

T.C  
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAFİĞİN YOĞUN OLDUĞU BÖLGELERDEKİ AĞIR METAL  
KİRLİLİĞİNİN İZLENMESİNDE IHLAMUR AĞACI (*Tilia tomentosa*)'NİN  
BİYOMONİTOR OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

Tezi Hazırlayan  
Rüfeyde IŞIK

Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ

Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

NEVŞEHİR

Temmuz 2023

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ danışmanlığında Rüfeyde IŞIK tarafından hazırlanan “**Trafiğin Yoğun Olduğu Bölgelerdeki Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Ihlamur Ağacı (*Tilia tomentosa*)’nın Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği**” baŐlıklı bu çalışma jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

..../..../2023

### JÜRİ

BaŐkan: Doç. Dr. Etem OSMA

 ye: Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ

 ye: Doç. Dr. Musa KAR

### ONAY

Bu tezin kabul  Enstitü Yönetim Kurulunun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıŐtır.

...../...../2023

Doç. Dr. Cemal ARBOğA  
Enstitü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİM SAYFASI**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Rüfeyde IŞIK



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin ve tez çalışmam boyunca bilgi birikimini benden esirgemeyen, tezimde büyük emeği olan danışman hocam sayın Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ' ye,

Her daim desteğini hissettiren ve yanımda olan eşim Oğuz IŞIK' a, neŐe kaynağım kızım Almıla'ya, beni yetiŐtiren maddi manevi desteklerini esirgemeyen çok sevgili aileme teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışma için bilgilerini bana aktaran Ankara Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Dairesi Başkanlığına,

Teknik ve idari yardımlarından dolayı Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Rektörlüğü'ne, Fen-Edebiyat Fakültesi Dekanlığı'na, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölüm Başkanlığı'na ve Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi BAP Birimi'ne TEZ22F5 nolu proje ile desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

**TRAFİĞİN YOĞUN OLDUĞU BÖLGELERDEKİ AĞIR METAL  
KİRLİLİĞİNİN İZLENMESİNDE IHLAMUR AĞACI (*Tilia tomentosa*)'NİN  
BİYOMONİTOR OLARAK KULLANABİLİRLİĞİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Rüfeyde IŞIK**

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ  
ENSTİTÜSÜ**

**Temmuz 2023**

**ÖZET**

Özellikle kentsel alanlardaki nüfusun artmasıyla oluşan hava kirliliği, insan sağlığını tehdit eden bir sorun haline gelmiştir. Çevredeki konsantrasyonları sürekli artan ve doğada bozulmadan uzun süre kalabilen ağır metaller, canlılar için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Canlı yapısında biyobirikime neden olmalarından dolayı ağır metal konsantrasyonunun tespiti oldukça önemlidir. Bununla birlikte, trafiğin yoğun olduğu bölgelerdeki canlılar, egzoz dumanına maruz kalmaktadır ve bu durum canlıların sağlığını önemli ölçüde olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmada Ankara ilindeki trafiğin yoğun olduğu bölgeler belirlenerek, bu bölgelerde yetişen Ihlamur ağaçlarının biyomonitor özelliği araştırılmıştır. Cd, Cr, Co, Zn, Ar, Fe, Pb, Ni, Cu ve Mn elementlerinin derişimleri ICP-MS cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçlarındaki farklılıklar ANOVA testi kullanılarak yorumlanmıştır. Verilere göre toprak, yaprak, dal ve çiçekteki en yüksek ağır metal değerlerinin, trafik yoğunluğunun en fazla olduğu alanlarda olduğu belirlenmiştir. Bu durum *Tilia tomentosa*'nın trafik kaynaklı kirliliğin belirlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabilme potansiyeli olduğunu göstermektedir.

***Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Biyomonitor, Tilia tomentosa***

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ**

**Sayfa Adedi: 82**

**USING OF BIOMONITOR OF LIME TREE (*Tilia tomentosa*) IN MONITORING  
HEAVY METAL POLLUTIONS IN HIGH TRAFFIC AREAS**

**(M. Sc. Thesis)**

**Rüfeyde IŞIK**

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF MOLEKULER BIOLOJİ AND GENETİK**

**July 2023**

**ABSTRACT**

The airspace, especially with the teams in the outer parts, has become a character that threatens human conditions. Heavy metals, the concentrations of which are constantly increasing in the environment and can remain in nature for a long time without determination, pose a great threat to living things. In addition, the determination of heavy metal concentration is very important because it causes bioaccumulation in the living structure. However, living things in areas with heavy traffic are exposed to exhaust fumes and this has a significant negative impact on the Health of living things. In our study, the regions with heavy traffic in Ankara were determined and the biomonitoring properties of linden trees grown in these regions were investigated. Concentrations of Cd, Cr, Co, Zn, Ar, Fe, Pb, Ni, Cu and Mn elements were determined using ICP-MS device. The differences in the measurement results obtained were interpreted using the ANOVA test. According to the results, it was determined that the highest heavy metal values in soil, leaves, branches and flowers were in the areas with the highest traffic density. This shows that *Tilia tomentosa* has the potential to be used as a biomonitor in the determination of traffic induced pollution.

***Keywords: Heavy Metal, Biomonitör, Tilia tomentosa***

**Thesis Supervisor: Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ**

**Page Number: 82**

## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI .....	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	viii
TABLOLAR LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	x
1. BÖLÜM	
GİRİŞ .....	1
2. BÖLÜM	
GENEL BİLGİLER .....	4
2.1. Ağır Metaller ve Hava Kirliliği.....	4
2.2. Çalışmada İncelenen Elementler.....	5
2.2.1. Kadmiyum (Cd) .....	5
2.2.2. Krom (Cr).....	6
2.2.3. Kobalt (Co) .....	6
2.2.4. Çinko (Zn).....	7
2.2.5. Arsenik (As).....	8
2.2.6. Demir (Fe).....	8
2.2.7. Kurşun (Pb).....	9
2.2.8. Nikel (Ni) .....	9
2.2.9. Bakır (Cu) .....	9
2.2.10. Mangan (Mn) .....	10
2.3. Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi İçin Biyomonitorlerin Kullanımı .....	10
2.4. <i>Tilia tomentosa</i> Hakkında Genel Bilgiler .....	12
.....	12
3. BÖLÜM	
3.1. Materyal .....	14

3.2. Materyallerin Temini .....	15
3.3. Malzemelerin Temizliği .....	18
3.4. Kullanılan Kimyasal Maddeler .....	18
3.5. Bitkide Ağır Metal Seviyesinin Belirlenmesi .....	18
3.6. Biyotransfer Faktörü (BTF) .....	19
3.7. İstatistiksel Analiz .....	20
4. BÖLÜM	
BULGULAR VE TARTIŞMA .....	21
4.1. Pb elementinin değişimi .....	21
4.2. Cd Elementinin Değişimi .....	24
4.3. Cu Elementinin Değişimi .....	26
4.4. Cr Elementinin değişimi .....	28
4.5. Fe Elementinin Değişimi .....	31
4.6. Co Elementinin Değişimi .....	34
4.7. As Elementinin Değişimi .....	36
4.8. Ni Elementinin Değişimi .....	39
4.9. Zn Elementinin Değişimi .....	41
4.10. Mn Elementinin Değişimi .....	44
5. BÖLÜM	
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	66
KAYNAKLAR .....	70
ÖZGEÇMİŞ .....	82



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

<b>Cd</b>	Kadmiyum
<b>Co</b>	Kobalt
<b>Cu</b>	Bakır
<b>Cr</b>	Krom
<b>As</b>	Arsenik
<b>Mn</b>	Mangan
<b>Ni</b>	Nikel
<b>Pb</b>	Kurşun
<b>Fe</b>	Demir
<b>Zn</b>	Çinko
<b>mL</b>	mililitre
<b><math>\mu\text{gg}^{-1}</math></b>	mikrogram/ gram
<b>cm</b>	santimetre
<b>g</b>	gram
<b>m</b>	metre
<b><math>\text{cm}^3</math></b>	santimetre küp
<b>mg</b>	miligram
<b>kg</b>	kilogram
<b>ppm</b>	milyonda bir

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1.	Örneklerin toplandığı istasyonlar .....	14
Tablo 4.1.	<i>Tilia tomentosa</i> 'nın farklı kısımlarında (yaprak, çiçek ve dalın) yıkanmış ve yıkanmamış örneklerle Kurşun (Pb); Demir (Fe); Kadmiyum (Cd) birikiminin karşılaştırılması .....	54
Tablo 4.2.	<i>Tilia tomentosa</i> 'nın farklı kısımlarında (yaprak, çiçek ve dal) yıkanmış ve yıkanmamış örneklerle Krom (Cr) ve Arsenik (As) birikiminin karşılaştırılması.....	56
Tablo 4.3.	Farklı istasyonlardan toplanan <i>Tilia tomentosa</i> 'nın yıkanmış ve yıkanmamış yaprak, çiçek ve dal kısımlarındaki Cu, Zn ve Ni miktarının karşılaştırılması ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) <sup>a</sup> .....	58
Tablo 4.4.	Farklı istasyonlardan toplanan <i>Tilia tomentosa</i> 'nın yıkanmış ve yıkanmamış yaprak, çiçek ve dal kısımlarındaki Co ve Mn miktarlarının karşılaştırılması ( $\mu\text{gg}^{-1}$ ) <sup>a</sup> .....	61
Tablo 4.5.	Toprakta ağır metal konsantrasyonları ANOVA değerleri (Ortalama $\pm$ SD, $\mu\text{gg}^{-1}$ , n=5) .....	62
Tablo 4.6.	Toprakta ağır metal konsantrasyonları ANOVA değerleri (Ortalama $\pm$ SD, $\mu\text{gg}^{-1}$ , n=5) .....	62
Tablo 4.7.	Bitki parçaları arasında ağır metal konsantrasyonları için korelasyon katsayıları (p<0,01**) (p<0,05*).....	63
Tablo 4.8.	Bitki parçaları arasında ağır metal konsantrasyonları için korelasyon katsayıları (p<0,01**) (p<0,05*).....	63
Tablo 4.9.	<i>Tilia tomentosa</i> 'nın bazı kısımlarında metallerin topraktan transfer faktörü.....	64
Tablo 4.10.	<i>Tilia tomentosa</i> 'nın bazı kısımlarında metallerin topraktan transfer faktörü.....	64

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1.	Tilia tomentosa'nın genel görünümü .....	12
Şekil 2. 2.	Tilia tomentosa'nın çiçek görünümü.....	13
Şekil 3.1.	Çalışma alanı .....	15
Şekil 3.2.	Çalışmada kullanılan etüv .....	16
Şekil 3.3.	Kullanılan havan ve distile su.....	16
Şekil 3.4.	Örneklerin havanda dövülmesi.....	17
Şekil 3.5.	Etiketlenen örneklerin görüntüsü .....	17
Şekil 3.6.	Çalışmada kullanılan Mikrodalga Fırın.....	19
Şekil 3.7.	Çalışmada ağır metal analizinde kullanılan ICP-MS .....	19
Şekil 4.1.	Çiçekte Pb konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	22
Şekil 4.2.	Yaprakta Pb konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	22
Şekil 4.3.	Dalda Pb konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	23
Şekil 4.4.	Toprakta Pb konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	23
Şekil 4.5.	Çiçekte Cd konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	24
Şekil 4.6.	Yaprakta Cd konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	25
Şekil 4.7.	Dalda Cd konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	25
Şekil 4.8.	Toprakta Cd konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	26
Şekil 4.9.	Çiçekte Cu konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	27
Şekil 4.10.	Yaprakta Cu konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	27
Şekil 4.11.	Dalda Cu konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	28
Şekil 4.12.	Toprakta Cu konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	28
Şekil 4.13.	Çiçekte Cr konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	29
Şekil 4.14.	Yaprakta Cr konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	30
Şekil 4.15.	Dalda Cr konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	30
Şekil 4.16.	Toprakta Cr konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	31
Şekil 4.17.	Çiçekte Fe konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	32
Şekil 4.18.	Yaprakta Fe konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	32
Şekil 4.19.	Dalda Fe konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	33
Şekil 4.20.	Toprakta Fe konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	33
Şekil 4.21.	Çiçekte Co konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	34

Şekil 4.22.	Yaprakta Co konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	35
Şekil 4.23.	Dalda Co konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	35
Şekil 4.24.	Toprakta Co konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	36
Şekil 4.25.	Çiçekte As konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	37
Şekil 4.26.	Yaprakta As konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	37
Şekil 4.27.	Dalda As konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	38
Şekil 4.28.	Toprakta As konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	38
Şekil 4.29.	Çiçekte Ni konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	39
Şekil 4.30.	Yaprakta Ni konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	40
Şekil 4.31.	Dalda Ni konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	40
Şekil 4.32.	Toprakta Ni konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	41
Şekil 4.33.	Çiçekte Zn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	42
Şekil 4.34.	Yaprakta Zn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	42
Şekil 4.35.	Dalda Zn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	43
Şekil 4.36.	Toprakta Zn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	43
Şekil 4.37.	Çiçekte Mn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	44
Şekil 4.38.	Yaprakta Mn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	45
Şekil 4.39.	Dalda Mn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri .....	45
Şekil 4.40.	Toprakta Mn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri.....	46

## 1. BÖLÜM

### GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu, özellikle kentsel alanlardaki fosil yakıt kullanımına bağlı olarak hava kirliliğinin katlanarak artmasına neden olmaktadır. Hava kirliliğinin neden olduğu hastalıklardan dolayı da dünya çapında her yıl milyonlarca insan hayatını kaybetmektedir [1].

Hava kirliliğinin başlıca sebeplerinden olup yoğunlukça 5 g/cm<sup>3</sup>'den fazla olan, atom numarası olarak ise 20'den büyük olan ağır metaller, çevresel kirliliğe neden olan elementler olarak bilinirler. Hava, toprak ve suda değişik oranlarda bulunabilen ayrıca atmosfere farklı kaynaklardan bırakılan ağır metallerin başlıca kaynakları ise kentsel atıklar, baca ve egzoz gazları, atık sular, madencilik, gübreler gibi çoğu insan kaynaklı etmenlerdir [2]. Ülkemizdeki hava kirliliğinin öncelikli nedenlerinin başında trafik kökenli kirlenme gelmektedir[3]. Araçların egzozundan çevreye yayılan kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi toksik ağır metallerle maruz kalınmasıyla insan, bitki ve hayvan sağlığı olumsuz yönde etkilenmektedir [4].

