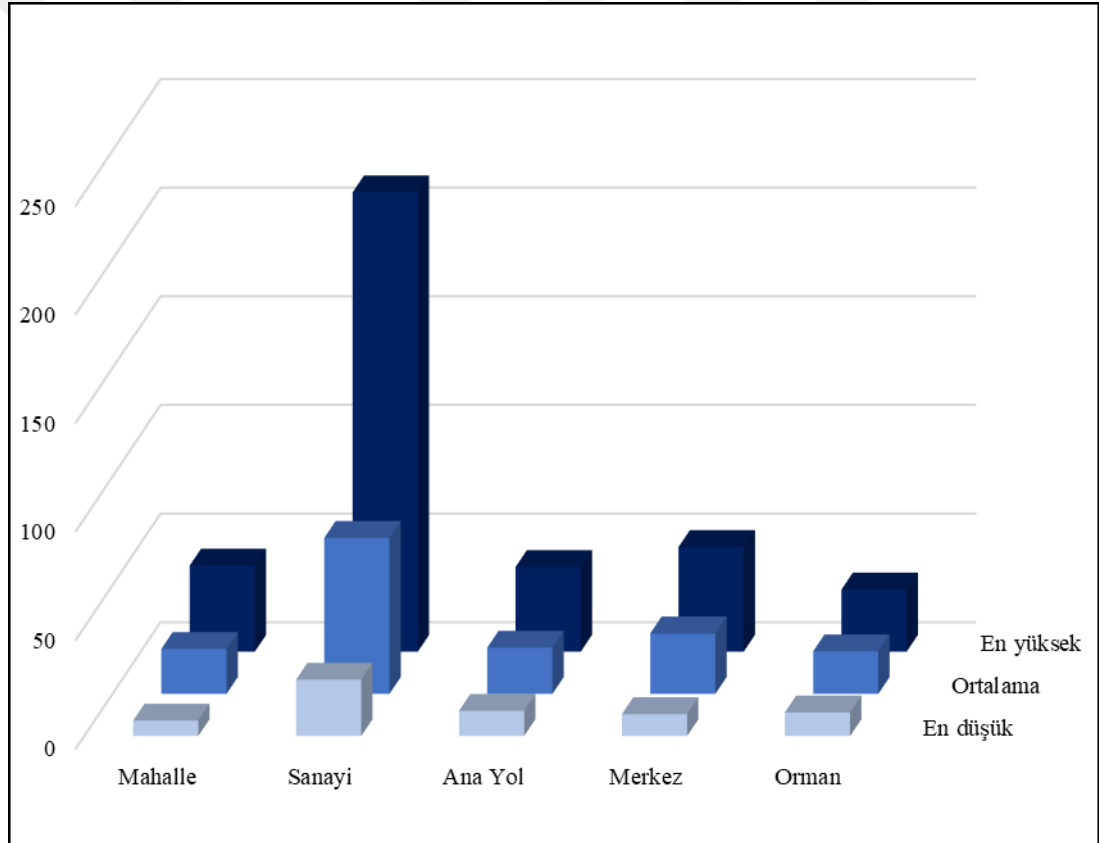
YER	Ortalama (ppm)	En düşük (ppm)	En yüksek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	20,7 a	7,1	39,6	11,9
Sanayi	71,8 b	25,9	211,4	72,8
Ana Yol	21,3 a	11,6	39,0	9,6
Merkez	27,8 a	10,1	48,2	14,5
Orman	19,6 a	10,9	28,6	8,4
F	6,314***			

***: İstatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır ($p < 0.001$).

Çalışmaya konu olan yol tozlarında Tablo 4.6’da Cr konsantrasyonunun, çalışma içerisinde değerlendirilen konumlarındaki değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Cr konsantrasyonunun mahallede 7,1 ppm ile 39,6 ppm, sanayide 25,9 ppm ile 211,4 ppm, ana yolda 11,6 ppm ile 39,0 ppm,

merkezde 10,1 ppm ile 48,2 ppm ve ormanda 10,9 ppm ile 28,6 ppm arasında deęiřtięi belirlenmiřtir. En dūřuk ve en yūksek deęerler arasında mahallede 5,5 kat, sanayide 8,4 kat, ana yolda 3,3 kat, merkezde 4,7 kat ve ormanda 2,6 kat fark olduęu hesaplanmıřtır. En dūřuk deęer 20,7 ppm ile mahallede elde edilirken en yūksek deęer 71,8 ppm ile sanayide elde edilmiřtir. Duncan testi sonucunda mahalle, yol, merkez ve ormanda elde edilen deęerler ilk grupta yer alırken sanayide elde edilen deęer (71,8 ppm) ikinci grupta yer almıřtır.

Cr konsantrasyonunun lokasyon bazında değişimini gōsterir grafik şekil 4.6’da verilmiştir.



şekil 4.6 Cr (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Çalıřma kapsamında Cu konsantrasyonun çalıřmaya konu lokasyonlardaki deęiřimi ortalama deęerleri, ortalama en dūřuk, en yūksek ve standart sapma deęerleri Tablo 4.7’de verilmiřtir.

Tablo 4.7 Cu elementinin değişimi

YER	Ortalama (ppm)	En dūřuk (ppm)	En yūkses (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	4,7 a	2,4	8,6	2,1
Sanayi	3,1 a	2,3	3,7	0,5
Ana Yol	50,4 b	8,0	105,7	44,2
Merkez	8,0 a	4,0	10,6	2,2
Orman	5,1 a	3,6	6,5	1
F	15,642***			

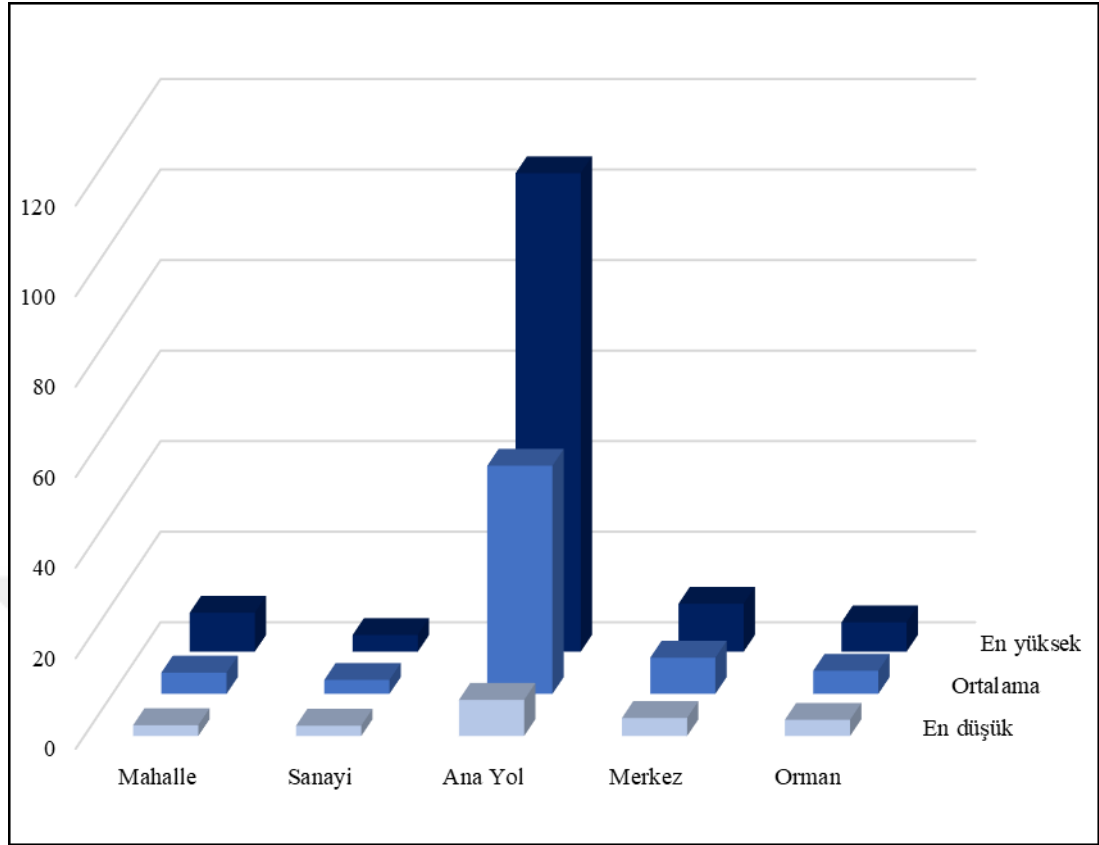
***: İstatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlıdır ($p < 0.001$).

Tablo 4.7’deki Cu konsantrasyonunun deęiřimlerini gōsteren deęerler incelendięinde yer bazındaki deęiřimlerinin istatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlı olduęu gōrūlmektedir.

Cu konsantrasyonun mahallede 2,4 ppm ile 8,6 ppm, sanayide 2,3 ppm ile 3,7 ppm, ana yolda 8,0 ppm ile 105,7 ppm, merkezde 4,0 ppm ile 10,6 ppm ve ormanda 3,6 ppm ile 6,5 ppm deęerleri arasında deęiřtięi belirlenmiřtir. En dūřuk ve en yūkses deęerler arasında mahallede 3,5 kat, sanayide 1,6 kat, ana yolda 13,2 kat, merkezde 2,6 kat ve ormanda 1,8 kat fark olduęu hesaplanmıřtır. Duncan testi sonucunda bu veriler 2 grupta toplanmıř; mahalle, sanayi, merkez ve ormanda elde deęerler ilk grupta, yolda elde edilen deęer ikinci grupta yer almıřtır.

Cu konsantrasyonunun yer bazında deęiřimine iliřkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları, en yūkses-en dūřuk deęerleri ile standart sapma deęerleri Tablo 4.7’de gōsterilmiřtir.

Cu konsantrasyonunun lokasyon, ortalama, en dūřuk ve en yūkses deęiřim deęerlerini daha net inceleyebilmek amacıyla oluřturulan grafik řekil 4.7’de verilmiřtir.



Şekil 4.7 Cu (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Bu çalışmadaki Ga konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8 Ga elementinin değişimi

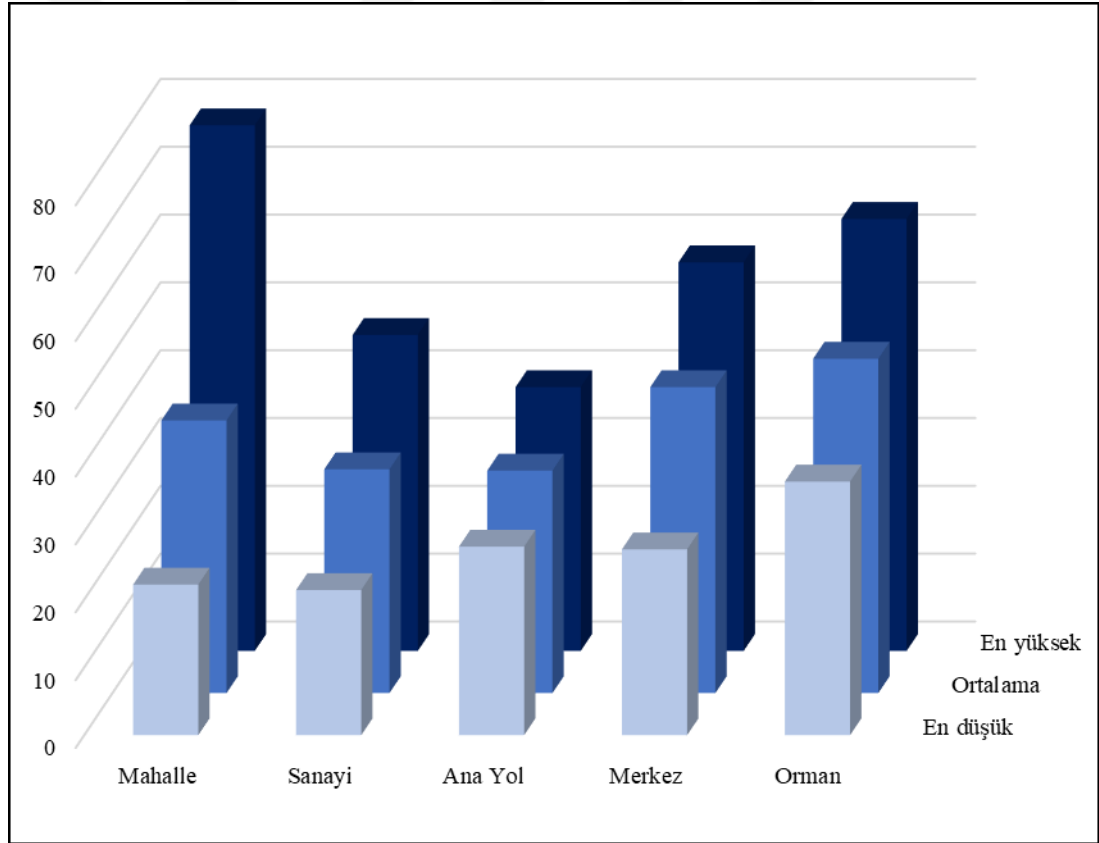
YER	Ortalama (ppm)	En düşük (ppm)	En yüksek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	40,2 ab	22,2	77,5	19,4
Sanayi	33,0 a	21,4	46,6	8,7
Ana Yol	32,8 a	27,8	38,9	4,1
Merkez	45,1 b	27,4	57,3	10,8
Orman	49,3 b	37,4	63,7	10,1
F	5,457**			

** : İstatistiki olarak %99 güven düzeyinde anlamlıdır ($p < 0.01$).

Çalışmaya konu yol tozlarında Ga konsantrasyonunun çalışma kapsamında değerlendirilen konumlarındaki değişiminin istatistiki olarak %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ga konsantrasyonunun mahallede 22,2 ppm ile 77,5 ppm, sanayide 21,4 ppm ile 46,6 ppm, ana yolda 27,8 ppm ile 38,9 ppm, merkezde

27,4 ppm ile 57,3 ppm ve ormanda 37,4 ppm ile 63,7 ppm değerleri arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek değerler arasında mahallede 3,4 kat, sanayide 2,1 kat, ana yolda 1,4 kat, merkezde 2 kat ve ormanda 1,7 kat fark olduğu hesaplanmıştır. Duncan testi sonucunda mahallede elde edilen değer (40,2 ppm) ilk iki grupta yer alırken sanayi ve yolda elde edilen değerler ilk grupta, merkez (45,1 ppm) ve ormanda (49,3 ppm) elde edilen değerler ise son grupta yer almıştır. En düşük değer 32,8 ppm ile sanayide elde edilirken en yüksek değer 49,3 ile ormanda yer almıştır. (Tablo 4.8)

Ga konsantrasyonunun lokasyon bazında değişimini gösteren grafik Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8 Ga (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Bu çalışma kapsamında Li konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9 Li elementinin değişimi

YER	Ortalama (ppm)	En dūřuk (ppm)	En yūkses (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	4,7 bc	2,5	7,4	1,5
Sanayi	3,1 a	2,4	3,7	0,4
Ana Yol	3,8 ab	2,4	6,0	1,2
Merkez	5,6 c	2,3	8,8	2,3
Orman	8,5 d	6,8	12,5	2,3
F	19,262***			

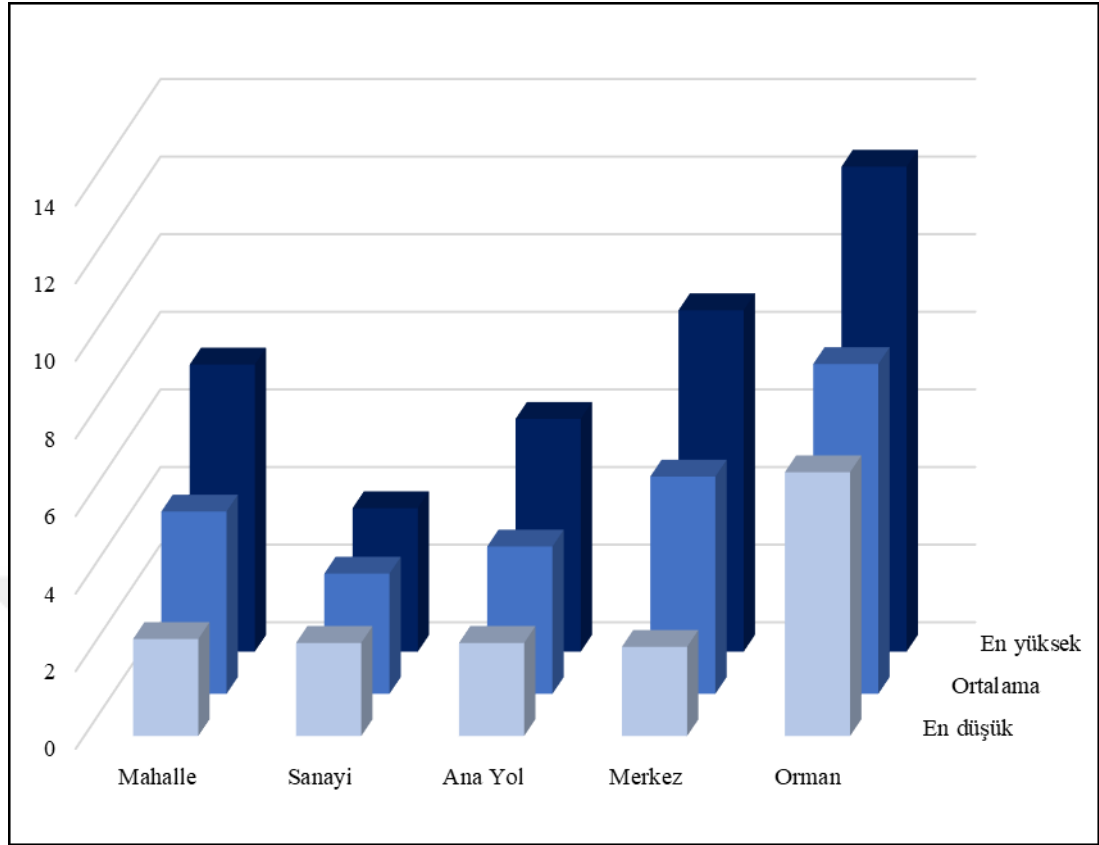
***: İstatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlıdır ($p < 0.001$).

Çalıřmaya konu Li konsantrasyonunun deęiřimini gōsteren Tablo 4.9 deęerleri incelendięinde, Li konsantrasyonunun yer bazında deęiřiminin istatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlı olduęu gōrūlmektedir.

Li konsantrasyonunun mahallede 2,5 ppm ile 7,4 ppm, sanayide 2,4 ppm ile 3,7 ppm, ana yolda 22,4 ppm ile 3,7 ppm, merkezde 2,3 ppm ile 8,8 ppm ve ormanda 6,8 ppm ile 12,5 ppm arasında deęiřiklik gōsterdięi belirlenmiřtir. En dūřuk ve en yūkses deęerler arasında mahallede 2,9 kat, sanayide 1,5 kat, ana yolda 2,5 kat, merkezde 3,8 kat ve ormanda 1,8 kat fark olduęu hesaplanmıřtır.

Duncan testi sonucunda veriler 4 grupta toplanmıř olup; sanayide elde edilen deęer ilk grupta, yolda elde edilen deęer ilk iki grupta, merkezde elde edilen deęer ūçūncū grupta yer alırken, ormanda elde edilen deęer son grupta yer almıřtır. Ormanda elde edilen deęerin (en yūkses deęer – 8,5 ppm) sanayide elde edilen deęerin (en dūřuk deęer – 3,1 ppm) yaklařık 3 katı olduęu hesaplanmıřtır.

Li konsantrasyonunun lokasyon, ortalama, en dūřuk ve en yūkses deęiřim deęerlerini daha net inceleyebilmek amacı ile oluřturulan grafik řekil 4.9’da verilmiřtir.



Şekil 4.9 Li (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Çalışma kapsamında Mg konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Mg elementinin değişimi

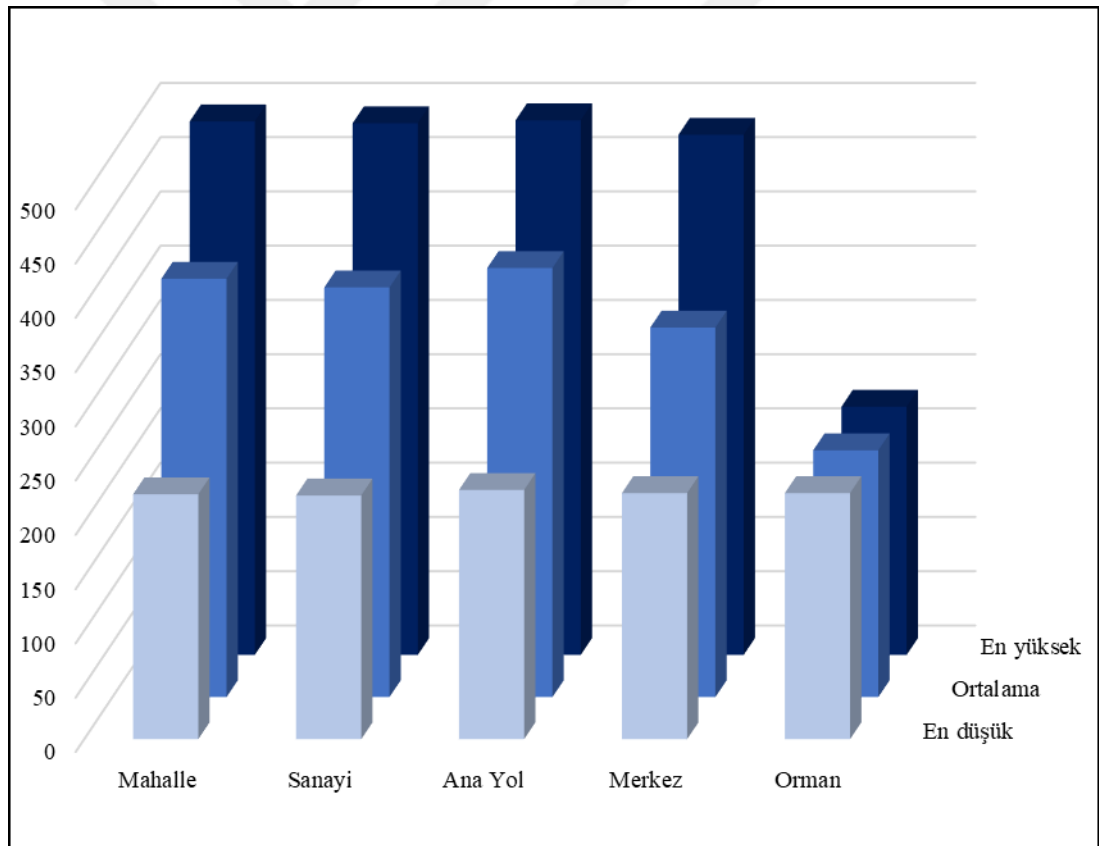
YER	Ortalama (ppm)	En düşük (ppm)	En yüksek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	385,5 b	225,7	491,7	126
Sanayi	377,5 b	224,6	490,0	129
Ana Yol	395,4 b	229,7	492,7	105,3
Merkez	340,5 b	226,8	479,4	100,8
Orman	227,4 a	226,8	228,8	0,8
F	5,434**			