Ağır metallerin sebep olduğu çevre kirliliğinin olumsuz etkisi içerisinde bulunduğu canlıları etkilediği gibi ekosistemleri de çok fazla etkilemektedir. Bu etkiler bir ekosistemden diğerine doğrudan veya dolaylı olarak taşınabilmektedir. Atmosfere yükselen ağır metaller, çökme yoluyla toprak ve suya karışabilir. Böylece topraktan bitkilere ve toprakla temas halindeki bütün canlıların vücuduna ulaşmaktadır. Ayrıca ağır metaller akarsu ve nehir gibi yüzey sularını kirletebilmektedir. Bunun yanında topraktan sızarak yeraltı su kaynaklarının kirlenmesine de neden olurlar. Bu şekilde ağır metalce zengin olan sular, tarım alanları için kullanıldığında bitki, hayvan ve insan vücudu için zararlı etkiye neden olmaktadır [5].

Araştırmalar sonucu ağır metallerin insan sağlığına karşı olumsuz etkileri açıkça ortaya konulmuştur. Shaban ve ark. yüksek ağır metal konsantrasyonuna maruz kalan insanlarda merkezi sinir sistemi, akciğer, böbrek ve karaciğerde ciddi zararlar görüldüğünü, bu maruziyetin ölümle bile sonuçlandığını belirtmişlerdir. Koedrith ve ark. düşük

konsantrasyonlarda ağır metallerin burun-boğaz tahrişi, öksürük, nefes darlığı gibi rahatsızlıklara sebep olduğunu, Zeng ve ark. çocuklarda ise astım, öksürük, solunum güçlüğü gibi hastalıklara neden olduğunu belirlemiştir [6,7,8].

Ağır metallerden, iz elementlerin (Fe, Cu, Zn, Mn gibi) yüksek konsantrasyonları bitkiler için zararlıyken düşük konsantrasyonları oldukça gereklidir. Bu elementlerin bitki bünyesine geçişi toprak ve toprağa atılan gübre kaynaklıdır. Bununla beraber yüksek ağır metal konsantrasyonlarına maruz kalan bitkilerde birtakım değişiklikler gözlemlenmektedir. Bunlardan bazıları;

- Bitkinin yaprak kısmında kloroz, nekroz ve şekil bozuklukları
- Gövdede şekil bozuklukları
- Bitkide sıcak stresi
- Protein sentezinde azalma
- Yüksek solunum metabolizması gibi istenmeyen fizyolojik sorunlardır.

Bu sorunların oluşmaması, bitki sağlığının korunması ve ekosistemde sürdürülebilirlik için ağır metal konsantrasyonlarının belirli oranlarda kalması ve bu oranların sürekli izlenmesi gerekmektedir [9].

Ağır metal kirliliğinin izlenmesinde bitkilerin biyomonitor olarak kullanılabilirliği önemlidir. Bölgesel ve yerel olarak liken, yosun, çiçekli bitkiler ve epifit bitkiler kullanılmaktadır [1-8]. Bu amaçla liken ve yosunlar, birçok elementi ihtiyaçlarından çok daha fazla miktarda biriktirebilmesi nedeniyle, tercih edilen organizmalardandır [10]. Ancak bu biyolojik organizmalarda ağır metale ne kadar süreyle maruz kaldığı bilinmediği için son yıllarda özellikle yüksek yapılı bitkiler kullanılmaktadır [11]. Yüksek yapılı bitkilere örnek olarak ağaç, ağaççık ve çalılar verilebilir. Bitkiler toprak, su ve havadan aldığı iz elementleri biriktirebilme özelliklerinden dolayı bu konu için oldukça uygun görülmektedir [12].

Yüksek yapılı bitkilerde ağır metal birikiminin hesaplanmasında, yaprak dökme ve yaprak dökmeyen bitki türlerinde farklılıklar görülmektedir. Yaprak dökme yüksek yapılı bitki türlerinde yıllık ağır metal birikimi hesaplanabilirken, yaprak dökmeyen türlerde uzun süreli ağır metal birikimi hesaplaması yapılabilir. Ağır metal kirliliğinin hesaplanmasında

bitkinin farklı organlarından alınan örneklerin laboratuvar ortamına getirilerek, cihazlarda analiz edilmesiyle gerçekleşmektedir [13].

Çalışmada materyal olarak Ankara ilinde, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde bolmiktarda ekimi yapılmış olan *Tilia tomentosa* (Ihlamur ağacı) kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında Ihlamur ağacında bulunan ağır metal konsantrasyonlarının tespiti (Cd, Cr, Co, Zn, As, Fe, Pb, Ni, Cu ve Mn) ve bu türün ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitör olarak kullanılabilme potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır



## 2. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER

#### 2.1. Ağır Metaller ve Hava Kirliliği

Kirlilik oluşturan metaller olarak bilinen ağır metaller, yoğunlukça 5 g/cm<sup>3</sup>'den fazla, atomnumarası olarak da 20'den büyüktür [2]. Ağır metaller içerisinde en önemlileri; Fe, Cu, V, Mn, Zn, Ni, Cr, Mo, Co, Be, Cd, Pb, Tl, Sb, Ag, As, Se, Hg, Sn ve Al elementleridir. Bunlardan Zn, Mn, Cr, Fe, Cu, Ni, Mo gibi elementler bitki/hayvanlar için hayati öneme sahip mikro besin elementleri olup yüksek konsantrasyonları zararlı etkiler oluşturabilir. Diğer ağır metaller ise esansiyel olmayıp, direk toksik etkilidirler [14].

Havada, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen gazların normal seviyelerinin üzerinde, miktar ve yoğunluğa ulaşmasına hava kirliliği denilmektedir. Hava kirliliğindeki en önemli faktör fosil kaynaklı yakıtların kullanılmasıdır. Isıtmada kullanılan yakıtın da kalitesinin düşmesiyle bu yakıtların içerdiği As, Cr, Cd gibi metaller baca ve egzoz gazlarıyla havaya karışmakta ve dünya üzerinde en büyük problemlerden birini oluşturmaktadır. Ülkemizde hava kirliliğinin başlıca sebepleri arasında trafik kökenli kirlenme gelmektedir [15]. Yapılan çalışmalar sonucu trafiğin yoğun olduğu alanlardan alınan toprak örneklerinin analiz edilmesiyle Pb, Cd ve Cu gibi ağır metallerin toprakta olması gereken seviyelerinin oldukça üstünde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ağır metal konsantrasyonlarının toprağın yüzeyinde birikip alt katmanlarına inildikçe azaldığı belirlenmiştir [16].

Hava kirleticileri, atmosferde sadece buldukları ortamları değil, o ortamdan kilometrelerce uzaklıktaki ortamları da etkilemektedir. Ayrıca asit yağmurlarının oluşumuna neden olup ekolojik dengenin bozulmasına, böylece insan, hayvan ve bitki yapısının olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmaktadır [17].

Bununla birlikte ağır metaller doğada kolayca yok olmaz ve canlı bünyesinde biyobirikim eğiliminde olurlar. Metallerin birikimine neden olan faktörler; mineral gübreler, madencilik, biyositler, atıksular, egzoz, baca gazları ve kanalizasyon atıklarıdır [16]. Ayrıca atmosfere uçucu bileşikler şeklinde yayılabilirler [18]. Endüstriyel kaynaklardan oluşan ve kanserojen olan ağır metaller; As, V, Ni, Cd, Zn, Cr ve Pb elementleridir [19].



Ağır metallerin bu özellikleri ve canlılar için oluşturabileceği tehlikeler göz önüne alındığında, ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi, risk oluşturabilecek bölgeler ve bu bölgelerin risk oluşturabilme düzeylerinin bulunması açısından oldukça önemlidir [19].

## **2.2. Çalışmada İncelenen Elementler**

Çalışmada Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Kobalt (Co), Çinko (Zn), Arsenik (As), Demir (Fe), Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Mangan (Mn) ve Nikel (Ni) elementlerinin *Tilia tomentosa* ağacı ve topraktaki değişimi incelenmiştir.

### **2.2.1. Kadmiyum (Cd)**

Doğada tek başına bulunmayan kadmiyum ve bileşenleri aşırı zehirli metallerdir [2]. Korozyona karşı koruyucu özelliğe sahip olan kadmiyum; gemi, boya, elektronik ve sanayi alanlarında kullanılmaktadır [20]. Suda çözünmesi oldukça yüksek olan kadmiyum, suların kirlenmesine ve suda yaşayan canlıların zarar görmesine neden olmaktadır [5].

Öncelikli kadmiyum yayılım kaynakları; tohum aşamasında kullanılan gübreler, kömür yakılması, çay, deniz ürünleri, sigara dumanı, işlenmiş yiyecekler, egzoz ve baca gazları ve endüstriyel faaliyetlerdir [2].

Motorlu taşıtlarda yağların yanması sonucu toz zerreciklerinin çökmesiyle bitki ve toprağa kadmiyum geçişi gerçekleşmektedir [13]. Bilinçsiz gübre, tarım ilaçları, atık suların tarım arazilerinde kullanımı ve özellikle fosforlu gübreler toprakta biriken kadmiyum miktarında artışa neden olmaktadır [21]. Kadmiyumun toksik etkisi toprakta 3 mg/kg, bitkide ise 1 mg/kg'dan fazla olup bitki ve topraktaki büyük kısmı Cd içeren toz taneciklerinin havadan çökmesiyle oluşur ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerden alınan toprak örneklerinde toz çökmesiyle toprağa yıllık m'ye 0,2 ile 1,0 mg arasında Cd düştüğu ölçülmüştür [22].

Kadmiyum bitkide azot ve karbonhidrat metabolizmalarını değiştirerek birçok fizyolojik değişiklikler oluşturur. Fotosentezi engelleyerek stomaların kapanmasına ve su kaybının azalmasına böylece klorofilin çalışma mekanizmasında bozulmalara neden olur [23]. Kadmiyum stresi nitrat redüktaz ve nitrit redüktazın aktivitelerini azaltarak nitrat

asimilasyonunu azaltır [24]. Ayrıca serbest radikal oluşturarak klorofil yıkımını artırır ve klorofil sentezini engeller [2].

Kadmiyum stresi ayrıca bitkinin su ve iyon alımını azaltarak kök büyüme ve gelişmesini engeller. Bununla beraber stres altındaki bitkilerde stomaların kapanmasıyla birlikte transkripsiyonla su kaybını azaltmakta ve kadmiyum taşınımı engellenmektedir [2].

### **2.2.2. Krom (Cr)**

Toprakta doğal olarak bulunabilen krom, ana materyallere göre değişim göstererek toprakta 5 ile 100 mg/kg arasında, bitki kuru maddesinde 100 mg/kg için toksiktir [2]. Deri, boya, çelik gibi birçok alanda kullanılan krom, bitki bünyesi için gerekli olmayan, bitki bünyesine alındığında toksik etki gösteren bir ağır metaldir [5].

Bitki bünyesini olumsuz yönde etkileyen krom bitkide kök gelişimini olumsuz etkiler. Bu da topraktan alınan besin ve su miktarını azaltarak bitki verim ve kalitesini önemli düzeyde azaltır [25]. Bu strese maruz kalan bitkiler kendilerini savunmak için ürettikleri reaktif oksijen türleri, bitkide birçok hasara neden olur [26].

Limit değerlerin üstünde kroma maruz kalan bitkilerde görülen zararlar;

- Membranda zarar
- Yapısal ve organsal değişimler
- Büyüme ve gelişmede olumsuzluklar
- Köklerde besin ve su alım mekanizmasında bozulma
- Fotosentez pigmentlerinin bozulması
- Enzim aktivitelerinde anormaliler [27,28].

Ayrıca aşırı kroma maruz kalan bitkilerde krom zehirlenmesi durumu gerçekleşir. Bu durum kök ve yapraklarda küçük yanık lekelerinin oluşumuna neden olur [29].

### **2.2.3. Kobalt (Co)**

Avrasiya bakımından demir ve nikel ile oldukça benzeyen kobalt, yer kabuğunun % 0,001'inin oluşumunu sağlayan ağır metaldir [29]. Petrol, seramik, elektronik sanayi ve askeri alanlar kullanım alanlarını oluşturur [23].

Hayvan, insan ve prokaryotlar için gerekli bir element olan kobaltın düşük dozları bitkiye verildiğinde bitki verimini arttırdığı görülmüştür [30,31]. Bununla beraber kobaltın artan dozları bitkide şeker, protein ve aminoasit içeriği ile enzim aktivitesini azaltmış, bitki verimini de olumsuz etkilemiştir. Artan miktarda kobalt miktarı bitki büyümesini, biyokütlesini ve verimini olumsuz yönde etkilemektedir [32].

Bununla beraber kobalt bitkilerdeki nişasta miktarını ayarlayıp, tane farklılaşmasını önler. Yaprak birim alanına göre kloroplastın yapısını ve sayısını değiştirebilir. Yüksek kobalt konsantrasyonları toksik etki göstererek, fizyolojik ve biyokimyasal olayları olumsuz yönde etkilediği gibi az miktarda kobalt bitki için faydalıdır. Buna örnek olarak baklagillerin kök nodüllerinde moleküler azotun bağlanmasına yardımcı olması da verilebilir [23].

#### **2.2.4. Çinko (Zn)**

Canlı bünyesi için mutlak gerekli elementlerden olan çinkonun, belli bir miktarı aşan konsantrasyonları, toksik etki göstermesine neden olur [30]. Diğer bütün canlıları etkilediği gibi bitkiler için de oldukça önemli metabolik işlevlere sahiptir. Karbonhidrat ve protein sentezine katılır. Ayrıca fotosentez ve solunum üzerine etkisiyle bitki ürün verimini direkt olarak etkilemektedir [31]. Endüstri ve sanayide oldukça fazla kullanılan çinko, atık sular, kanalizasyon suları ve asit yağmurlarıyla toprağa verilir [32]. Bitkiler için 10- 300 ppm çinko konsantrasyonu normal değerler arasındadır. Ancak 400 ppm'den sonraki konsantrasyonlar toksik özellik göstermektedir [30]. Toksik miktardaki çinko öncelikle bitki kök ve sürgün büyümesini azaltır. Büyüemeyen kök ve sürgünlerde besin alımı azalır ve bu da bitki veriminin düşmesine neden olur. Ayrıca bitkide kök incelmeye, kloroz görülmesine ve yaprakların kıvrılmasına neden olmaktadır. Bununla beraber hücre büyüme ve gelişimini de engelleyen çinko hücre organellerini parçalar böylece klorofil sentezi azalmış olur [30].

Bunun yanı sıra bitki için yararlı çinkonun yetersizliği, toprak verimini etkiler. Toprak veriminin azalması, bitkinin beslenmesini etkilediği için, bitki veriminide azaltır. Bu durum insan ve hayvanlarda çinko eksikliğine neden olmaktadır. Bunun sonucunda önemli sağlık sorunlarını ortaya çıkarır [30].

### **2.2.5. Arsenik (As)**

Çevrede yaygın olarak bulunan arsenik toprakta ya da suda serbest halde bulunduğu gibi sülfür, oksit ve demir elementleriyle bileşikler halinde de bulunabilir. pH' a bağlı olarak çözünürlüğü artıp azalabilir [33]. Düşük arsenik derişimi bitki verimini pozitif yönde etkilediği gibi yüksek arsenik derişimi bitki verimini olumsuz etkiler ve toksik etki görülmesine, bitkinin sararmasına neden olur. Ayrıca büyümeyi engelleyerek bitki ölümüne dahi sebep olabilir [34].