** : İstatistiki olarak %99 güven düzeyinde anlamlıdır ($p < 0.01$).

Mg konsantrasyonunun değişimini gösteren değerler incelendiğinde, Mg konsantrasyonunun yer bazında değişiminin istatistiki olarak %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Mg konsantrasyonunun mahallede 225,7 ppm ile 491,7

ppm, sanayide 224,6 ppm ile 490,0 ppm, ana yolda 229,7 ppm ile 492,7 ppm, merkezde 226,8 ile 479,4 ppm ve ormanda 226,8 ppm ile 228,8 ppm arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek değerler arasında mahallede, sanayide, ana yolda, merkezde 2,1 kat iken ormanda 1 kat fark olduğu hesaplanmıştır. Duncan testi sonucunda veriler 2 grupta toplanmıştır. Mahalle, yol, sanayi ve merkezdeki değerler ikinci grupta yer alırken ormandaki değer ilk grupta yer almıştır. Yolda elde edilen değerin (en yüksek değer – 395,4 ppm) ormanda elde edilen değerin (en düşük değer – 227,4 ppm) yaklaşık 2 katı olduğu hesaplanmıştır. (Tablo 4.10)

Mg konsantrasyonunun lokasyon bazında değişimini gösterir grafik Şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.10 Mg (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Bu çalışmada Na konsantrasyonun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11 Na elementinin değişimi

YER	Ortalama (ppm)	En düşük (ppm)	En yüksek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	232,1 b	36,1	876,7	332,3
Sanayi	48,4 a	6,2	170,5	64,3
Ana Yol	268,1 b	141,4	673,3	210,1
Merkez	159,6 ab	39,5	407,6	146,2
Orman	117,3 ab	20,2	303,6	113,2
F	2,943*			

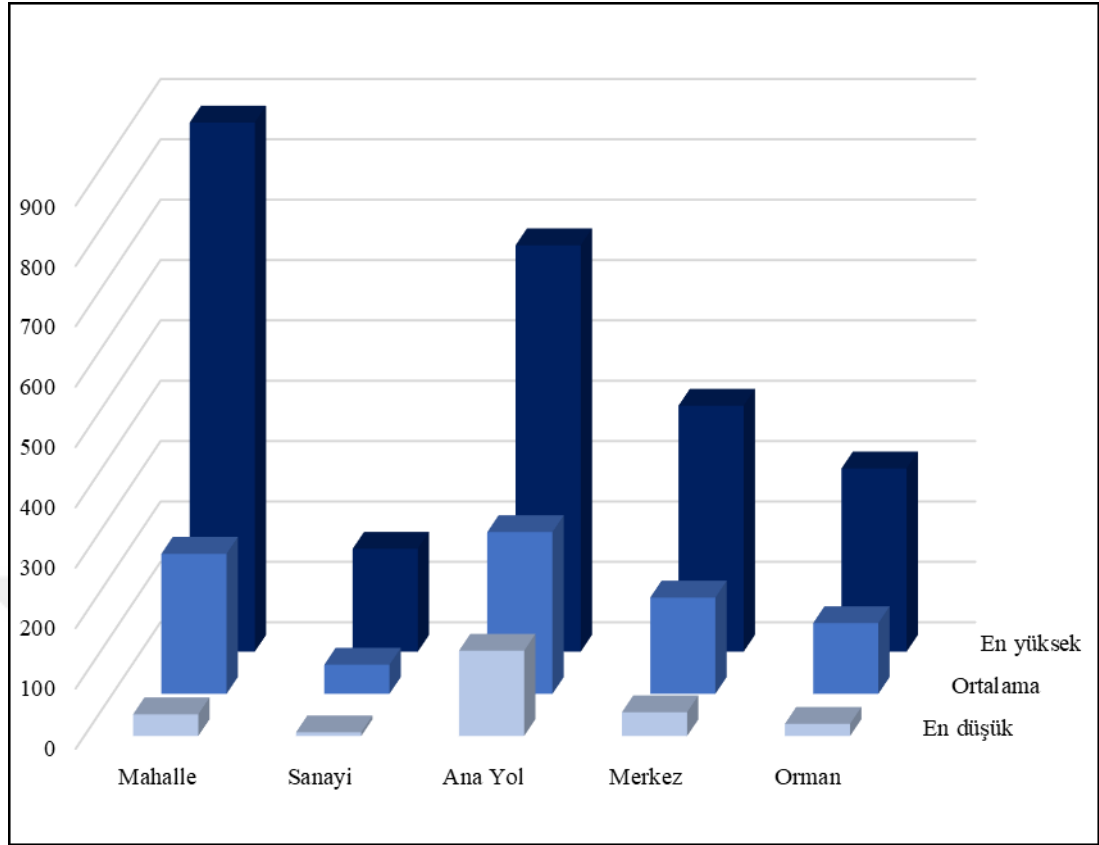
*: İstatistiki olarak %95 güven düzeyinde anlamlıdır ($p<0.05$).

Bu çalışmaya konu olan Na konsantrasyonunun yer bazındaki değişim verileri incelendiğinde %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Na konsantrasyonunun mahallede 36,1 ppm ile 876,7 ppm, sanayide 6,2 ppm ile 170,5 ppm, ana yolda 141,4 ppm ile 673,3 ppm, merkezde 39,5 ppm ile 407,6 ppm ve ormanda 20,2 ppm ile 303,6 ppm değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek değerler arasında mahallede 24,2 kat, sanayide 27,5 kat, ana yolda 4,7 kat, merkezde 10,3 kat ve ormanda ise 15 kat fark olduğu hesaplanmıştır.

Duncan testi sonucunda mahalle ve yolda elde edilen veriler ikinci grupta, sanayide elde edilen veriler ilk grupta yer alırken, merkez ve ormanda elde edilen veriler ilk iki grupta yer aldığı belirlenmiştir. En yüksek değer 268,1 ppm ile yolda, en düşük değer 117,3 ile ormanda elde edilmiştir. (Tablo 4.11)

Na konsantrasyonunun lokasyon, ortalama, en düşük ve en yüksek değişim değerlerini daha net inceleyebilmek amacıyla oluşturulan grafik Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11 Na (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Çalışma kapsamında Ni konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 13.'de verilmiştir.

Tablo 4.12 Ni elementinin değişimi

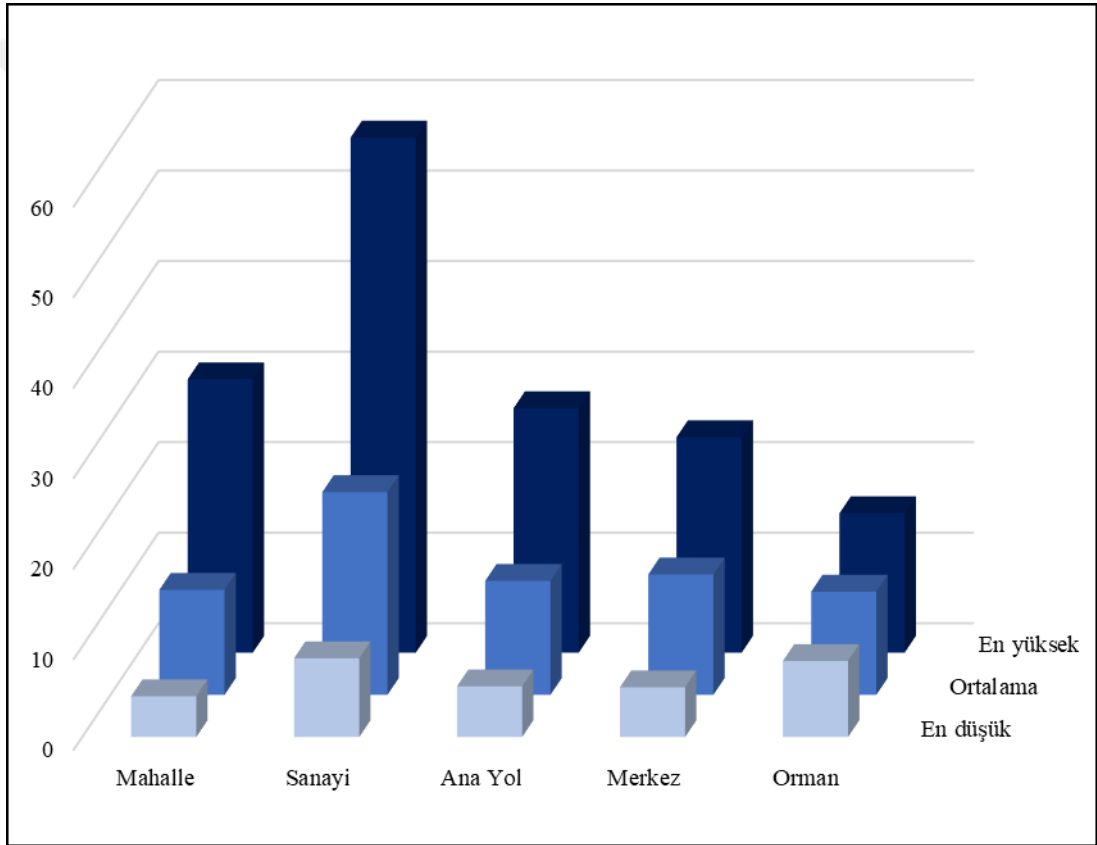
YER	Ortalama (ppm)	En düşük (ppm)	En yüksek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	11,6 a	4,5	30,2	9,7
Sanayi	22,4 b	8,7	56,9	18,3
Ana Yol	12,6 a	5,6	27,0	7,6
Merkez	13,3 a	5,5	23,8	6,3
Orman	11,4 a	8,4	15,4	2,5
F	2,896*			

*: İstatistiki olarak %95 güven düzeyinde anlamlıdır ($p < 0.05$).