Yapılan çalışmalar sonucunda kök ve sürgünlerde arseniğin daha baskın olduğu bulunmuştur [35]. Arseniğin bazı bitkilerde çimlenmeyi kısıtlayıcı toksik etkisi vardır. Ayrıca arsenik derişiminin artması, bitki boyu, tane verimi, dolu tane sayısı, tane ağırlığı ve kök biyokütlesinde önemli ölçüde azalmalara neden olmaktadır. Bunlarla beraber arseniğin toksik etkisi; oluşturduğu bileşimin fiziksel ve kimyasal yapısına, organizmanın vücuda alınış şekline, miktarına, süresine ve diğer elementlerin varlığına, canlının yaşına ve cinsiyete bağlı olarak değişim göstermektedir [34].

### **2.2.6. Demir (Fe)**

Dünyada en çok eksikliği görülen mikro elementtir. Toprağın kireçli olması, pH fazlalığı, yüksek HCO<sub>3</sub> konsantrasyonu gibi nedenlerden dolayı Türkiye'de fazlalığından ziyade demir noksanlığı başta gelmektedir.

Demir bitkide enzim faaliyetleri ve klorofil sentezinde önemli rol oynadığı gibi fotosentez işlemleri için de gereklidir. Demir fazlalığı toksik etki yaratacağı gibi eksikliği de bitkiyi olumsuz yönde etkiler. Bu etkilerden bazıları şöyledir; yapraklarda sararma, damar aralarında yeşillenmeler, yeni oluşan sürgünlerde incelmeye ve bodurluk, meyve verimi olarak azalma. İlerleyen evrelerde ise yapraklar da beyazımsı renk, damarlarda sararmalar görülür ayrıca fotosentez eksikliğinden bitki ölümü gerçekleşebilir [36,37].

Demir toksisitesi çok yaygın olmamakla birlikte, bitkilerde toprak pH'ını düşüren kök salgıları salgılatır [38]. Ayrıca yaprakta yanıklara, kök ve gövdede bodurlaşmaya neden olmaktadır. Bitkide aminoasit bağlanması ve protein sentezini de olumsuz etkiler. Toprakta mangan birikimindeki artış bitkinin demir alımını olumsuz etkileyerek bitkide demir eksikliğine bağlı kloroz oluşumuna neden olmaktadır [39].

### **2.2.7. Kurşun (Pb)**

Doğaya zarar veren en önemli ağır metallere olan kurşunun, özellikle atmosfer kirliliğine azımsanmayacak ölçüde etkisi vardır [31]. Birçok endüstri ve sanayi dalında kullanılmasına rağmen en çok motorlu taşıtların egzoz dumanından kaynaklanmaktadır [40].

Kurşun, bitkiler için gerekli olmayıp 300 ppm'i aştığında sağlık açısından oldukça tehlikelidir [41]. Hücre duvarı stabilitesi ve hücre turgorunu olumsuz etkilemesiyle, bitki su rejimini önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca kök gelişimini azaltıp bitkinin kökleri tarafından tutulduğu için besin alımını etkilemektedir [42]. Toksik kurşunun bitki yapısındaki olumsuz etkileri de bitkinin fotosentez yapmasını azaltır [43].

### **2.2.8. Nikel (Ni)**

Tarım topraklarındaki konsantrasyonu çok az olan, killi ve mineralce zengin topraklarda fazlaca bulunan nikel mutlak gerekli elementlerdendir [44]. Nikelin doğaya yayılması madencilik ve atıkların yakılmasıyla olmaktadır. Ayrıca endüstriyel ve evsel atıklarda da çokça bulunan nikel bu suların tarım alanlarında kullanılmasıyla suya, toprağa ve atmosfere rahatça karışabilir. Nikele çok fazla maruz kalınması ise sağlık açısından olumsuz etkilere neden olur [39]

Bitkinin gereksinim duyduğu nikel tohum çimlenmesinde, baklagillerde azot metabolizması ve diğer bitki metabolizmaları için oldukça önemlidir. Toksik nikel ise bitki köklerine etki ederek besin alımını azaltır. Ayrıca klorofil sentezi ve yağ metabolizmasını olumsuz etkiler [45,46].

Nikel aynı zamanda üreazın yapı maddesidir. Böylece bitkide nikel azlığı azotlu gübreden bitkinin yarar sağlayamamasına hatta zarar görmesine neden olmaktadır [2].

### **2.2.9. Bakır (Cu)**

Bakır bitki bünyesi için oldukça önemli bir elementtir. Bitkide enzim aktivitesi, karbonhidrat ve lipid metabolizmasında görevlidir. Ayrıca simbiyotik azot fiksasyonunda önemli bir element olduğu gibi, bitkinin hastalıklara karşı direnç geliştirmesini ve bitki nem kontrolünü sağlamaktadır [47].

Bakır kirliliği genellikle; pestisit kullanımı, kanalizasyon atıklarının gübre olarak kullanılması, kömür ve maden yatakları, atmosferik depositler gibi oluşumu genellikle

insan kaynaklı olmaktadır. Bitki kuru maddesinde 15-30 mg/kg'dan fazlası toksik etkili olup toksik bakır bitki kök sistemlerinde oluşur ve bitkinin fizyolojik yapısında bozulmalara yol açmaktadır [19].

Toprakta bakır fazlalığı toksik etki oluşturarak demir alımını zorlaştırarak demir eksikliğine benzeyen klorozu meydana getirir. Ayrıca bakır fazlalığı molibdenin kullanılmasını olumsuz etkiler [48,49].

### **2.2.10. Mangan (Mn)**

Bitki yapıtaşlarından olan mangan demir toksisitesiyle benzer özellik göstermektedir. Özellikle yaprak yapısında bozulmalara neden olan mangan toksisitesi bitkide azot alımını azaltır. Böylece azot döngüsünde bozulmalara neden olmaktadır [43].

Atmosfere ulaşan bu ağır metaller çökdiklerinde toprak veya su kaynakları ile temas etmekte ve özellikle bitkilerde birikebilmektedir. Dolayısıyla ağır metaller ekosistemler arası kolayca taşınabilmekte ve büyük sorunlara neden olabilmektedir. Toprak ile karışan ağır metaller, direkt toprak teması, bitkisel gıdalar aracılığıyla insanlara geçmektedir. Ayrıca hayvanlara besin olarak verilen bitkiler aracılığıyla hayvanlara, hayvanlardan da et ve sütleri aracılığıyla yine insanlara geçebilmektedir. Ek olarak ağır metal düzeyi yüksek olan sular ile sulanan tarım arazileri aracılığıyla da bitki, insan ve hayvanları etkileyerek birçok sorun ve hastalığa sebep olmaktadır [50].

Ağır metallerin insanlar üzerinde oluşturacağı etkiler, organizmaya giriş şekli (cilt, solunum, ağız), elementin yapısı, diğer elementlerle kompleks oluşturma yeteneği, çevrede bulunma miktarı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişir. Bu ağır metaller DNA hasarı, strese bağlı protein yıkımı, apoptoz, mitokondri hasarı gibi temel biyolojik süreçlerde bozukluklar meydana getirerek toksisiteye sebep olur. Toksisite ise kronik hastalıklardan kansere kadar birçok farklı hastalığa sebep olur (ülseratif kolit, astım, Alzheimer hastalığı, depresyon, akciğer kanseri vb.). En yüksek toksik etkiye sahip ağır metaller olarak Pb, Cu ve Cd sayılabilir [51].

### **2.3. Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi İçin Biyomonitörlerin Kullanımı**

Ağır metaller doğada kolayca yok olmaması, düşük konsantrasyonlarına maruz kalındığında bile canlılar için toksik etkiye neden olası ve canlı bünyesinde biyobirikim eğilimi olması gibi nedenlerden tehlikeli hava kirliliği bileşenleri olarak bilinirler [52,53].

Yapılan çalışmalarla havada bulunan ağır metal kirliliğinin tespitini için doğrudan ve dolaylı yöntemlerin kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır [1-53]. Dolaylı yöntemlerden olan ve ağır metal kirliliğinin izlenmesinde kullanılan en etkili yöntem biyomonitör bitkilerin kullanılmasıdır [54-2].

Biyomonitrler, bünyelerinde ağır metalleri (ve kirleticileri) biriktirebilen oldukça duyarlı organizmalardır [2]. Bitkileri biyomonitör olarak kullanmak ekonomik, ucuz ve kolay bir yöntem olup, ayrıca ağır metallerin birikimi ve hava kalitesi ile ilgili veriler sağlar. Bir türün biyomonitör olarak seçilebilmesi için aşağıdakir özelliklere sahip olması gerekmektedir:

- Araştırılmak istenen bölgelerde geniş yayılım göstermesi,
- Kolay ulaşılabilmesi,
- Yıl boyunca aynı alanda temin edilebilmesi,
- Kimliklendirme aşamasında karışıklık yaratmaması [55].

Havada bulunan ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde sıklıkla liken, yosun ve biyomonitör özellikte olan bitkiler kullanılmaktadır. Özellikle yosun ve likenlerin biyomonitör olarak kullanılabilirliği ile ilgili günümüze kadar birçok çalışma yapılmıştır. Ancak yosun ve likenlerin ne kadar sürede kirliliğe maruz kaldıkları net olarak bilinmemektedir. Bu durum belirlenen konsantrasyonun yorumlanması kısmında sorun teşkil etmektedir [56].

Herdem yeşil olmayan bitkilerin yaprakları ilkbaharda oluşmakta ve sonbahara kadar havadaki ağır metali bünyesinde biriktirmektedir. Bu bitkiler de bir vejetasyon dönemi verileri elde edilebilir [56]. Uzun süreli değişimin izlenmesi, ağaçların yıllık halkalarının kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Fakat bu yöntem kullanılırken ağaçların kesilmesi gerektiği için, sürdürülebilir yönteme uygun olmayacaktır [56].

Herdem yeşil türlerde ise kirliliğin birikimi yıllarca bitkir üzerinde kalma olasılığı çok yüksektir. Bu bitkilerdeki yaprak yaşının bilinmezliği konsantrasyon yorumlanmasında sorunlar ortaya çıkacaktır [56].

Çalışmamızda ise Őehir merkezlerinde de sıklıkla görülen *Tilia tomentosa*'nın bünyesinde ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir.

#### 2.4. *Tilia tomentosa* Hakkında Genel Bilgiler

*Tilia tomentosa* (Gümüşi Ihlamur), *Tilia platyphyllas* (Yaz Ihlamuru), *Tilia rubra* (Kafkas Ihlamuru) ve *Tilia cordata* (Küçük Yapraklı Ihlamur) olmak üzere Türkiye’de 4 türü bulunan ihlamurun yaklaşık olarak yarısını *Tilia tomentosa* oluşturmaktadır [56]. *Tilia tomentosa*’nın genel görünümü ve çiçek görünümü Şekil 2.1.ve Şekil 2.2.’de verilmiştir.



Şekil 2. 1. *Tilia tomentosa*'nın genel görünümü

Üretim yeri Bursa ve Yalova olan ve özellikle çay olarak tüketilen Gümüşi Ihlamurun özellikleri şu şekildedir [55]:

- Yaprakları gümüşi beyaz ve yaprak boyu 5-10 cm,
- Sürgün kısmı yeşil,
- Yıldız şekline benzer tüylü çiçekleri 5 parçalı ve sarı renklidir.
- Kendine has kokusu vardır. Bu kokusu sayesinde arıcılık için de oldukça önemlidir [57,58].
- Çiçek açması haziran- temmuz aylarında olmaktadır [59].
- Odun kısmı da birçok yerde kullanılır [60].





Şekil 2. 2. Tilia tomentosa'nın çiçek görünümü

Ihlamurun sakinleştirici etkisi herkes tarafından bilinir [61]. Bunun yanında özellikle solunum yolu hastalıklarında, öksürük, bronşit, boğaz şişlikleri ve birçok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır [62]. Çayı ise çokça antioksidan içerir ve immün sistem destekleyicisidir [63,64].

### 3. BÖLÜM

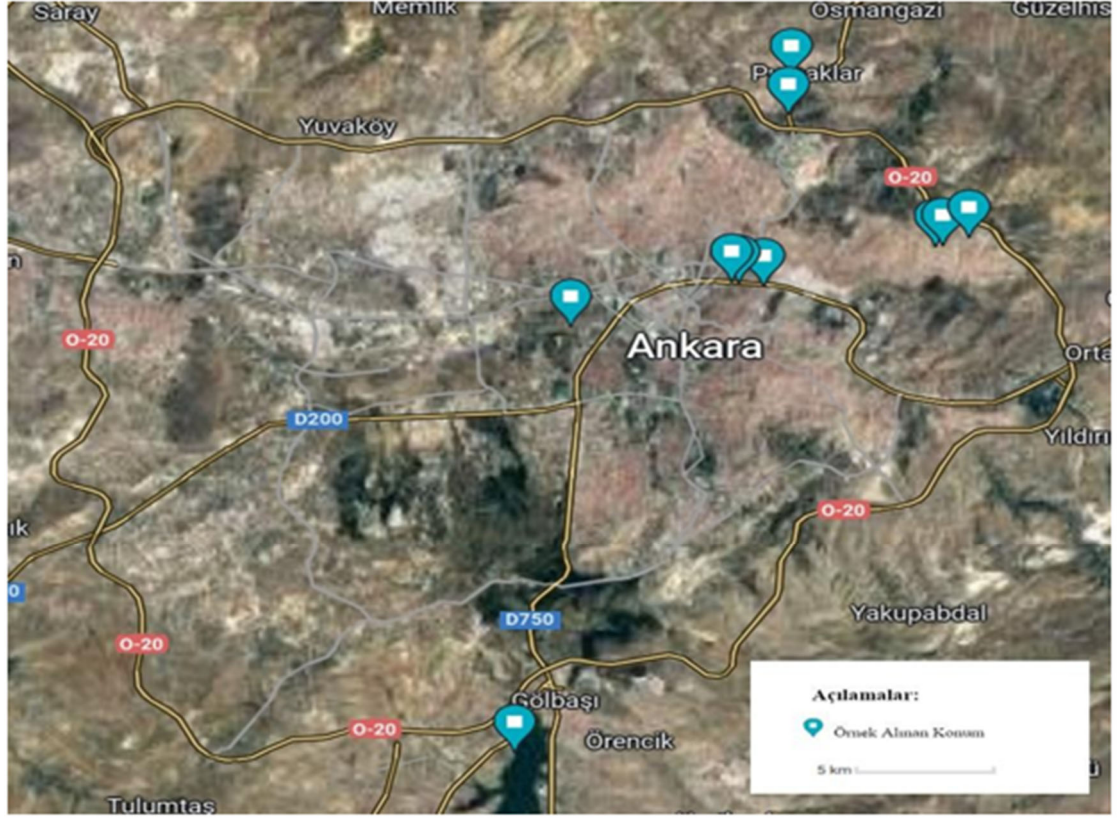
#### MATERYAL VE YÖNTEM

##### 3.1. Materyal

Bu çalışmada Ankara'nın farklı bölgelerinden örnekler alınmıştır. Bölgeler ana yol, cadde, tali yol ve kontrol bölgesi şeklinde seçilmiştir. Seçilen istasyonlardaki Ihlamur ağaçlarından alınan yaprak, dal, çiçek ve yetiştiği toprak örnekleri materyal olarak kullanılmıştır (Tablo 3.1.1 ve Şekil 3.1.2).

Tablo 3.1. Örneklerin toplandığı istasyonlar

İSTASYON	BULUNDUĞU NOKTA
1. Karapürçek	Cadde
2.Samsun Yolu	Ana Yol
3. Gazi Mahallesi	Ana Yol
4. Pursaklar	Ana Yol
5.Protokol Yolu	Tali Yol
6.Mogan	Kontrol Noktası



Şekil 3.1. Çalışma alanı

### 3.2. Materyallerin Temini

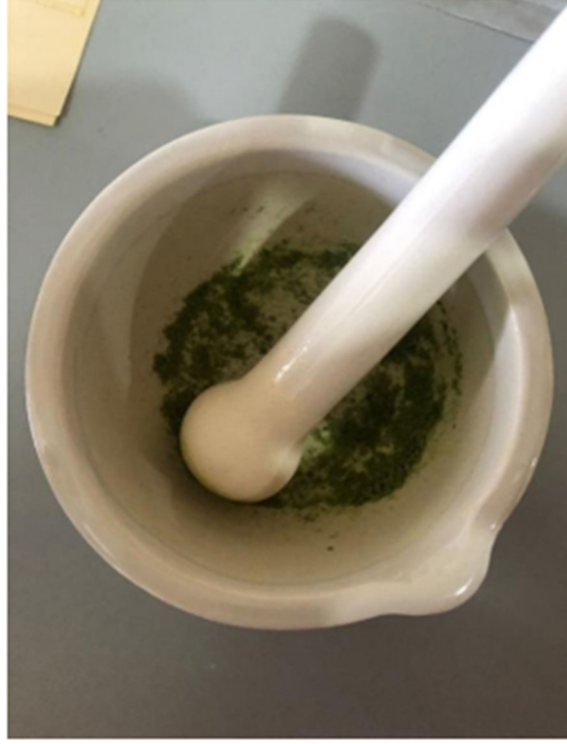
Örnekler analiz çalışmalarından önce birkaç aşamadan geçirilmiştir. Her istasyondaki örneklerin her birinden 2'şer örnek alınmıştır. Alınan örneklerin yarısı önce çeşme suyuyla sonra çift distile suyla yıkanmıştır. Daha sonra örneklerin hepsi etüvde 80 °C 24 saat kurutulmuştur (Şekil 3.2.1.). Kurutulmuş örnekler havanda dövülerek küçük parçalara ayrılmıştır (Şekil 3.2.2.). Kontaminasyonu engellemek için havan her örnekten sonra çift distile su ile yıkanıp kurutulmuştur (Şekil 3.2.3). Parçalama işleminden sonra örnekler ayrı poşetlere koyularak saklanmıştır. (Şekil 3.2.4.) [65].



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan etüv



Şekil 3.3. Kullanılan havan ve distile su



Şekil 3.4. Örneklerin havanda dövülmesi



Şekil 3.5. Etiketlenen örneklerin görüntüsü

Toprak numuneleri yüzeyden itibaren döküntü temizlendikten sonra 10 cm'lik bölgeden, ağaç kökünün çevresinden 15 cm derinlikten çelik burgu kullanılarak alınmıştır. Kontaminasyonu önlemek için toprak örnekleri naylon poşetlere konmuştur. Laboratuvara getirilen örnekler 1 gün kurutulup hava kurusu haline getirilmiş daha sonra etiketlenmiş ve poşetlerde saklanmıştır [65].

### **3.3. Malzemelerin Temizliği**

Laboratuvar çalışmalarında kullanılan cam plastik ve porselen malzemeler öncelikle deterjanlı su içerisinde 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra çeşme suyuyla yıkanıp %20'lik nitrik asit içine alınıp bir gece bekletildikten sonra çift distile su ile yıkanarak 60°C'de etüvde kurutulup kullanıma hazır hale getirilmiştir [65].

### **3.4. Kullanılan Kimyasal Maddeler**

Çalışmada kullanılan standartların ve çözeltilerin hazırlanmasında, %65'lik HNO<sub>3</sub> ve %37'lik HCl kullanılmıştır. Çözdürme işleminde en yaygın kullanılan yöntem bitki örneklerinin çözülmesinde HNO<sub>3</sub>, toprak örneklerinin çözülmesinde 1/3 oranında HNO<sub>3</sub> ve HCl karışımları kullanılmıştır (1 HNO<sub>3</sub> + 3 HCl = Kral suyu) (Şekil 3.4.1). Bunlarla birlikte standartların ve örneklerin hazırlanmasında ve seyreltilmesinde çift distile su kullanılmıştır [66].

### **3.5. Bitkide Ağır Metal Seviyesinin Belirlenmesi**

Hücre içerisindeki örnekler, kenarları distile su ile yıkanarak 50 ml'lik propilen tüplere aktarılıp, santrifüj edildikten sonra çift distile su ile üzerleri 10 ml'lik tamamlanarak ICP-MS cihazında ağır metal ölçüm işlemi yapılmıştır (Şekil 3.5.1).



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan Mikrodalga Fırın



Şekil 3.7. Çalışmada ağır metal analizinde kullanılan ICP-MS

### 3.6. Biyotransfer Faktörü (BTF)

Biyotransfer Faktörü; topraktaki metal konsantrasyonuna bağlı olarak bitkilerin ağır metal transfer kabiliyetini ve verimini belirlemek için hesaplanmaktadır. BTF hesaplaması için aşağıdaki formül kullanılmıştır.  $TF = C_v/C_s$ , burada  $C_v$ , *Tilia tomentosa*'nın parçalarında tespit edilen metal konsantrasyonudur.  $C_s$  ise topraktaki metal konsantrasyonudur [67].

### **3.7. İstatistiksel Analiz**

Her numune için 3 tekrarlı okumaların ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır. Ortalamaların istatistiksel olarak karşılaştırılmasında  $p \leq 0,05$  değeri anlamlı kabul edilmiştir. Ayrıca elde edilen verilerin değerlendirilmesini kolaylaştırmak için gerekli grup ve parametrelere SPSS 25 paket programı kullanılarak %95 güven aralığına sahip ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda farkı belirlemeye yönelik Duncan testleri uygulanmıştır. Gruplar arasındaki ortalamalar ve farklılıklar bu testler aracılığıyla karşılaştırılarak yorumlanmıştır.





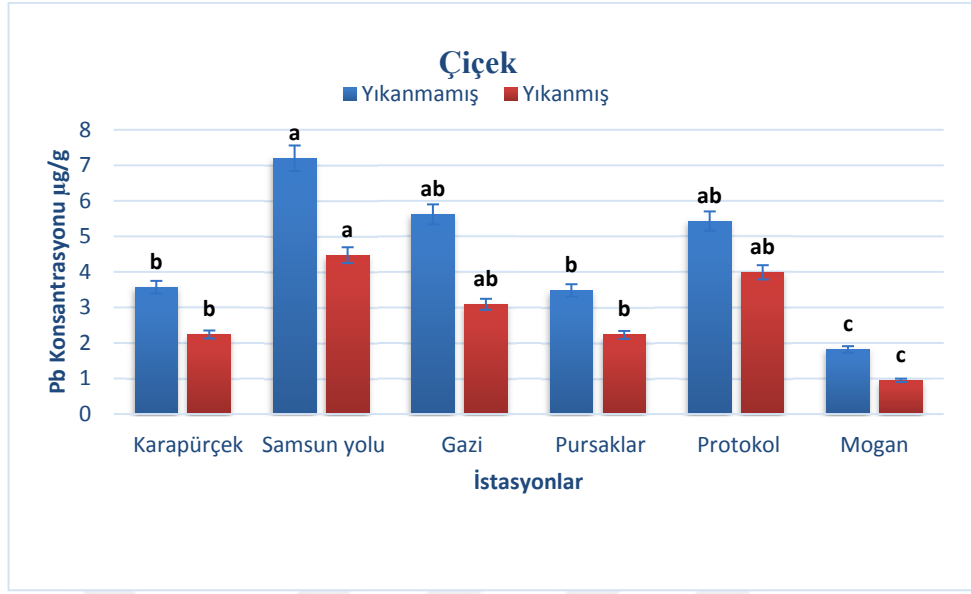
## 4. BÖLÜM

### BULGULAR VE TARTIŞMA

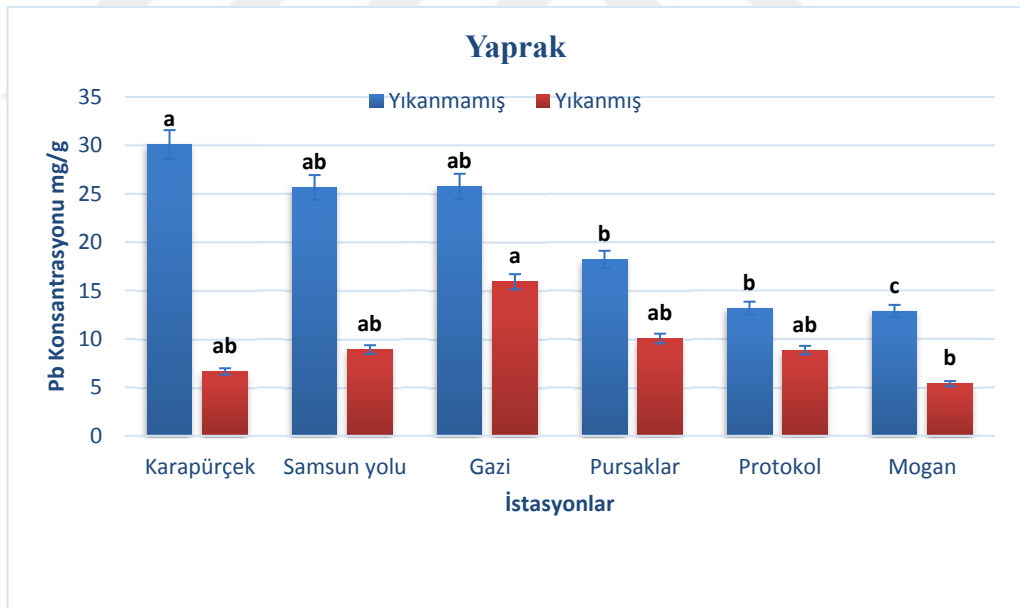
Çalışmamızda; Ankara'nın Karapürçek, Samsun Yolu, Gazi Mahallesi, Pursaklar, Protokol Yolu ve Mogan bölgelerinden toplanan, *Tilia tomentosa*'ya ait yaprak, dal, çiçek ve toprak örneklerinde, kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), krom (Cr), demir (Fe), kobalt (Co), arsenik (As), nikel (Ni), çinko (Zn), mangan (Mn) değerleri incelenmiştir.

#### 4.1. Pb elementinin değişimi

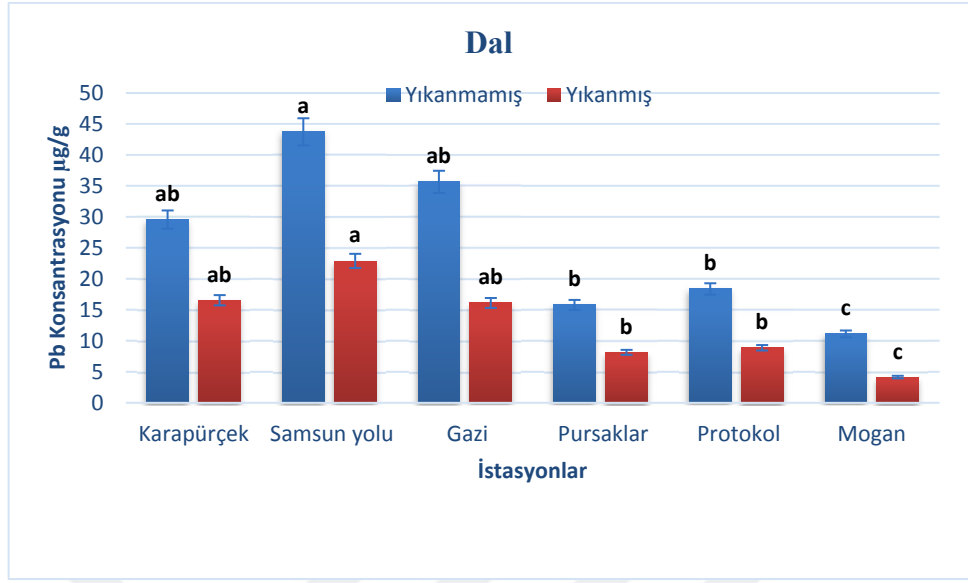
Çalışma alanındaki 6 farklı istasyondan alınan çiçek, yaprak, dal ve toprak örneklerindeki Pb konsantrasyonları şekillerde gösterilmiştir (şekil 4.1.1-şekil 4.1.4). Çiçekte Pb en fazla ( $7,2 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Samsun yolunda yıkanmamış örneklerde görülürken en az Pb ( $0,95 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.1.1.). Yaprakta en fazla Pb ( $30,08 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde görülürken en az ( $5,38 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.1.2.). Dalda en fazla Pb ( $43,72 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Samsun yolunda yıkanmamış örneklerde görülürken en az ( $4,16 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.1.3.). Toprakta ise en fazla Pb değeri ( $371,22 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Samsun yolundayken en az ( $103,78 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'dadır (Şekil 4.1.4.). Sonuçlara bakıldığında, en düşük Pb konsantrasyonunun Mogan'da yıkanmış örneklerde saptanması, burasının trafiğin ve yerleşimin az olduğu bir bölge olmasından, kaynaklandığını düşündürmektedir. En yüksek Pb konsantrasyonları ise trafiğin yoğun olduğu, il giriş çıkışları için çok kullanılan Samsun Yolu'nda ve özellikle iş giriş çıkışlarında çok yoğun trafik gözlenen Karapürçek'te saptanmıştır.