Verilen Ni konsantrasyonunun yer bazındaki değişimlerinin Tablo 4.12'deki değerleri incelendiğinde, verilerin iki grupta yer aldığı görülmektedir. Ni konsantrasyonunun mahallede 4,5 ppm ile 30,2 ppm, sanayide 8,7 ppm ile 56,9 ppm, ana yolda 5,6 ppm ile 27,0 ppm, merkezde 5,5 ppm ile 23,8 ppm ve ormanda 8,4 ppm ile 15,4 ppm

değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek değerler arasında mahallede 6,7 kat, sanayide 6,5 kat, ana yolda 4,8 kat, merkezde 4,3 kat ve ormanda 1,8 kat fark olduğu hesaplanmıştır. Mahalle, yol, merkez ve ormanda elde edilen değerler ilk grupta yer alırken sanayide elde edilen değerlerin ikinci grupta yer almıştır. En düşük değer ormanda (11,4 ppm) elde edilirken en yüksek değer sanayide (22,4 ppm) elde edilmiştir.

Ni konsantrasyonunun lokasyon bazında değişimini gösteren grafik Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12 Ni (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Çalışmaya konu olan Pb konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13 Pb elementinin değişimi

YER	Ortalama (ppm)	En dūřuk (ppm)	En yūkek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	16,2 a	11,2	26,9	5,7
Sanayi	18,1 a	9,9	47,8	15,3
Ana Yol	39,5 b	19,9	54,2	13,2
Merkez	19,5 a	13,7	28,3	4,6
Orman	18,6 a	16,1	23,9	2,9
F	14,744***			

***: İstatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlıdır ($p < 0.001$).

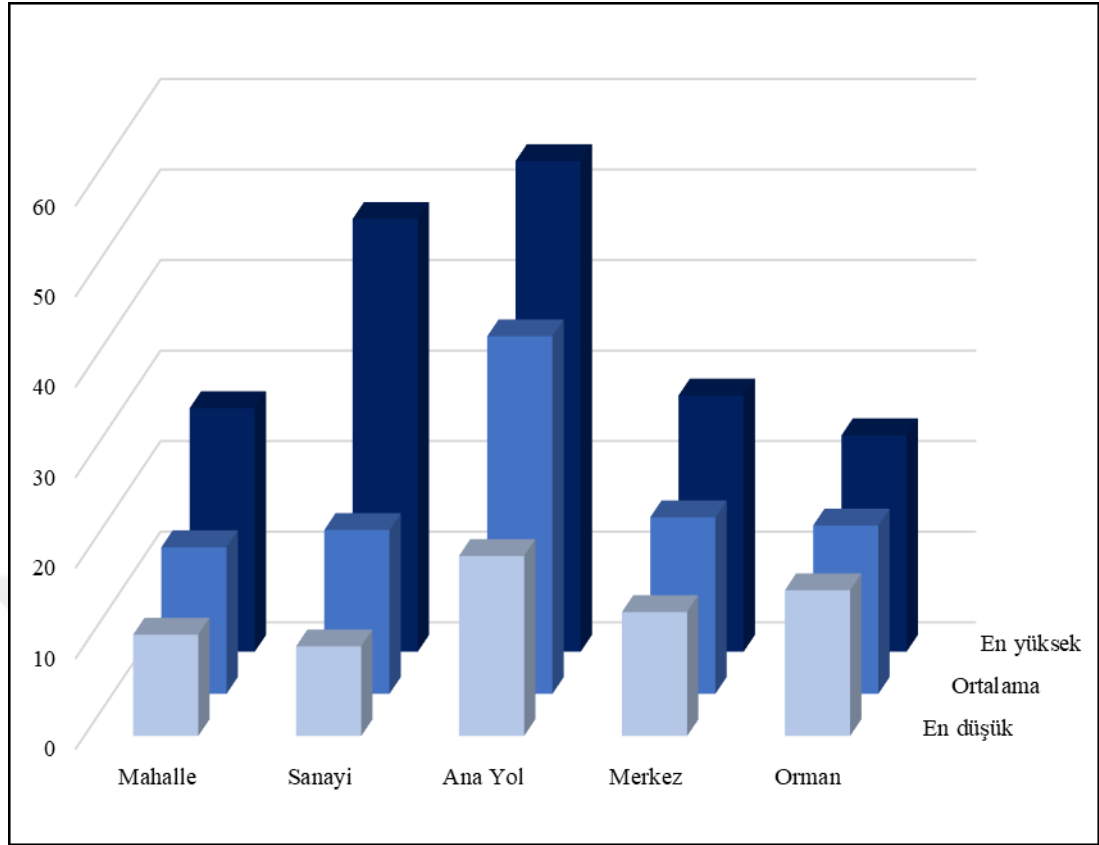
Pb konsantrasyonunun yer bazında deęiřimine iliřkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuēları en dūřuk, en yūkek deęerler ile standart sapma deęerleri Tablo 14.'de verilmiřtir.

Pb konsantrasyonunun mahallede 11,2 ppm ile 26,9 ppm, sanayide 9,9 ppm ile 47,8 ppm, ana yolda 19,9 ppm ile 54,2 ppm, merkezde 13,7 ppm ile 28,3 ppm ve ormanda 16,1 ppm ile 23,9 ppm deęerleri arasında deęiřtięi belirlenmiřtir. En dūřuk ve en yūkek deęerler arasında mahallede 2,4 kat, sanayide 4,8 kat, ana yolda 2,7 kat, merkezde 2 kat ve ormanda 1,4 kat fark olduęu hesaplanmıřtır.

ēalıřmaya konu yol tozlarında Pb konsantrasyonunun, ēalıřma kapsamında deęerlendirilen lokasyonlardaki deęiřiminin istatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlı olduęu belirlenmiřtir. En dūřuk deęer 16,2 ppm ile mahallede elde edilirken en yūkek deęer 39,5 ppm ile yolda elde edilmiřtir.

Duncan testi sonucunda mahalle, sanayi, merkez ve ormanda elde edilen değerler ilk grupta yer alırken, yolda elde edilen ikinci grupta yer almıştır.

Pb konsantrasyonunun lokasyon, ortalama, en dūřuk ve en yūkek deęiřim deęerlerini daha net inceleyebilmek amacı ile oluřturulan grafik řekil 4.13'de verilmiřtir.



Şekil 4.13 Pb (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Bu çalışmada Zn konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.14’de verilmiştir.

Tablo 4.14 Zn elementinin değişimi

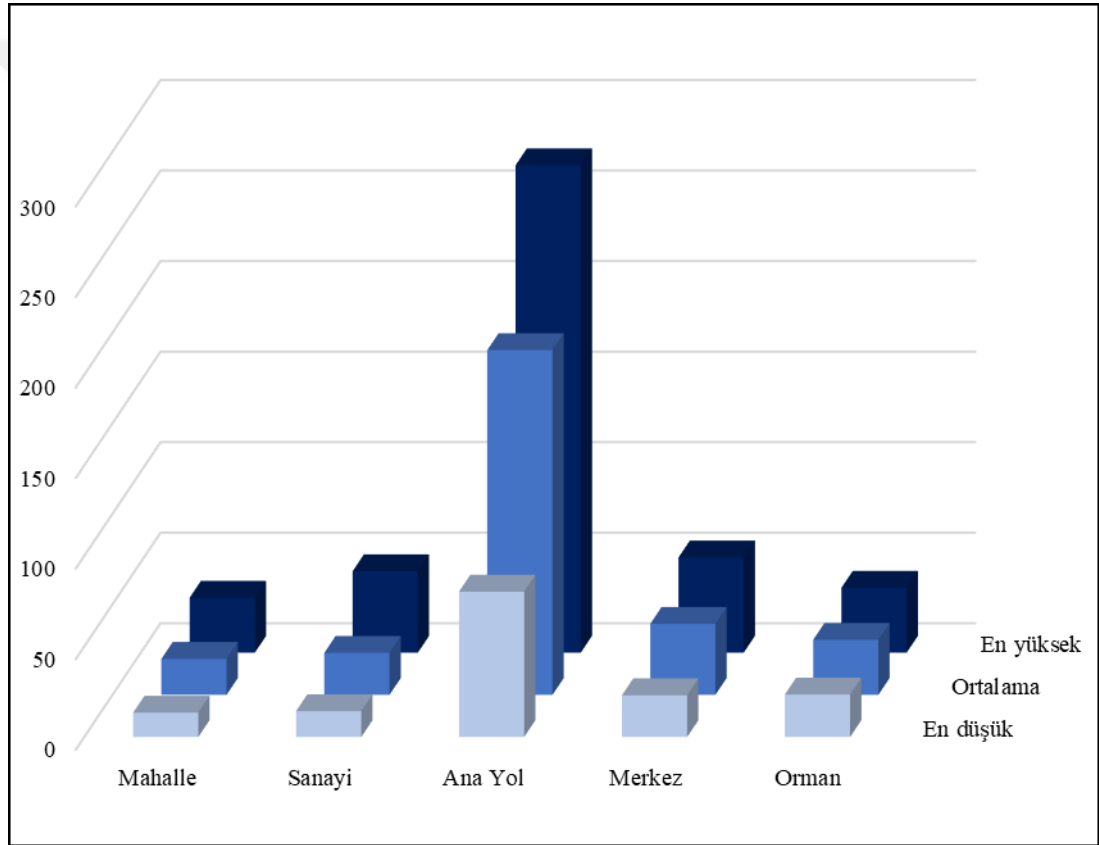
YER	Ortalama (ppm)	En düşük (ppm)	En yüksek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	19,9 a	13,5	30,4	6,1
Sanayi	23,2 a	14,3	45,0	11,9
Ana Yol	190,4 b	80,3	269,2	80,9
Merkez	39,2 a	23,1	52,6	10,6
Orman	30,4 a	23,5	35,9	4,4
F	57,685***			

***: İstatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır ($p < 0.001$).

Zn konsantrasyonunun değişimini gösteren Tablo 4.14’deki değerler incelendiğinde, Zn konsantrasyonunun yer bazındaki değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Zn konsantrasyonunun mahallede 13,5 ppm ile 30,4 ppm, sanayide 14,3 ppm ile 45,0 ppm, ana yolda 80,3 ppm ile 269,2 ppm,

merkezde 23,1 ppm ile 52,6 ppm ve ormanda 23,5 ppm ile 35,9 ppm değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek değerler arasında mahallede 2,2 kat, sanayide 3,1 kat, ana yolda 3,3 kat, merkezde 2,2 kat ve ormanda 1,5 kat fark olduğu hesaplanmıştır. Duncan testi sonucunda veriler 2 grupta toplanmıştır. Yolda elde edilen değer (en yüksek değer – 190,4 ppm) mahallede elde edilen değer (en düşük değer – 19,9 ppm) yaklaşık 9,5 katı olduğu hesaplanmıştır.