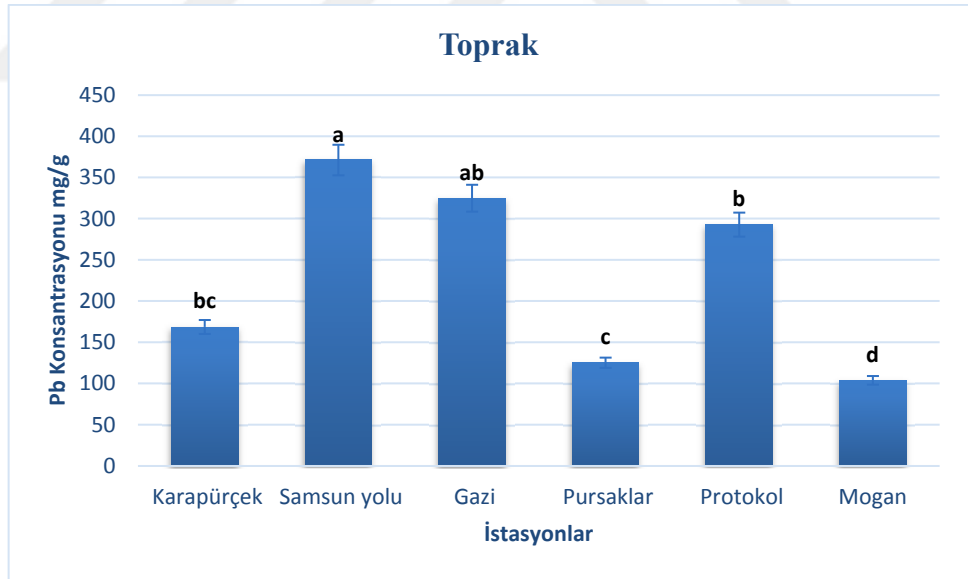
Şekil 4.1. Çiçekte Pb konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.2. Yaprakta Pb konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.3. Dalda Pb konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.4. Toprakta Pb konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri

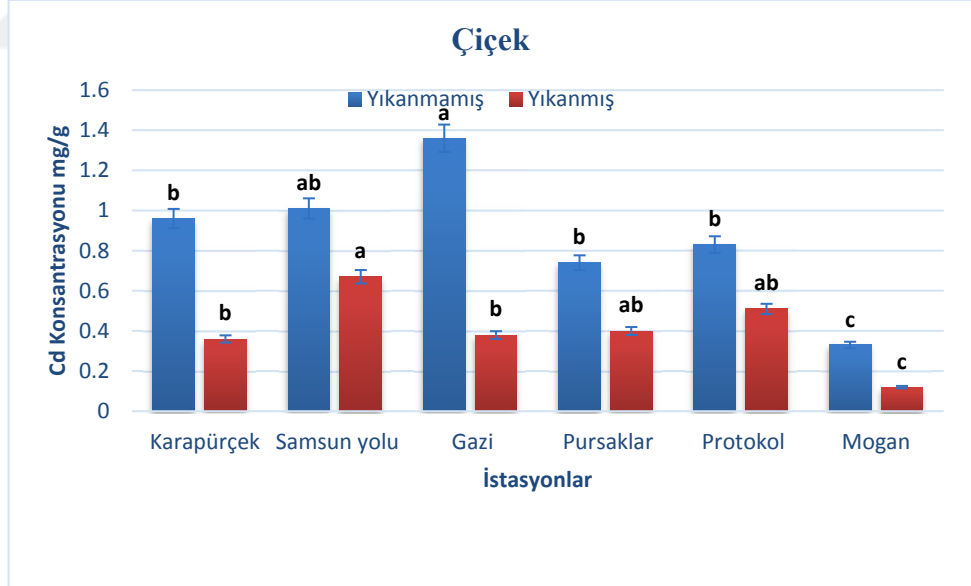
Benzer bir sonuç Pınar (2019) Kastamonu’da yaptığı çalışmada, bulunan Pb değerinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığını belirlemiştir [12]. Bir başka çalışmada Osma ve ark. (2013) sebzelerde ve toprakta yüksek değerlerde kurşuna rastlanmıştır [68].

## 4.2. Cd Elementinin Değişimi

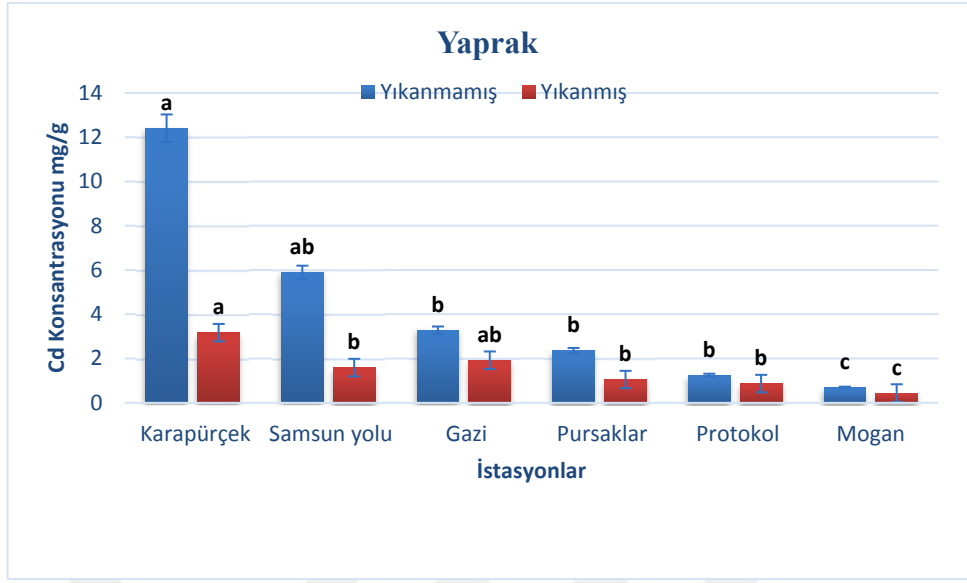
Çalışma alanındaki 6 farklı istasyondan alınan çiçek, yaprak, dal ve toprak örneklerindeki Cd konsantrasyonlarının değerleri Şekiller üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.2.1, Şekil 4.2.2, Şekil 4.2.3, Şekil 4.2.4.).

Çiçekte kadmiyum en fazla ( $1,36 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Gazi Mahallesinde yıkanmamış örneklerde görülürken en az ( $0,12 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.2.1.). Yaprakta en fazla ( $12,41 \mu\text{gg}^{-1}$ ) kadmiyum Karapürçek'te görülürken en az ( $0,44 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.2.2.). Dalda en fazla ( $3,38 \mu\text{gg}^{-1}$ ) kadmiyum Karapürçek'te görülürken en az ( $0,77 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Gazi Mahallesinde yıkanmış örneklerdedir (Şekil 4.2.3.). Toprakta ise Kadmiyum değeri en fazla ( $20,31 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te en az ( $4,9 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da tespit edilmiştir (Şekil 4.2.4.).

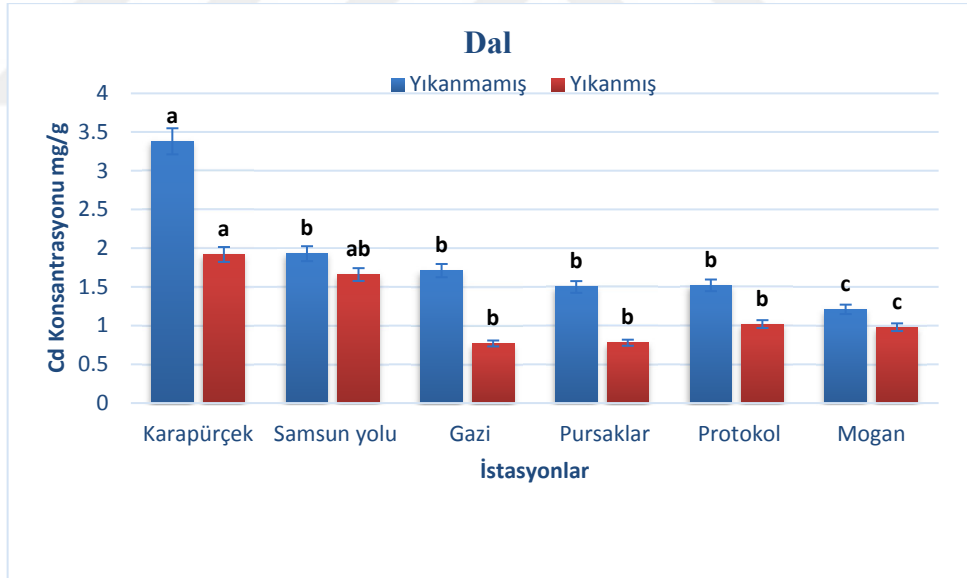
Benzer bir sonuç olarak Pınar (2019) Kastamonu'da yaptığı çalışmada, Cd değerinin trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde düşü değerlerde çıktığını ve trafik yoğunluğu arttıkça Cd değerinin de arttığını belirtmiştir [12].



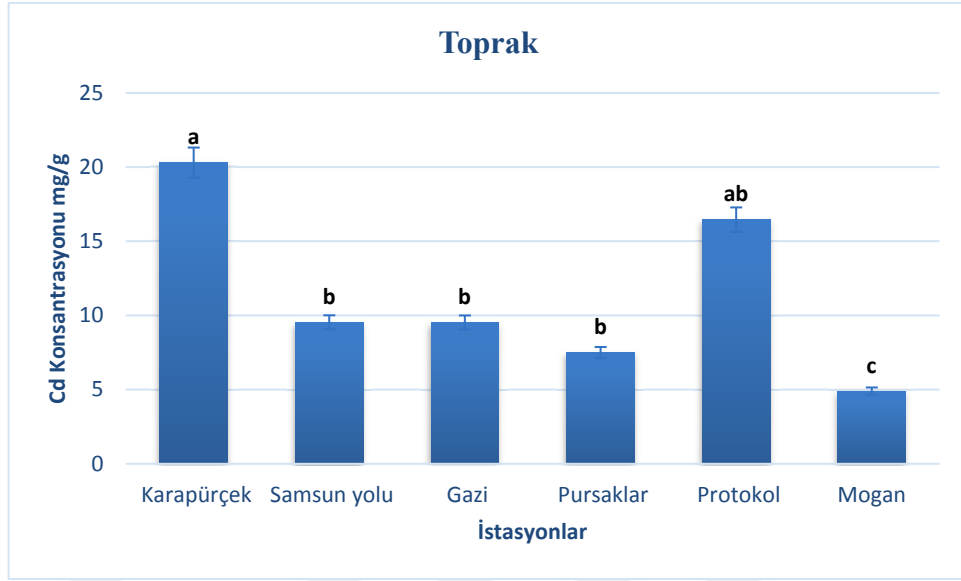
Şekil 4.5. Çiçekte Cd konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.6. Yaprakta Cd konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.7. Dalda Cd konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.8. Toprakta Cd konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri

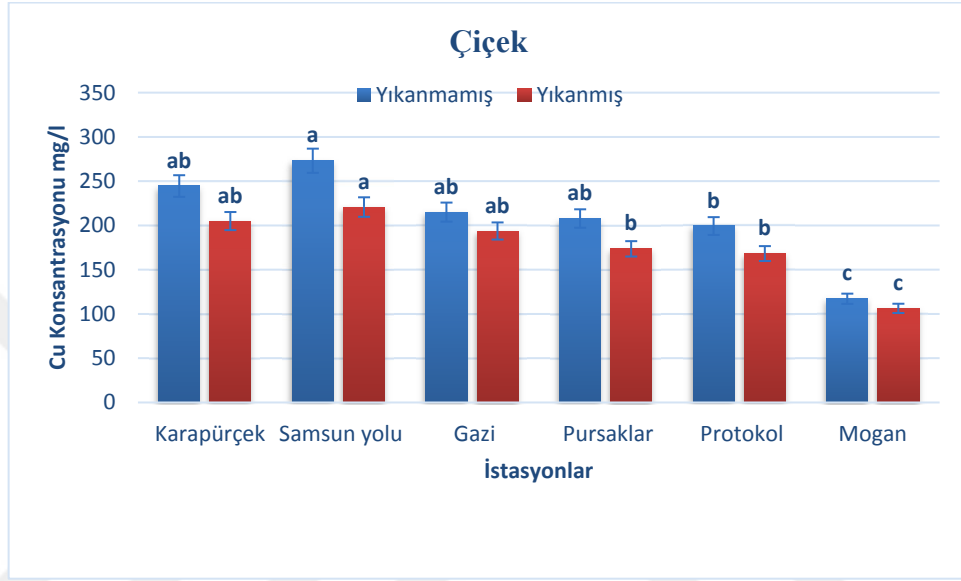
Şekillere bakıldığında yıkanmamış örneklerdeki Cd konsantrasyonlarının yıkanmış örneklere göre daha fazla olduğu görülmüştür. Aynı zamanda en fazla Cd değerleri Karapürçek İstasyonunda en az değerler Mogan'da ölçülmüştür. Sonuç olarak Cd değerinin trafik yoğunluğunun az olduğu yerlerde daha düşük olduğu söylenebilir.

### 4.3. Cu Elementinin Değişimi

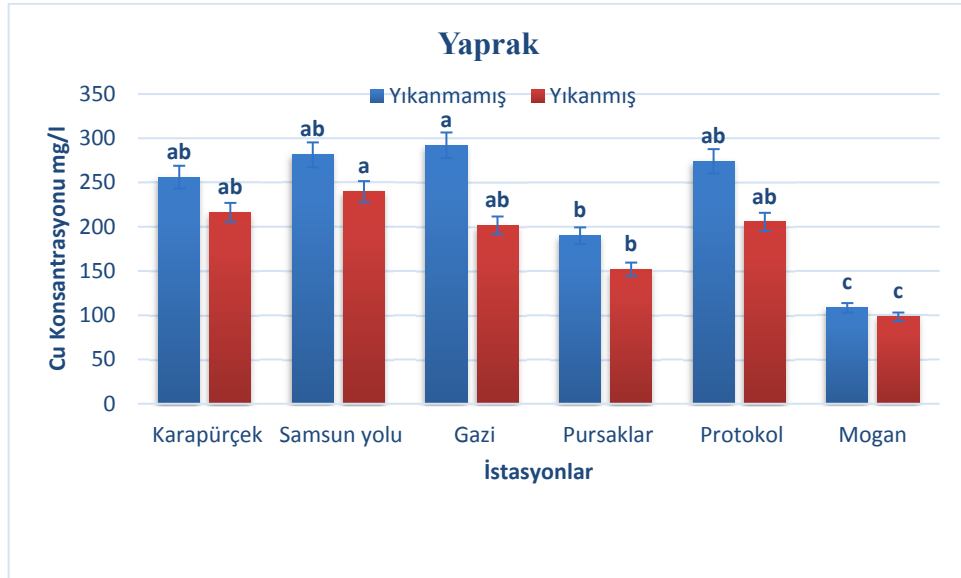
Çalışma alanındaki 6 farklı istasyondan alınan çiçek, yaprak, dal ve toprak örneklerdeki Cu konsantrasyonlarının şekiller üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.3.1., Şekil 4.3.2., Şekil 4.3.3., Şekil 4.3.4.).

Çiçekte Cu en fazla ( $273,13 \mu\text{g g}^{-1}$ ) Samsun Yolunda yıkanmamış örneklerde görülürken, en az ( $106,36 \mu\text{g g}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.3.1.). Yaprakta en fazla ( $291,98 \mu\text{g g}^{-1}$ ) Gazi Mahallesi'nde yıkanmamış örneklerde, en az ( $98,29 \mu\text{g g}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.3.2.). Dalda en fazla Cu ( $268,59 \mu\text{g g}^{-1}$ ) Gazi Mahallesi'nde yıkanmamış örneklerde görülürken, en az ( $38,67 \mu\text{g g}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.3.3.). Toprakta en fazla ( $263,52 \mu\text{g g}^{-1}$ ) Cu Samsun Yolu'nda, en az ( $44,24 \mu\text{g g}^{-1}$ ) ise Mogan'da görülmüştür (Şekil 4.3.4.). En yüksek Cu değeri trafiğin en yoğun olduğu alanlar olan Samsun Yolu ve Gazi Mahallesi'nde gözlemlenmiştir.

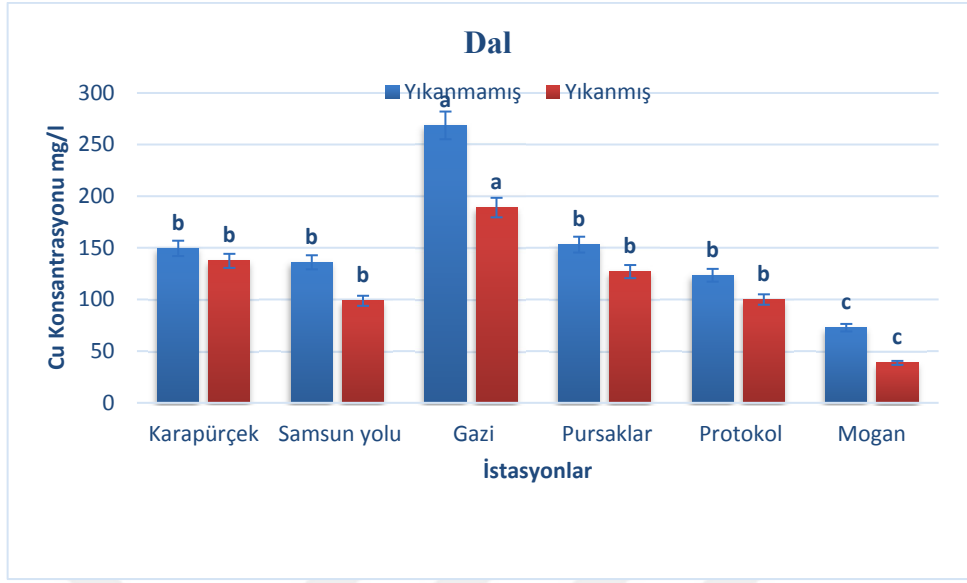
Demirezen ve Aksoy (2005) Kayseri’de farklı sebzelerle yaptıkları çalışmada buldukları Cu değeri bu çalışmadakine kıyasla çok daha düşüktür [69]. Başka bir çalışmada Özyürek (2016) Nevşehir’de bazı sebzelerle yaptığı çalışmadaki Cu değeri de bu çalışmaya kıyasla daha düşüktür [66]. Bu düzey farklılıkları, bitki türlerinin birbirinden farklı düzeylerde ağır metal biriktirmelerinden kaynaklandığını düşündürmektedir.



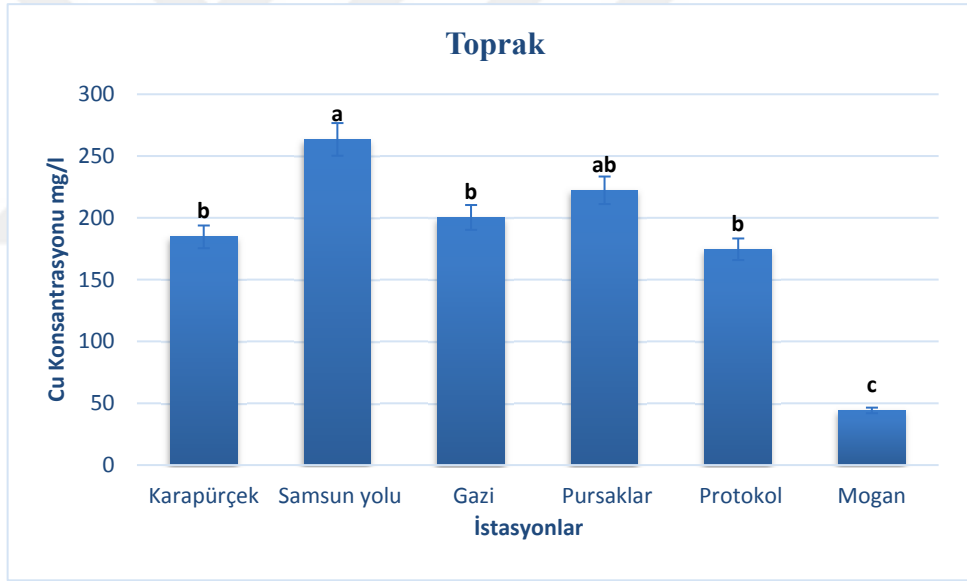
Şekil 4.9. Çiçekte Cu konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.10. Yaprakta Cu konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.11. Dalda Cu konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.12. Toprakta Cu konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri

Şekillere bakıldığında yıkanmamış örneklerdeki Cu konsantrasyonunun yıkanmış örneklere göre daha fazladır. Aynı zamanda en fazla Cu değerleri Samsun Yolu ve Gazi Mahallesinde en az ise Mogan'da ölçülmüştür

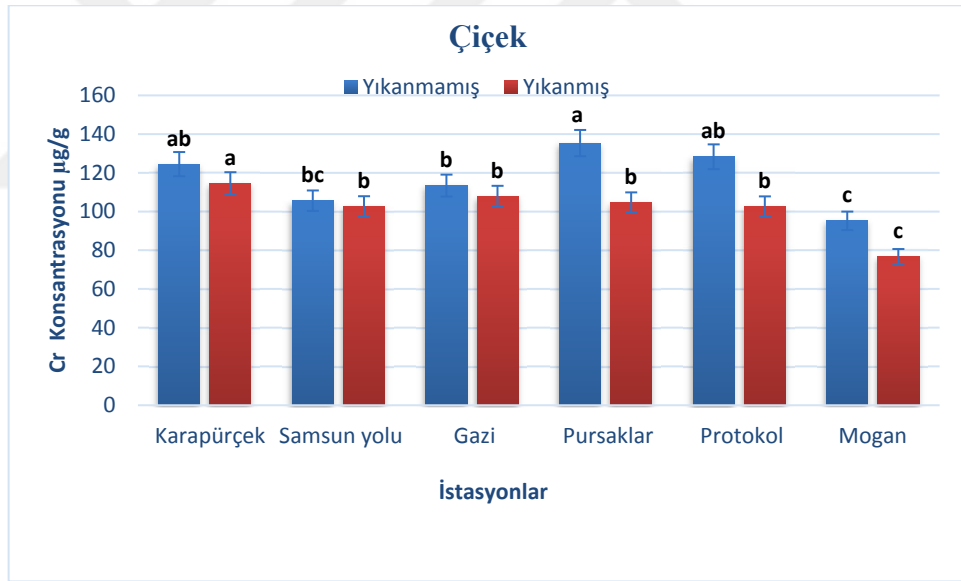
#### 4.4. Cr Elementinin değişimi

Çalışma alanında 6 farklı istasyondan alınan çiçek, yaprak, dal ve toprak örneklerindeki Cr konsantrasyonlarının şekiller üzerinde verilmiştir (Şekil 4.4.1., Şekil 4.4.2., Şekil 4.4.3., Şekil4.4.4.).

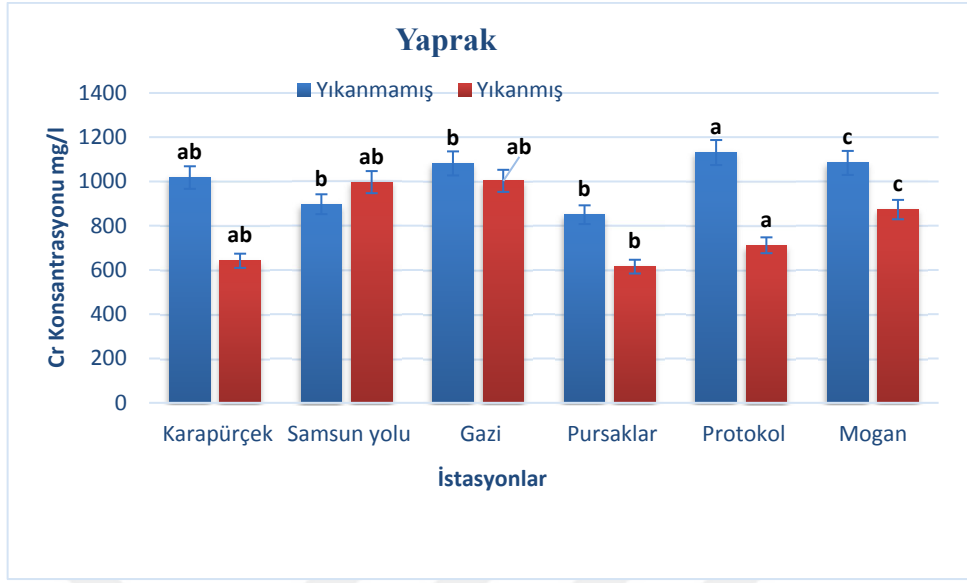


Çiçekte Cr en fazla Pursaklar' da ( $135,4 \mu\text{gg}^{-1}$ ) yıkanmamış örneklerde, en az ise ( $76,8 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.4.1.). Yaprakta en fazla Cr ( $151,1 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek' te yıkanmamış örneklerde, en az ( $37,6 \mu\text{gg}^{-1}$ ) ise Mogan 'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.4.2.). Dalda en fazla ( $72,8 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde, en az ise ( $46,4 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.4.3.). Toprakta en fazla Cr ( $653,02 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Samsun yolunda, en az ise ( $102,75 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'dadır (Şekil 4.4.4.).

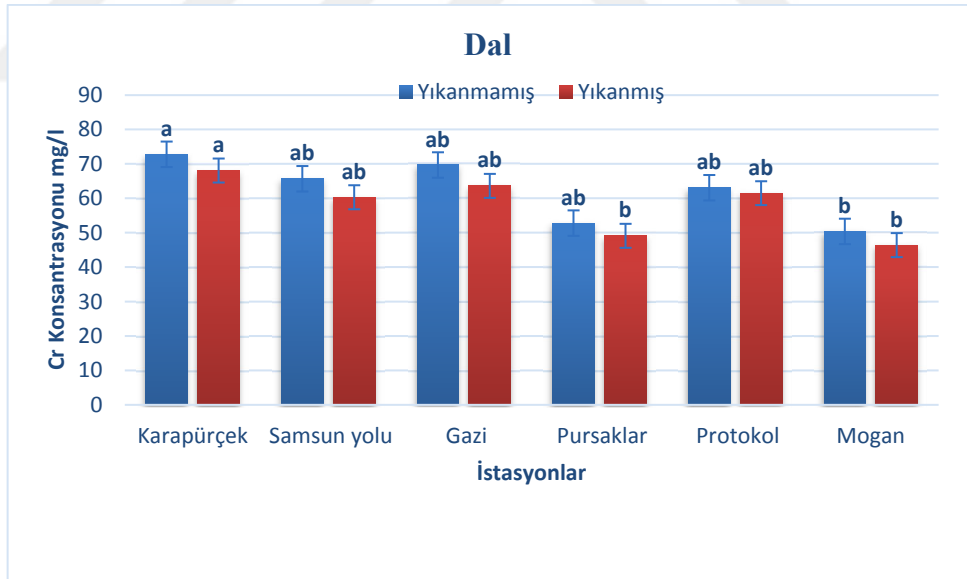
Özyürek (2016) Nevşehir'de farklı sebzelerle yaptığı çalışmada topraktaki Cr miktarının sınır değeri aşmadığı sonucuna ulaşırken bu çalışmada Cr miktarı sınır değeri aşmaktadır [66]. Sonuçlar, Ankara ilinin daha büyük, daha kalabalık ve trafikteki araç sayısının daha fazla olması sebebiyle toprak ve bitkilerin daha fazla ağır metale maruz kalmasından kaynaklandığını düşündürmektedir.



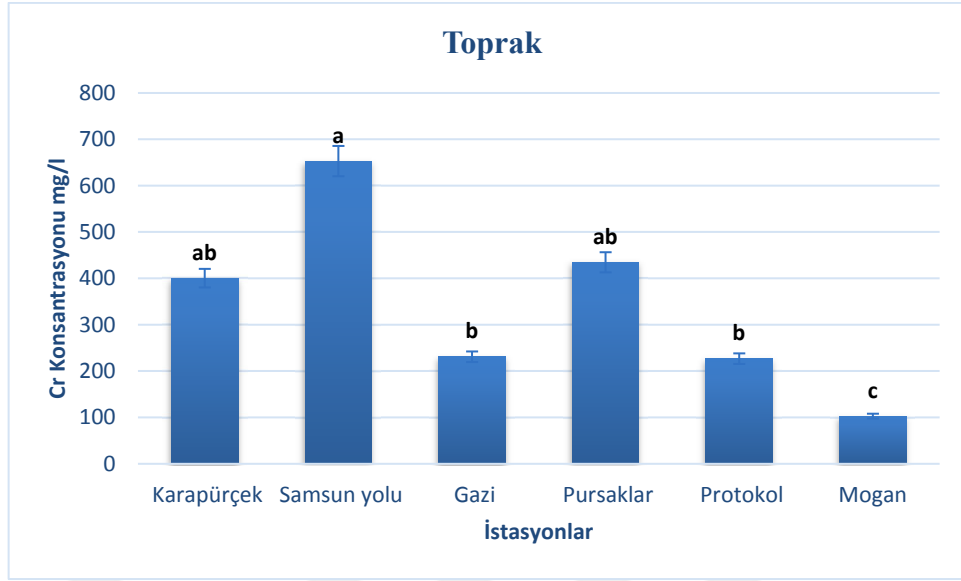
Şekil 4.13. Çiçekte Cr konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.14. Yaprakta Cr konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.15. Dalda Cr konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



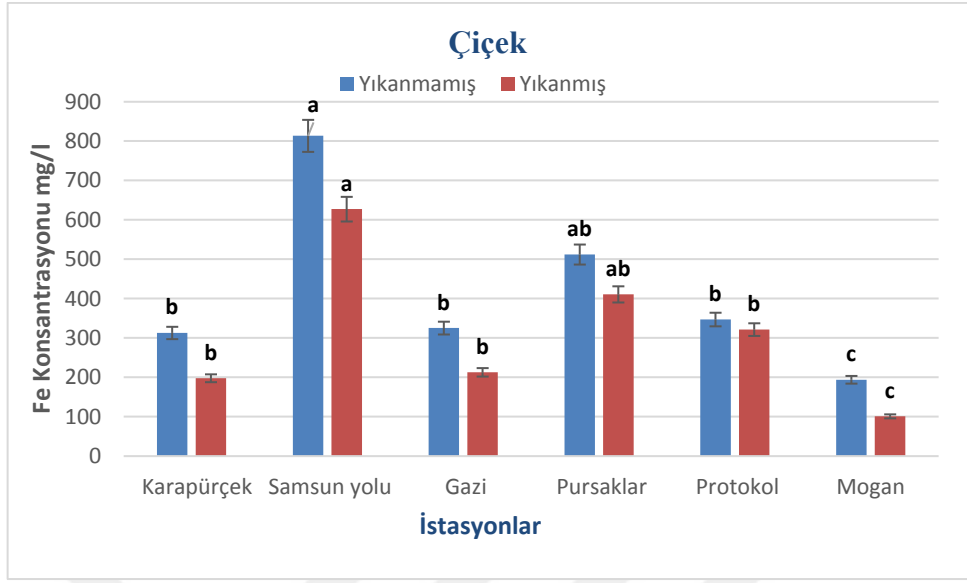
Şekil 4.16. Toprakta Cr konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri

Şekillere bakıldığında yıkanmamış örneklerdeki Cr konsantrasyonunun yıkanmış örneklere göre daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca en az Cr değerleri Mogan'da ölçülmüştür.