Zn konsantrasyonunun lokasyon bazında değişimini gösterir grafik Şekil 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.14 Zn (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Çalışma kapsamında Ag konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.15’de verilmiştir.

Tablo 4.15 Ag elementinin değişimi

YER	Ortalama (ppm)	En dūřuk (ppm)	En yūkek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	2,3 c	1,3	3,5	0,8
Sanayi	1,3 a	1,2	1,6	0,2
Ana Yol	1,9 bc	1,3	2,5	0,4
Merkez	1,6 ab	1,2	2,2	0,4
Orman	1,8 abc	1,5	2,3	0,3
F	3,544*			

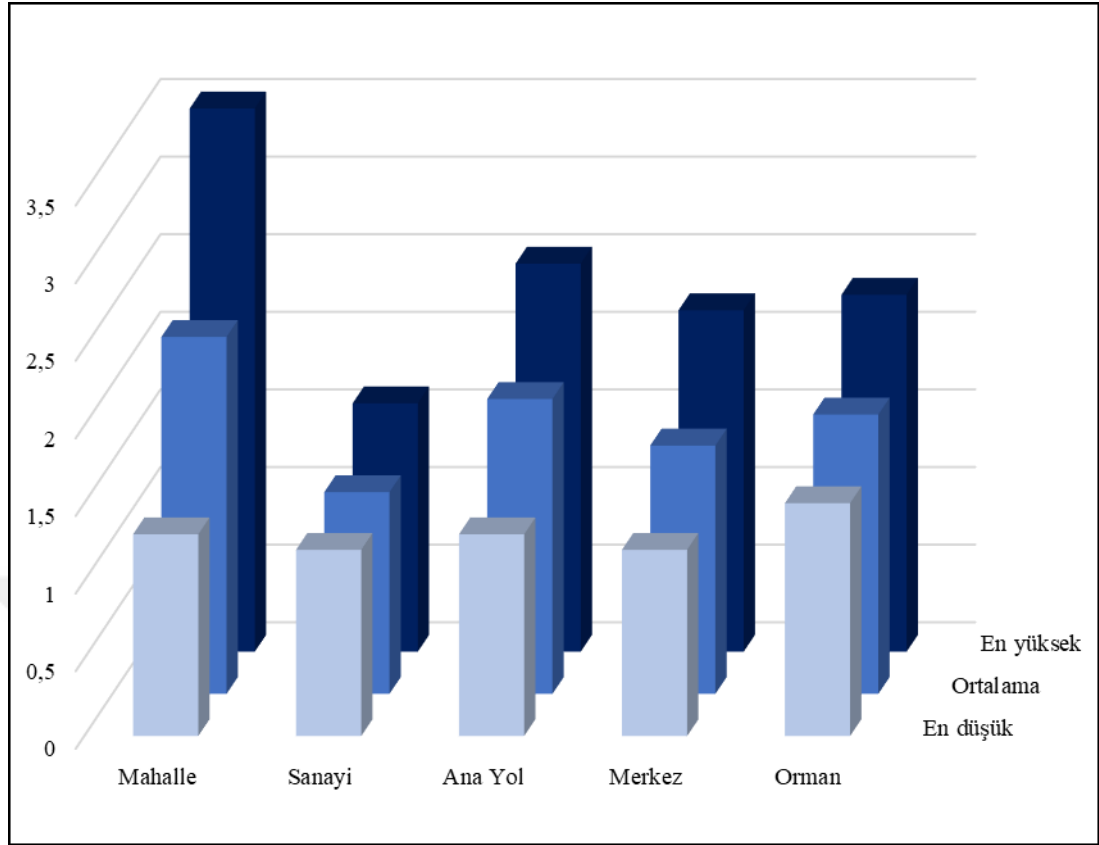
*: İstatistiki olarak %95 gūven dūzeyinde anlamlıdır ($p<0.05$).

Verilen Ag konsantrasyonunun yer bazındaki deęiřimlerinin Tablo 4.15’deki deęerleri incelendięinde, verilerin ūç grupta yer aldıęı gōrūlmektedir.

Ag konsantrasyonunun mahallede 1,3 ppm ve 3,5 ppm, sanayide 1,2 ppm ile 1,6 ppm, ana yolda 1,3 ppm ile 2,5 ppm, merkezde 1,2 ppm ile 2,2 ppm ve ormanda ise 1,5 ppm ile 2,3 ppm deęerleri arasında deęiřiklik gōsterdięi belirlenmiřtir. En dūřuk ve en yūkek deęerler arasında mahallede 2,6 kat, sanayide 1,3 kat, ana yolda 1,9 kat, merkezde 1,8 kat ve ormanda 1,5 kat fark olduęu hesaplanmıřtır.

Duncan testi sonucunda sanayi ve mahallede elde edilen deęerlerin ilk ve son grupta, merkezde elde edilen deęerlerin ilk iki grupta, yolda elde edilen deęerin son iki grupta yer alırken, ormanda elde edilen deęer her ūç grupta da (abc) yer almıřtır. En dūřuk deęer sanayide (1,3 ppm) elde edilirken en yūkek deęer mahallede (2,3 ppm) elde edilmiřtir.

Ag konsantrasyonunun lokasyon, ortalama, en dūřuk ve en yūkek deęiřim deęerlerini daha net inceleyebilmek amacıyla oluřturulan grafik řekil 4.15’de verilmiřtir.



Şekil 4.15 Ag (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Çalışmaya konu olan S konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.16’da verilmiştir.

Tablo 4.16 S elementinin değişimi

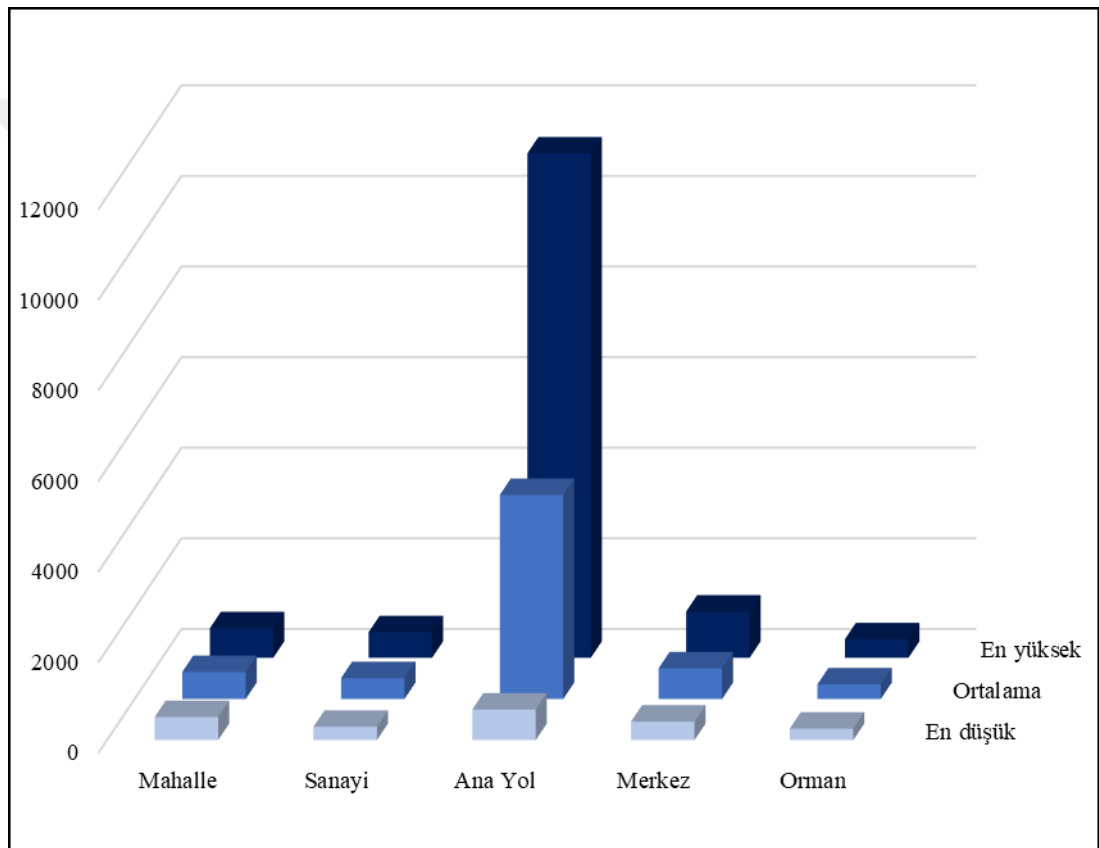
YER	Ortalama (ppm)	En düşük (ppm)	En yüksek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	594,7 a	510,1	650,3	48,2
Sanayi	458,1 b	294,1	563,5	99,7
Ana Yol	4502,5 b	674,0	11.131,4	3657,4
Merkez	674,5 a	408,1	1019,5	198,5
Orman	320,5 a	253,4	409,0	58,8
F	17,713***			

***: İstatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır ($p < 0.001$).

Tablo 4.16’deki S konsantrasyonunun değişimini gösteren değerler incelendiğinde, S konsantrasyonunun yer bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. S konsantrasyonunun mahallede 510,1 ppm ile 650,3 ppm, sanayide 294,1 ppm ile 563,5 ppm, ana yolda 674,0 ppm ile 11.131,4 ppm,

merkezde 408,1 ppm ile 1019,5 ppm ve ormanda 253,4 ppm ile 409,0 ppm değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek değerler arasında mahallede 1,2 kat, sanayide 1,9 kat, ana yolda 16,5 kat, merkezde 2,4 kat ve ormanda ise 1,6 kat fark olduğu hesaplanmıştır. Duncan testi sonucunda en yüksek değer (4502,5 ppm) ile yolda elde edilirken en düşük değerin (320,5 ppm) ile ormanda elde edilmiştir.

S konsantrasyonunun lokasyon bazında değişimini gösteren grafik Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16 S (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

Bu çalışmada V konsantrasyonunun çalışmaya konu lokasyonlardaki değişimi ortalama değerleri, ortalama en düşük, en yüksek ve standart sapma değerleri Tablo 4.17'de verilmiştir.