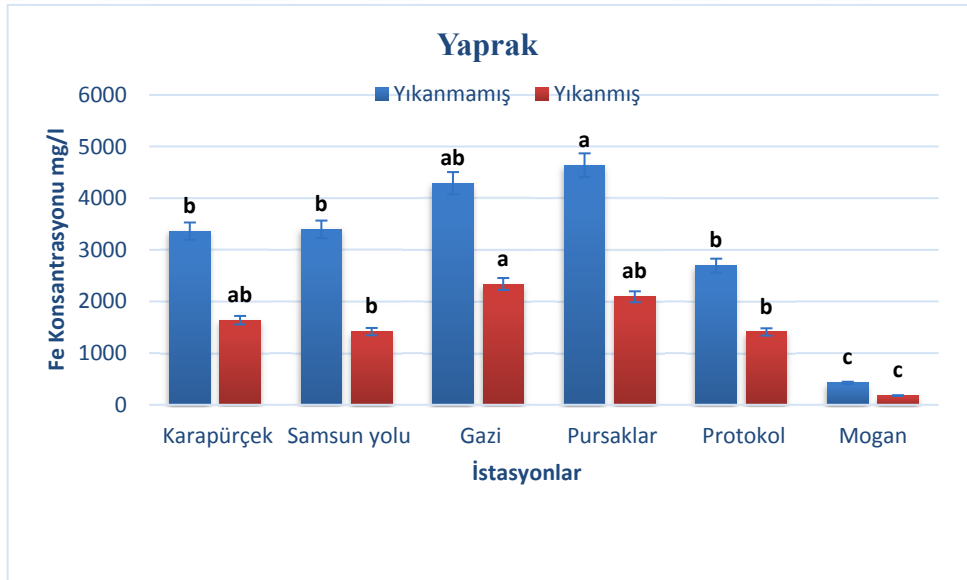
#### 4.5. Fe Elementinin Değişimi

Çalışma alanındaki 6 farklı istasyondan alınan çiçek, yaprak, dal ve toprak örneklerindeki Fe konsantrasyonlarını şekiller üzerinde verilmiştir (Şekil 4.5.1., Şekil 4.5.2., Şekil 4.5.3., Şekil 4.5.4.).

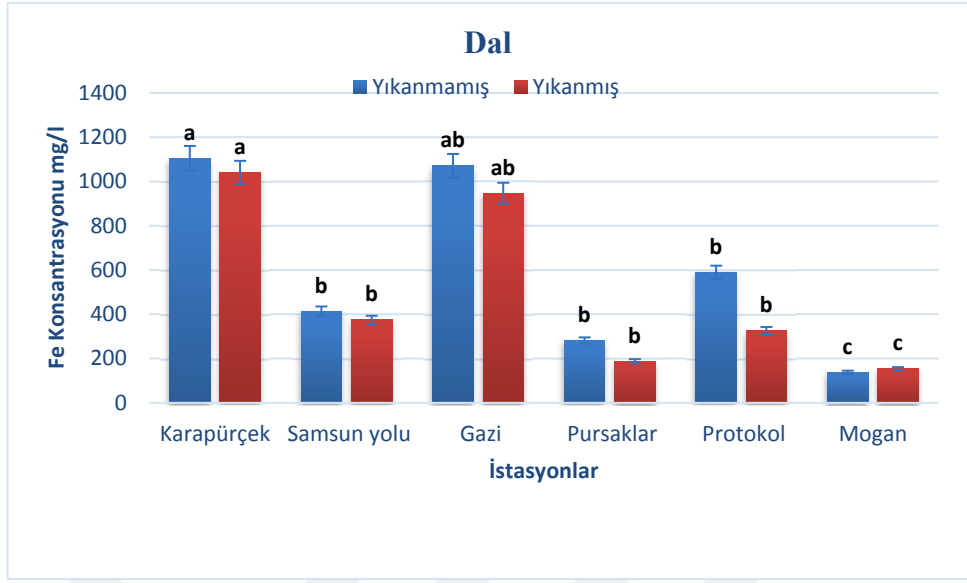
Çiçekte en fazla Fe değeri ( $813,49 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Samsun Yolu'nda yıkanmamış örneklerde, en az ise ( $100,9 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerdedir (Şekil 4.5.1.). Yaprakta en fazla Fe değeri ( $4637,78 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Pursaklar'da yıkanmamış örneklerde, en az ise ( $178,14 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerdedir (Şekil 4.5.2.). Dalda en fazla Fe değeri ( $1105,42 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde, en az ise ( $137,97 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmamış örneklerdedir (Şekil 4.5.3.). Toprakta ise en fazla ( $40681,06 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Gazi Mahallesi'nde, en az Fe değeri ( $10627,9 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da görülmüştür (Şekil 4.5.4.). Özyürek (2016) Nevşehir'de farklı sebzelerle yaptığı çalışmada topraktaki Fe miktarının sınır limiti aşmadığı sonucuna varılırken bu çalışmada topraktaki Fe miktarı sınır limitin çok üstünde bulunmuştur [66].



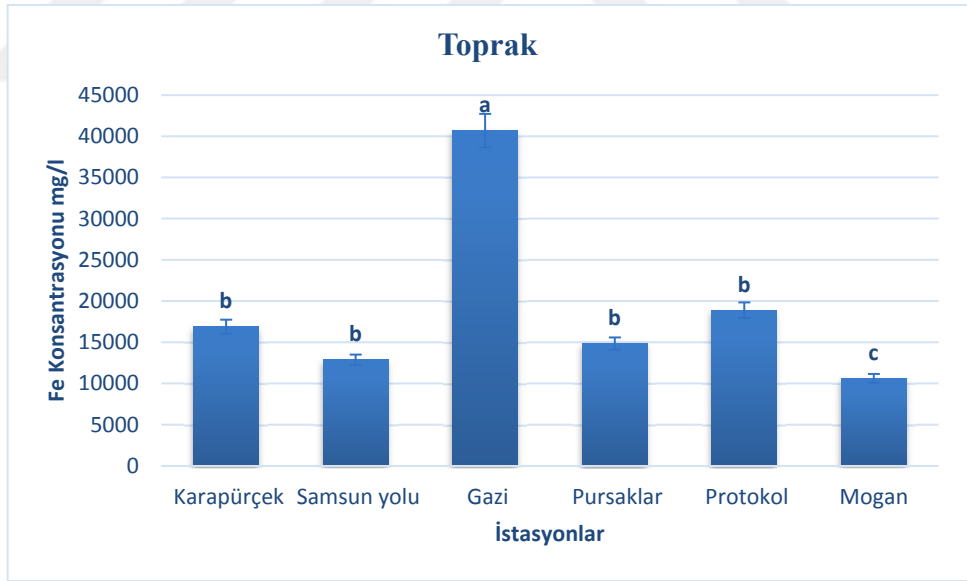
Şekil 4.17. Çiçekte Fe konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.18. Yaprakta Fe konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.19. Dalda Fe konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



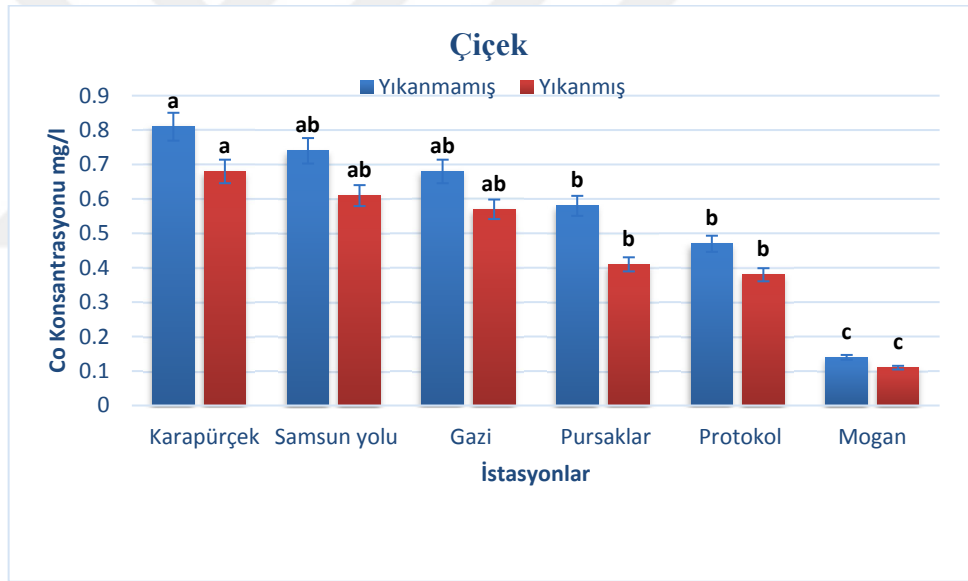
Şekil 4.20. Toprakta Fe konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri

Şekillere bakıldığında yıkanmamış örneklerdeki Fe konsantrasyonlarının yıkanmış örneklere göre daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca en fazla Fe değerleri genel olarak Gazi Mahallesinde, en az değerler ise Mogan'da ölçülmüştür.

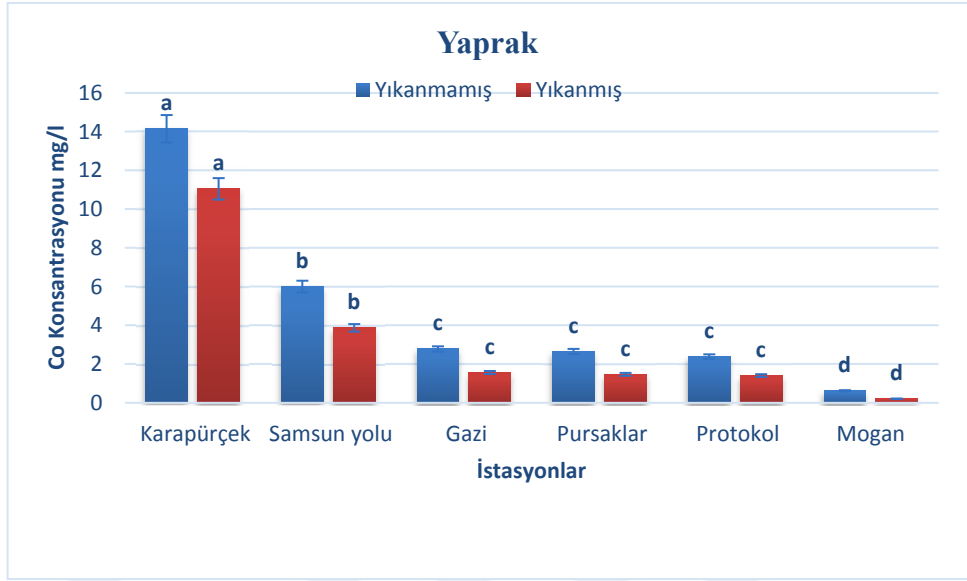
#### 4.6. Co Elementinin Değişimi

Çalışma alanındaki 6 farklı istasyondan alınan çiçek, yaprak, dal ve toprak örneklerindeki Co konsantrasyonları şekiller üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.6.1., Şekil 4.6.2., Şekil 4.6.3., Şekil 4.6.4.).

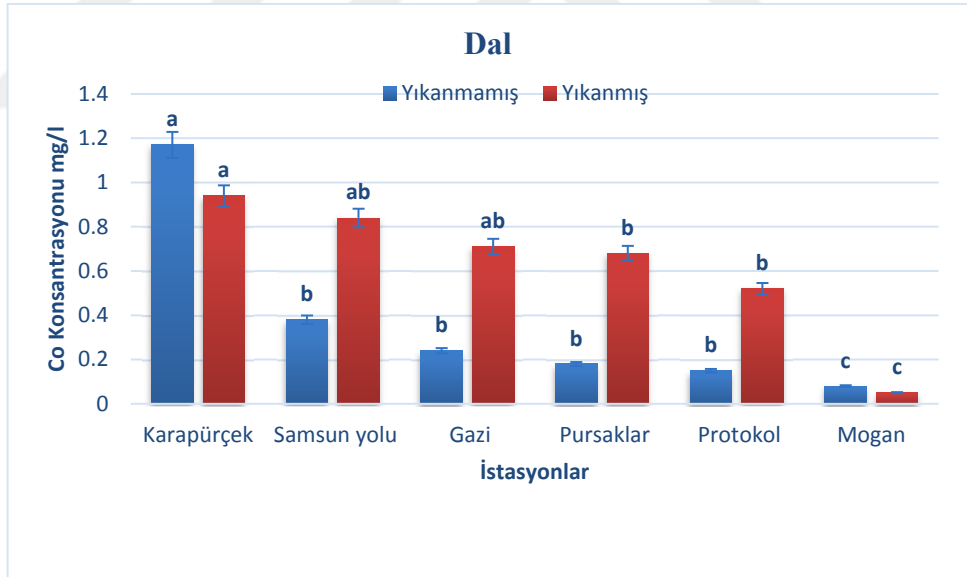
Çiçekte en fazla Co değeri ( $0,81 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde, en az ise ( $0,11 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.6.1.). Yaprakta en fazla Co değeri ( $14,15 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde, en az ise ( $0,21 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.6.2.). Dalda en fazla Co değeri ( $1,17 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde, en az değer ( $0,05 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerdedir (Şekil 4.6.3.). Toprakta ise en fazla Co değeri ( $78,65 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te en az değer ( $35,84 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da görülmüştür (Şekil 4.6.4.).