Tablo 4.17 V elementinin değişimi

YER	Ortalama (ppm)	En dūřuk (ppm)	En yūksek (ppm)	Standart Sapma
Mahalle	6,1 b	2,7	10,7	2,5
Sanayi	4,3 a	3,1	5,5	0,8
Ana Yol	5,8 b	4,0	9,6	1,8
Merkez	5,7 b	3,0	8,2	1,7
Orman	7,9 c	5,4	10,5	1,5
F	7,067***			

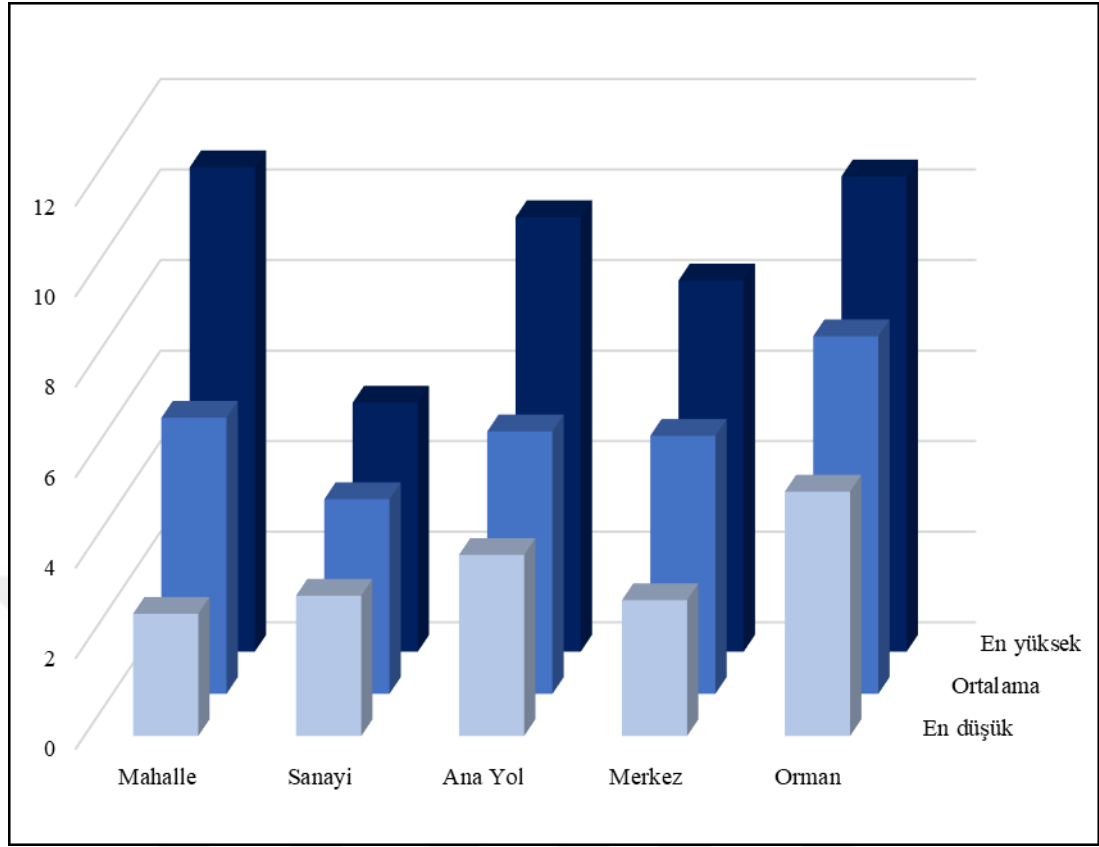
***: İstatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlıdır ($p < 0.001$).

Çalıřmaya konu yol tozlarında Tablo 4.17'deki V konsantrasyonunun, çalıřma kapsamında deęerlendirilen lokasyonlardaki deęiřiminin istatistiki olarak %99,9 gūven dūzeyinde anlamlı olduęu belirlenmiřtir.

V konsantrasyonunun mahallede 2,7 ppm ile 10,7 ppm, sanayide 3,1 ppm ile 5,5 ppm, ana yolda 4,0 ppm ile 9,6 ppm, merkezde 3,0 ppm ile 8,2 ppm ve ormanda 5,4 ppm ile 10,5 ppm deęerleri arasından deęiřiklik gōsterdięi belirlenmiřtir. En dūřuk ve en yūksek deęerler arasında mahallede 3,9 kat, sanayide 1,7 kat, ana yolda 2,4 kat, merkezde 2,7 kat ve ormanda 1,9 kat fark olduęu hesaplanmıřtır.

Duncan testi sonucunda sanayide elde edilen deęer ilk grupta, mahalle, yol ve merkezde elde edilen deęerlerin ikinci grupta yer alırken, ormanda elde edilen deęer son grupta yer almıřtır. En dūřuk deęer 4,3 ppm ile sanayide elde edilirken en yūksek deęer 7,9 ppm ile ormanda elde edilmiřtir.

V konsantrasyonunun lokasyon, ortalama, en dūřuk ve en yūksek deęiřim deęerlerini daha net inceleyebilmek amacı ile oluřturulan grafik řekil 4.17'de verilmiřtir.



Şekil 4.17 V (ppm) konsantrasyonunun lokasyona bağlı değişimi

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında Samsun'daki yol tozlarının belirli lokasyonlardaki ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir.

Çinko konsantrasyonu ana yolda diğer lokasyonların beş katı civarında olduğu tespit edilmiştir. Diğer lokasyonlarda en yüksek değer 52,6 ppm düzeyine çıkabilirken ana yolda ortalama 190,4 ppm seviyesinden en yüksek 269,2 ppm e kadar çıkmıştır. Ana yolun trafiğin önemli bir çinko kaynağı olduğunu göstermektedir. Bu konuda yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar alınmıştır. Pakistan'ın Lahor ve Faisalabad şehirlerinde en yüksek çinko konsantrasyonunun 49,5 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Qadeer vd., 2020).

Bu çalışmadaki kurşun konsantrasyonunun ana yolda yüksek seviyede olmasının nedeni kirliliğin temel faktörünün araç trafiğinden kaynaklı olduğunu göstermektedir. Yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Vural H., tarafından yapılan bir çalışmada bazı bölgelerde trafiğin az olduğu alanlarda 29,51 mg/kg civarında olan kurşun konsantrasyonunun aynı bölgedeki trafiğin yoğun olduğu alanlarda 50,25 mg/kg olarak belirlenmiştir (Vural, 2021).

Bu çalışma kapsamında bakır ve kükürt konsantrasyonları mahalle, sanayi, merkez ve orman lokasyonlarında birbirlerine yakın değerler arasındadır. Ancak diğer lokasyonlarda bakır konsantrasyonu en yüksek değer 10,6 ppm değere çıkabilirken ana yolda 50,4 ppm seviyesinden 105,7 ppm seviyesine kadar çıkmıştır. Bu şekilde bakır konsantrasyonunun ana yol lokasyonunda çok yüksek seviyelere çıktığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde kükürt konsantrasyonu diğer lokasyonlarda en yüksek 1019,5 ppm düzeyine çıkabilirken ana yolda 4502,5 ppm düzeyinden 11131,4 ppm düzeyine kadar çıkmıştır. Bakır ve kükürt konsantrasyonlarının ana yol lokasyonunda çok yüksek seviyede olmasının sebebi bakır ve kükürt kirliliğinin temel faktörünün taşıt trafiği olduğunun göstergesidir. Diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Bakır konsantrasyonu ile ilgili yapılan benzer bir çalışmada trafiğin yoğun olduğu alanlarda bazı toprak örneklerinde 25,56 mg/kg olan bakır konsantrasyonu aynı toprak

örneğinde trafiğin olmadığı alanlarda 11,73 mg/kg olduğu belirlenmiştir (Vural, 2021).

Krom konsantrasyonu sanayide diğer lokasyonların yaklaşık olarak 3,5 katı olduğu tespit edilmiştir. Diğer lokasyonlarda en yüksek değer 48,2 ppm değere çıkabilirken sanayide 71,8 ppm düzeyinden 211,4 ppm düzeyine kadar çıkmıştır. Mahalle, ana yol, merkez ve orman lokasyonlarında birbirlerine daha yakın değerler arasındadırlar. Fakat sanayide en yüksek konsantrasyon değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle krom konsantrasyonunun ana kaynağı sanayi olarak tespit edilmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada krom konsantrasyonunun trafiğin olmadığı bazı kısımlarında 138,68 ppm civarında olan krom konsantrasyonu aynı kısımdaki trafiğin yoğun olduğu kısımlarda 426,23 ppm olarak belirlenmiştir (Işınkaralar 2022c; Karaçocuk, 2021; Karacocuk vd., 2022).

Bu çalışma kapsamındaki Na elementinin diğer lokasyonlardaki göre ağır metal konsantrasyonlarına göre mahalle lokasyonunda bulunan değer diğer lokasyonlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada tür ve trafik yoğunluğu bazındaki çalışması incelendiğinde bazı bitki türlerinin trafiğin yoğun olduğu alanlarda 256,05 ppm olan Na konsantrasyonunun aynı türdeki trafiğin olmadığı alanlarda 179,22 ppm olarak belirlenmiştir (Karaçocuk, 2021).

Bu çalışma kapsamındaki Ni konsantrasyonunun diğer lokasyonlarda en yüksek değer 30,2 ppm değere çıkabilirken sanayide 22,4 ppm düzeyinden 56,9 ppm düzeyine kadar çıkmıştır. Mahalle, ana yol, merkez ve orman lokasyonlarında birbirlerine daha yakın değerler arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle Ni konsantrasyonunun ana kaynağının sanayi olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada Çetin vd. tarafından yapılan bir çalışmada bazı bölgelerde trafiğin olmadığı alanlarda 29,58 ppm olan Ni konsantrasyonunun trafiğin yoğun olduğu alanlarda 27,24 ppm olduğunu belirlemiştir (Çetin vd., 2022).

Bu çalışmadaki Mg, Pb, Cd, Co elementlerinin konsantrasyonlarının diğer ağır metallere oranla belirlenen lokasyonlarda birbirlerine yaklaşık değerler içerisinde

oldukları tespit edilmiştir. Bu elementlerin antropojenik kaynaklı olarak önemli ölçüde değişmediği toprak ana kayasına bağlı olarak şekillendiği düşünülmektedir.

Çalışmaya konu elementler insan sağlığı açısından son derece önemli elementlerdir. Bundan dolayı bu elementleri çevredeki konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar arasında Cr ve Mn (Karacocuk vd., 2022), Cr (Sevik, 2021), Ba (Key ve Kulaç, 2021), Pb ve Mg (Sevik vd., 2020b), Pb ve Cd (Isinkaralar, 2022d), Ni ve Co (Koç, 2021), Cu (Sevik, 2020), Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, P ve K (Kravkaz Kuscı vd., 2018) yer almaktadır.



6. ÖNERİLER

Cr ve Ni sanayi kaynaklı, Cu, Pb, Zn ve S trafik kaynaklı, Co, Mn ve K elementlerinin ise kentsel alanlar kaynaklı olarak yüksek konsantrasyona ulaştığı tespit edilmiştir. Bu bölgelerde bu elementlerin konsantrasyonlarını düşürmek için önlemler alınmalıdır. Örneğin bu bölgelerde belirtilen elementlerin fazla miktarda bünyesinde toplayan bitkilerin yetiştirilmesi veya mikrofloranın kullanılması gibi önlemler alınabilir. Ayrıca bu bölgelerdeki kirlilik seviyesi takip edilerek bu elementlerden dolayı zarar görebilecek riskli kişiler uyarılmalıdır.

Nüfus artışı ve hızlı kentleşme, genel olarak yol tozundan kaynaklı olarak şiddetli bir hava kirliliğine sebep olmaktadır. Yol tozları, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde birincil hava kirletici olarak kabul edilmektedir. Türkiye'nin nüfusu yoğun şehirlerinden biri olarak sayılabilecek olan Samsun'un farklı noktalarından toplanan yol tozu numunelerinde ağır metallerin çevre kirliliği indeksleri ile bu elementler arasındaki toksik etkiler araştırılmıştır. Ağır metallerin yol tozlarındaki ortalama konsantrasyonları çeşitli antropojenik kaynaklardan dolayı ortaya çıktığını ortaya koymuştur. Hızlı bir şekilde artan nüfus ve bununla birlikte sanayileşme, endüstriyel üretim ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirleticilerin salınımını artırmaktadır. Bu kirliliğe daha çok neden olan faktör ise motorlu taşıt sayısının her geçen gün daha fazla artmasından kaynaklanmaktadır. Kirletici oranlarının daha da fazla bir şekilde artacağı tahmin edilmektedir. Toplu taşıma kullanarak bu şekilde de kişisel araç kullanımını en aza indirgeyerek çevre kirliliğini en aza indirmek mümkün olabilir. Sanayilerdeki faaliyetlerde ve evlerin ısınmasında kullanılan kömür bazlı enerji tüketimi yerine doğalgaz kullanımı yaygın bir hale getirilerek mevcut durumun daha iyi bir hale geleceği öngörülmektedir. Bu olayların yanı sıra kentsel dönüşüm faaliyetleri ile oluşan partiküllerin, zehirli metaller içermesi nedeni ile önlem alınması önemli bir hale gelmektedir. Bu çalışma yapılacak olan kentsel yol tozları ile ilgili çalışmalara öncülük edecek ve yol tozlarının sağlık riskleri ile ilişkileri konusundaki farkındalığı arttıracaktır.

KAYNAKLAR

- Al-Shidi, H. K., Al-Reasi, H. A., & Sulaiman, H. (2022). Heavy metals levels in road dust from Muscat, Oman: relationship with traffic volumes, and ecological and health risk assessments. *International Journal of Environmental Health Research*, 32(2), 264-276.
- Al-Shidi, HK, Sulaiman, H., Al-Reasi, HA, Jamil, F., & Aslam, M. (2021). Maskat, Umman'da yol tozunun farklı parçacık boyutlarında ağır metallerin insani ve ekolojik risk değerlendirmesi. *Çevre Bilimi ve Kirlilik Araştırması* , 28 (26), 33980-33993.
- Ambade, B., Kumar, A., Kumar, A., & Sahu, L. K. (2022). Temporal variability of atmospheric particulate-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) over central east India: sources and carcinogenic risk assessment. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(1), 115-130.
- Anwar, S., Naz, A., Ashraf, M. Y., & Malik, A. (2020). Evaluation of inorganic contaminants emitted from automobiles and dynamics in soil, dust, and vegetations from major highways in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(26), 32494-32508.
- Apeagyei, E., Bank, M. S., & Spengler, J. D. (2011). Distribution of heavy metals in road dust along an urban-rural gradient in Massachusetts. *Atmospheric Environment*, 45(13), 2310-2323.
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2019). The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (3), 6723-6734.
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2020). The usability of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic-originated heavy metal concentrations in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29 (2): 1051-1057
- Ateşçi, Esin. (2022). *Removal Of Some Heavy Metals From Waste Water With Natural Materials As Adsorbent*. Yüksek Lisans Tezi, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi.
- Barsova, N., Yakimenko, O., Tolpeshta, I., & Motuzova, G. (2019). Current state and dynamics of heavy metal soil pollution in Russian Federation—A review. *Environmental pollution*, 249, 200-207.
- Boğa, A. (2007). Ağır metallerin özellikleri ve etki yolları. *Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Adana*, 16, 218.

- Canturk, U., & Kulaç, Ş. (2021). The effects of climate change scenarios on *Tilia* spp. in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(12), 1-15.
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Abo Aisha, AES., Alrabiti, OBM., Aljama, AMO., Jawed, AA., Cetin, M., Sevik, H., Ozel, HB. (2021). The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research (Environ Sci Pout Res)* 2021. DOI: 10.1007/s11356-021-13166-4; <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13166-4>
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Cetin, M., Sevik, H., Ozel, H.B. (2022). The Use of *Cupressus arizonica* as a Biomonitor of Li, Fe, and Cr Pollution in Kastamonu. *Water Air Soil Pollut.* 233, 193. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05667-w>
- Cetin, M., Aljama, A.M.O., Alrabiti, O.B.M., Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022a). Determination and Mapping of Regional Change of Pb and Cr Pollution in Ankara City Center. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(5), 1-10.
- Cetin, M., Aljama, A.M.O., Alrabiti, O.B.M. Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022b). Using Topsoil Analysis to Determine and Map Changes in Ni Co Pollution. *Water Air Soil Pollut* 233, 293 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05762-y>
- Cetin, M., Onac, A. K., Sevik, H., & Sen, B. (2019a). Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(3), 311-316.
- Cetin, M., Sevik, H., Aricak, B., Ozturk, A., Genc, C. O., Aisha, A. E. S. A., Jawed, A.A., Aljama, A.M.O. & Alrabiti, O. B. M. (2019b). The Investigation of the Changing in Concentration of Some Heavy Metals in Seeds, Leaves, and Branches because of Traffic Density: a Case Study of *Acer Platanoides*. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 83-92.
- Cetin, M., Sevik, H., & Cobanoglu, O. (2020). Ca, Cu, and Li in washed and unwashed specimens of needles, bark, and branches of the blue spruce (*Picea pungens*) in the city of Ankara. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(17), 21816-21825.
- Cetin, M., Sevik, H., Koc, I., Zeren Cetin, I., (2023). The change in biocomfort zones in the area of Mugla province in near future due to the global climate change scenarios, *Journal of Thermal Biology*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103434>.
- Chenery, S., Sarkar, S. K., Chatterjee, M., Marriott, A. L., & Watts, M. J. (2020). Heavy metals in urban road dusts from Kolkata and Bengaluru, India: implications for human health. *Environmental Geochemistry and Health*, 42(9), 2627-2643.

- Çetin, M., Aljama, AMO, Alrabiti, OBM, Adıgüzel, F., Sevik, H., & Zeren Çetin, I. (2022). Ni Co kirliliğindeki değişiklikleri belirlemek ve haritalamak için üst toprak analizinin kullanılması. *Su, Hava ve Toprak Kirliliği*, 233 (8), 1-11.
- Dogan, S., Kilicoglu, C., Akinci, H., Sevik, H., Cetin, M. (2023). Determining the suitable settlement areas in Alanya with GIS-based site selection analyses. *Environmental Science and Pollution Research (Environ Sci Pollut Res)* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24246-4>
- Elajail, I.S.I., Sevik, H., Ozel, H.B., Isik, B. (2022). Examining The Chemical Compositions of Mineral Concrete Agents in Terms of Their Environmental Effects, *Feb-fresenius environmental bulletin*. 31(9); 9784-9790
- Elajail, I. S. I., & Sevik, H. (2022a). Çevresel Etkileri Bakımından Bazı Mineral Beton Katkı Maddelerinin Ga, Ag ve B İçeriklerinin Değerlendirilmesi. *Icontech International Journal*, 6(3), 83-93.
- Elajail, I. S. I., & Sevik, H. (2022b). Assessing the Co, Bi, and Mg Contents of Some Mineral Concrete Additives in terms of Environmental Effects. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(2), 128-134.
- Elsunousi, AAM., Sevik, H., Cetin, M., Ozel, HB., Uzun Ozel, H. (2021). Periodical and regional change of particulate matter and CO2 concentration in Misurata. *Environ Monit Assess* 193: 707 (2021). DOI: 10.1007/s10661-021-09478-0
- Fang, T., Jiang, T., Yang, K., Li, J., Liang, Y., Zhao, X., & Cui, K. (2021). Biomonitoring of heavy metal contamination with roadside trees from metropolitan area of Hefei, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(3), 1-14.
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15, 415–424.
- Gupta, S. K., & Elumalai, S. P. (2019). Dependence of urban air pollutants on morning/evening peak hours and seasons. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 76(4), 572-590.
- Haynes, H. M., Taylor, K. G., Rothwell, J., & Byrne, P. (2020). Characterisation of road-dust sediment in urban systems: a review of a global challenge. *Journal of Soils and Sediments*, 20(12), 4194-4217.
- Isinkaralar, K. (2022a). Some atmospheric trace metals deposition in selected trees as a possible biomonitor. *Rom Biotechnol Lett.*; 27(1): 3227-3236. DOI: 10.25083/rbl/27.7/3227-3236.
- Isinkaralar, K. (2022b). Atmospheric deposition of Pb and Cd in the *Cedrus atlantica* for environmental biomonitoring. *Landscape and Ecological Engineering*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11355-022-00503-z>

- Isinkaralar, K. (2022c). Temporal variability of trace metal evidence in *Cupressus arizonica*, *Platanus orientalis*, and *Robinia pseudoacacia* as pollution-resistant species at an industrial site. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 250.
- Isinkaralar, K. (2020). Removal of Formaldehyde and BTEX in Indoor Air Using Activated Carbon Produced from Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) Shell. Ph.D. Thesis Hacettepe University Institute of Science Department of Environmental Engineering. Ankara, Turkey.
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Sevik, H. (2022a). Usability of Some Landscape Plants in Biomonitoring Technique: an Anaysis With Special Regard to Heavy Metals, *Kent Akademisi Dergisi*, 15(3):1413-1421. <https://doi.org/10.35674/kent.1078472>
- Isinkaralar, K., Koc, I., Erdem, R., Sevik, H. (2022b). Atmospheric Cd, Cr, and Zn Deposition in Several Landscape Plants in Mersin, Türkiye. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233, 120.
- Isinkaralar, K. & Erdem, R. (2022). The effect of atmospheric deposition on potassium accumulation in several tree species as a biomonitor. *Environmental Research and Technology*, 5(1); 94-100. DOI: 10.35208/ert.1026602
- Isinkaralar, K. (2022a). Kütahya kent merkezinde hava kalitesinin zamansal ve mekansal değişimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(1), 152-160.
- Isinkaralar, K. (2022b). Performance of gas-phase toluene by adsorption onto activated carbon prepared from robinia pseudoacacia l. as lignocellulosic material. *Sakarya University Journal of Science*, 26(2), 410-420.
- Isinkaralar, K. (2022c). Evaluation of environmental barium concentration biomonitoring in tree rings. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(4), 754-759.
- Isinkaralar, K. (2022d). Changes in Cadmium (Cd) concentrations in some plants depending on traffic density. *New Trends and Issues Proceedings on Advances in Pure and Applied Sciences*, (14), 63-70.
- Isinkaralar, O., & Varol, C. (2023). A cellular automata-based approach for spatio-temporal modeling of the city center as a complex system: The case of Kastamonu, Türkiye. *Cities*, 132, 104073.
- Isinkaralar, O., Varol, C., & Yilmaz, D. (2022). Digital mapping and predicting the urban growth: integrating scenarios into cellular automata—Markov chain modeling. *Applied Geomatics*, 1-11.
- Jia, M., Zhou, D., Lu, S., & Yu, J. (2021). Assessment of foliar dust particle retention and toxic metal accumulation ability of fifteen roadside tree species: Relationship and mechanism. *Atmospheric Pollution Research*, 12(1), 36-45.

- Jia, X., Fu, T., Hu, B., Shi, Z., Zhou, L., & Zhu, Y. (2020). Identification of the potential risk areas for soil heavy metal pollution based on the source-sink theory. *Journal of hazardous materials*, 393, 122424.
- Jonidi Jafari, A., Charkhloo, E., & Pasalari, H. (2021). Urban air pollution control policies and strategies: a systematic review. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19(2), 1911-1940.
- Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., Cetin, M (2022). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape Ecol Eng* 18, 75-83. <https://doi.org/10.1007/s11355-021-00483-6>
- Karaçocuk, T. (2021). Samsun il merkezinde yetişen bazı bitkilerde ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi (Doctoral dissertation, Kastamonu Üniversitesi).
- Kelly, F. J., & Fussell, J. C. (2019). Improving indoor air quality, health and performance within environments where people live, travel, learn and work. *Atmospheric Environment*, 200, 90-109.
- Key, K., & Kulaç, Ş. (2021). Determination of 180 years variation of Ba concentration in the atmosphere with the help of annual rings of *Corylus colurna* tree. 9th Global Conference on Environmental Studies (CENVISU-2021). October 14-16, 2021. Antalya, Turkey.
- Key, K., & Kulaç, Ş. (2022). Proof of concept to characterize historical heavy metal concentrations from annual rings of *Corylus colurna*: determining the changes of Pb, Cr, and Zn concentrations in atmosphere in 180 years in North Turkey. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1-11.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year Change of Cd, Fe, and Al Concentrations in the Air by Using Annual Rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 1-13.
- Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., Sevik, H. (2021) Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theor Appl Climatol*. 143, 379–388. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03439-2>
- Koç, İ. (2021). Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35880–35886
- Koçiyit, Yılmaz. (2021). *Atıksu Arıtma Tesisinde Bazı Stratejik Hammaddelerin Gideriminin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Munzur Üniversitesi.
- Kolakkandi, V., Sharma, B., Rana, A., Dey, S., Rawat, P., & Sarkar, S. (2020). Spatially resolved distribution, sources and health risks of heavy metals in size-fractionated road dust from 57 sites across megacity Kolkata, India. *Science of the Total Environment*, 705, 135805.

- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2023). Change of Aluminum Concentrations in Specific Plants by Species, Organ, Washing, and Traffic Density. *BioResources*, 18(1), 792-803.
- Kravkaz Kuscu, I. S., Cetin, M., Yigit, N., Savaci, G., & Sevik, H. (2018). Relationship between Enzyme Activity (Urease-Catalase) and Nutrient Element in Soil Use. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27 (5). 2107-2112.
- Lin, B., & Zhu, J. (2018). Changes in urban air quality during urbanization in China. *Journal of Cleaner Production*, 188, 312-321.
- Men, C., Liu, R., Wang, Q., Guo, L., Miao, Y., & Shen, Z. (2019). Uncertainty analysis in source apportionment of heavy metals in road dust based on positive matrix factorization model and geographic information system. *Science of The Total Environment*, 652, 27-39.
- Men, C., Liu, R., Xu, F., Wang, Q., Guo, L., & Shen, Z. (2018). Pollution characteristics, risk assessment, and source apportionment of heavy metals in road dust in Beijing, China. *Science of the total environment*, 612, 138-147.
- Men, C., Wang, Y., Liu, R., Wang, Q., Miao, Y., Jiao, L., ... & Shen, Z. (2021). Temporal variations of levels and sources of health risk associated with heavy metals in road dust in Beijing from May 2016 to April 2018. *Chemosphere*, 270, 129434.
- Mossi, M. M. M. (2018). *Çalı Formundaki Bazı Peyzaj Bitkilerinde Ağır Metal Birikiminin Belirlenmesi* (Doctoral dissertation, Kastamonu Üniversitesi).
- Ozel, H. B., Varol, H.N., Sevik, H. (2021a) Change of Mg concentration in several plants depending on plant species, washing status, and traffic density, *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(01), 447–453, DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.12.1.0551>
- Ozel, H.B., Varol, H.N., Sevik, H. (2021b) The Change of Mn Concentration by Organ and Species in Several Edible Plants. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*. 29(2): 474-480
- Ozel, H. B., Sen, M., Sevik, H. (2021c) Change of Ba concentration by species and organ in several fruits grown in city centers, *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(03), 143–150, DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.12.3.0681>
- Polat, Gülfem. (2011). *İstanbul Atmosferindeki Farklı Boyutlardaki Partikül Maddenin Metal İçeriğinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Qadeer, A., Saqib, Z. A., Ajmal, Z., Xing, C., Khalil, S. K., Usman, M., ... & Liu, M. (2020). Concentrations, pollution indices and health risk assessment of heavy metals in road dust from two urbanized cities of Pakistan: Comparing two sampling methods for heavy metals concentration. *Sustainable cities and society*, 53, 101959.

- Qin, G., Niu, Z., Yu, J., Li, Z., Ma, J., & Xiang, P. (2021). Soil heavy metal pollution and food safety in China: Effects, sources and removing technology. *Chemosphere*, 267, 129205.
- Savas, D.S., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A. & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environ Sci Pollut Res* (2021). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14826-1>
- Seven, T., Büşra, C. A. N., Darende, B. N., & Sevda, O. C. A. K. (2018). Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.
- Sevik, H. (2020). Change of Cu Concentration in Some Edible Landscape Plants Grown in Ankara City Center. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*. 6 (1), 1-7.
- Sevik, H. (2021). The Variation of Chrome Consantration in Some Landscape Plants Due to Species, Organ and Traffic Density. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(3), 595-600.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Ozel, S., & Cetin, I. Z. (2020a). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (2), 78.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. U., Ozel, H. B., Mossi, M. M. M., & Cetin, I. Z. (2020b). Determination of Pb and Mg accumulation in some of the landscape plants in shrub forms. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (2), 2423-2431.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019a). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12 (8), 983-991.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019b). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (6), 12843-12857.
- Shabanda, I. S., Koki, I. B., Low, K. H., Zain, S. M., Khor, S. M., & Abu Bakar, N. K. (2019). Daily exposure to toxic metals through urban road dust from industrial, commercial, heavy traffic, and residential areas in Petaling Jaya, Malaysia: a health risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(36), 37193-37211.
- Sulhan, O.F., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environ Dev Sustain* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02647-2>

- Suryawanshi, P. V., Rajaram, B. S., Bhanarkar, A. D., & Chalapati Rao, C. V. (2016). Determining heavy metal contamination of road dust in Delhi, India. *Atmósfera*, 29(3), 221-234.
- Taşpınar, F., & Bozkurt, Z. (2018). Heavy metal pollution and health risk assessment of road dust on selected highways in Düzce, Turkey. *Environmental Forensics*, 19(4), 298-314.
- Tekin O, Cetin M, Varol T, Ozel HB, Sevik H, Zeren Cetin I. (2022) Altitudinal Migration of Species of Fir (*Abies spp.*) in Adaptation to Climate Change. *Water, Air, & Soil (Water Air Soil Pollut)* 233, 385 (2022). DOI: 10.1007/s11270-022-05851-y
- Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh Ahmaida, E. A. (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 22, 2385–2398.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M. (2018a). Using Acer platanoides annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environ Monit Assess* 190:578.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., & Cetin, M. (2018b). The use of perennial needles as bio-monitors for recently accumulated heavy metals. *Landsc Ecol Eng* 14 (1):115–120.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., & Ahmaida Saleh, E. A. (2018c). Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Pol J Environ Stud* 27 (5):2277–2284.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M. (2019). Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition, *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (5), 5122-5130.
- Ucun Ozel, H., Gemici, B. T., Gemici, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2020). Application of artificial neural networks to predict the heavy metal contamination in the Bartın River. *Environ Sci Pollut Res* 27, 42495–42512
- Ucun Ozel, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Gemici, B. T., & Varol, T. (2019). Base alteration of some heavy metal concentrations on local and seasonal in Bartın River. *Environmental monitoring and assessment*, 191(9), 594.
- URL 1: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Samsun> (2022).
- URL 2: <https://gag.wikipedia.org/wiki/Samsun> (2020).
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, HB., Sevik, H. (2021). Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*. *Forest Ecology and Management* 491 (2021) 119199. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119199

- Varol, T., Cetin, M., Ozel, H.B., Sevik, H., Zeren Cetin, I. (2022). The Effects of Climate Change Scenarios on *Carpinus betulus* and *Carpinus orientalis* in Europe. *Water Air Soil Pollut* 233, 45. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05516-w>
- Vural, H. (2021). Trafik Kaynaklı Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Peyzaj Bitkilerinin Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(4), 1174-1186.
- Wahab, M. I. A., Abd Razak, W. M. A., Sahani, M., & Khan, M. F. (2020). Characteristics and health effect of heavy metals on non-exhaust road dusts in Kuala Lumpur. *Science of the Total Environment*, 703, 135535.
- Wang, X., Liu, E., Lin, Q., Liu, L., Yuan, H., & Li, Z. (2020). Occurrence, sources and health risks of toxic metal (loid) s in road dust from a mega city (Nanjing) in China. *Environmental Pollution*, 263, 114518.
- Wei, Z., Van Le, Q., Peng, W., Yang, Y., Yang, H., Gu, H., & Sonne, C. (2021). A review on phytoremediation of contaminants in air, water and soil. *Journal of hazardous materials*, 403, 123658.
- Xiao, Q., Zong, Y., Malik, Z., & Lu, S. (2020). Source identification and risk assessment of heavy metals in road dust of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 26(5), 1359-1378.
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 1-10.
- Yeom, K. (2021). Development of urban air monitoring with high spatial resolution using mobile vehicle sensors. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(6), 1-22.
- Yigit, N., Cetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., & Cetin, S. (2019). Variation of Stomatal Characteristics in Broad Leaved Species Based on Habitat. *Applied Ecology and Environmental Research* 17 (6):12859-12868.
- Yilmaz, D., Isinkaralar, O. (2021). Climate action plans under climate-resilient urban policies. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(2), 140–147.
- Zhang, J., Wu, L., Zhang, Y., Li, F., Fang, X., & Mao, H. (2019). Elemental composition and risk assessment of heavy metals in the PM10 fractions of road dust and roadside soil. *Particuology*, 44, 146-152.
- Zhao, L., Hu, G., Yan, Y., Yu, R., Cui, J., Wang, X., & Yan, Y. (2019). Source apportionment of heavy metals in urban road dust in a continental city of eastern China: Using Pb and Sr isotopes combined with multivariate statistical analysis. *Atmospheric environment*, 201, 201-211.