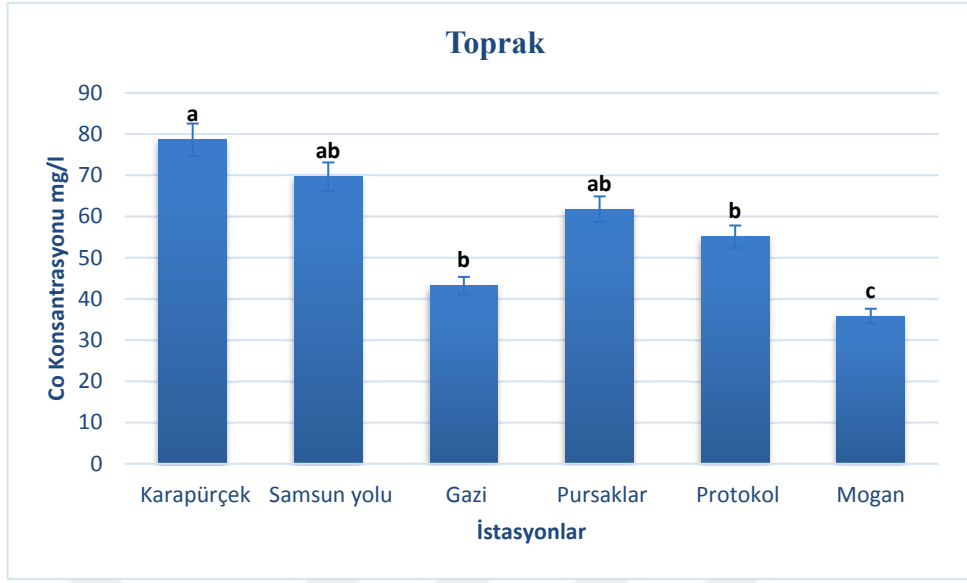
Şekil 4.21. Çiçekte Co konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.22. Yaprakta Co konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.23. Dalda Co konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.24. Toprakta Co konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri

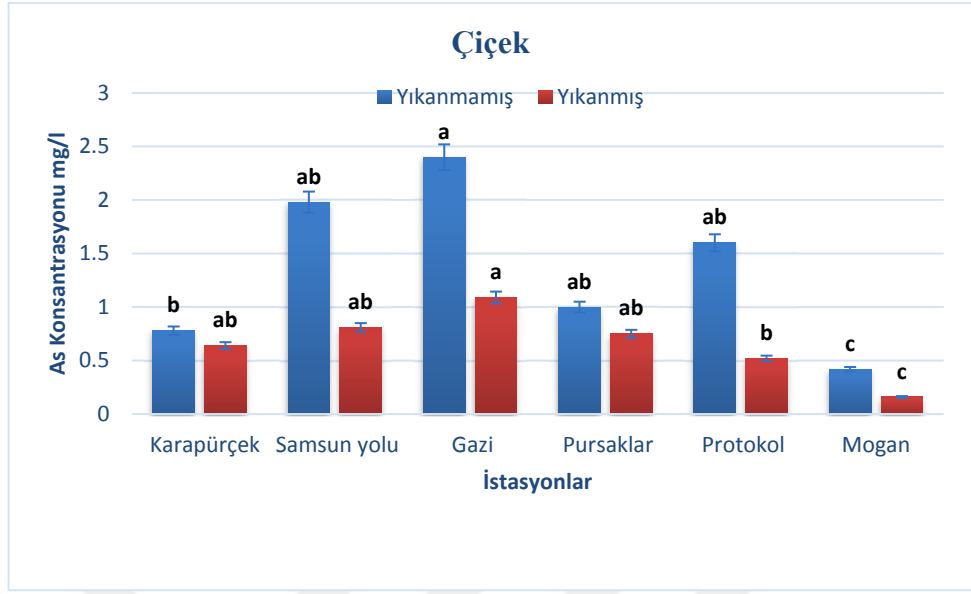
Şekillere bakıldığında yıkanmamış örneklerin yıkanmış örneklere göre daha fazla Co içerdiği görülmüştür. Aynı zamanda en az Co değeri Mogan'da en fazla Co değeri Karapürçek'te görülmüştür.

#### 4.7. As Elementinin Değişimi

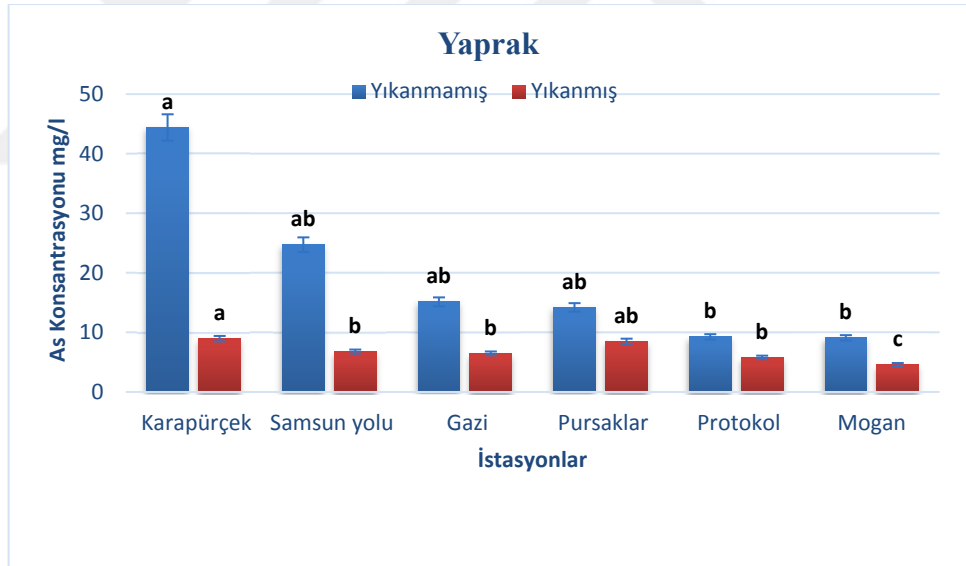
Çalışma alanındaki 6 farklı istasyondan alınan çiçek, yaprak, dal ve toprak örneklerindeki As konsantrasyonları şekillerde verilmiştir (Şekil 4.7.1., Şekil 4.7.2., Şekil 4.7.3., Şekil 4.7.4.).

Çiçekte en fazla As değeri ( $2,4 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Gazi Mahallesi'nde yıkanmamış örneklerde görülürken, en az değer ( $0,16 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.7.1.). Yaprakta en fazla As değeri ( $44,4 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde görülürken, en az değer ( $4,62 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.7.2.). Dalda en fazla değer ( $12,54 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerdeyken, en az değer ( $0,86 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerdedir (Şekil 4.7.3.). Toprakta ise en fazla değer ( $67,08 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Pursaklar'da, en az değer ise ( $25,16 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da görülmüştür (Şekil 4.7.4.).

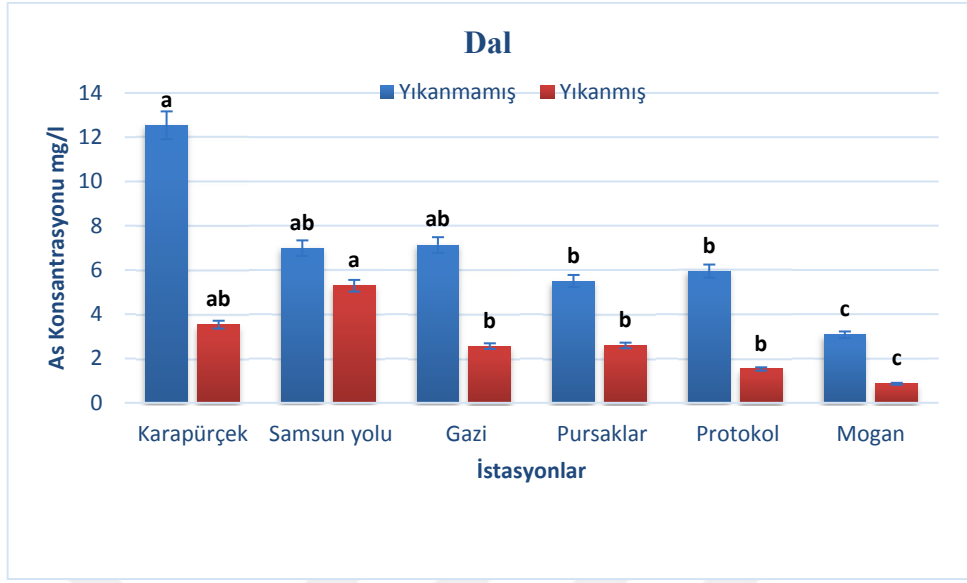




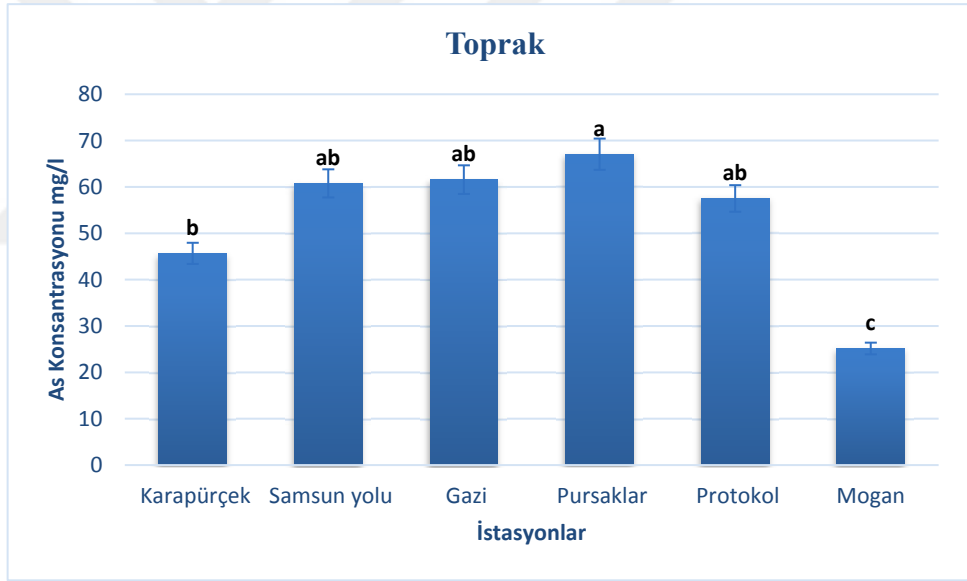
Şekil 4.25. Çiçekte As konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.26. Yaprakta As konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.27. Dalda As konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



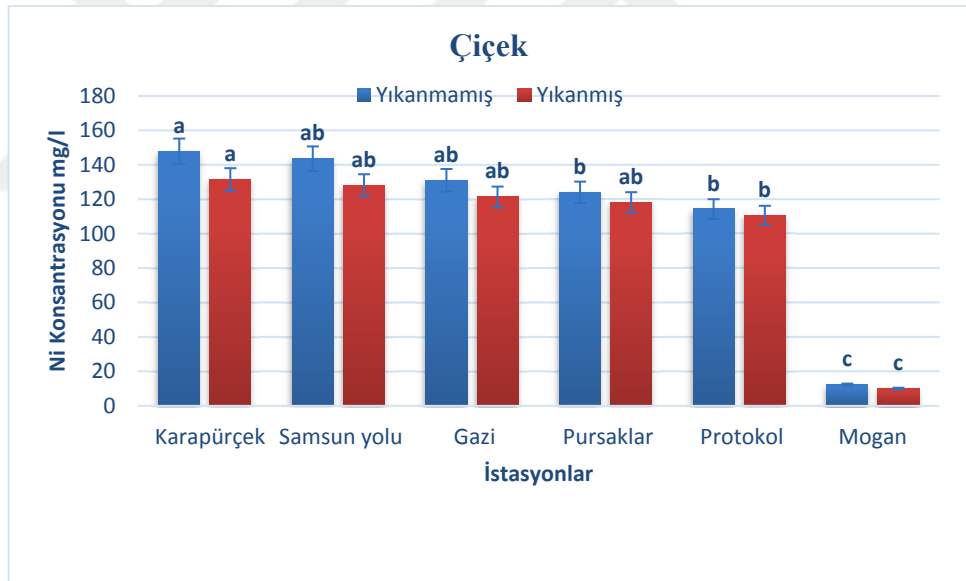
Şekil 4.28. Toprakta As konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri

Şekillere bakıldığında yıkanmamış örneklerdeki As konsantrasyonları yıkanmış örneklere göre daha fazladır. Benzer bir sonuç Osmo ve ark. (2013) bazı sebzelerle yaptıkları çalışmada yıkanmayan örneklerin yıkanan örneklere göre çok fazla fark olmadığı sonucuna varılmıştır [68]. Genel olarak en fazla As değeri Karapürçek İstasyonu'nda en az değerler Mogan'da ölçülmüştür.

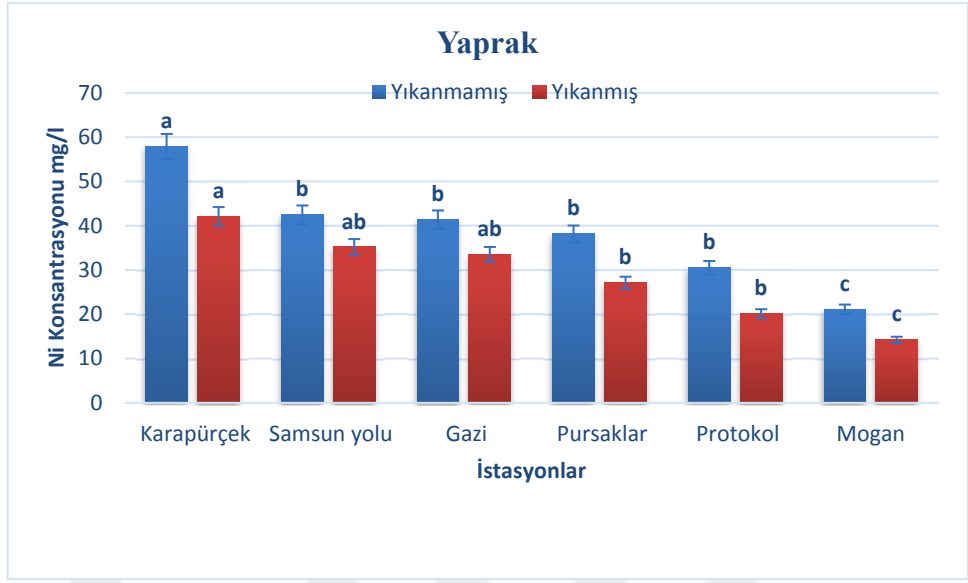
#### 4.8. Ni Elementinin Değişimi

Çalışma alanındaki 6 farklı istasyondan alınan çiçek, yaprak, dal ve toprak örneklerindeki Ni konsantrasyonları şekiller üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.8.1., Şekil 4.8.2., Şekil 4.8.3., Şekil 4.8.4.).

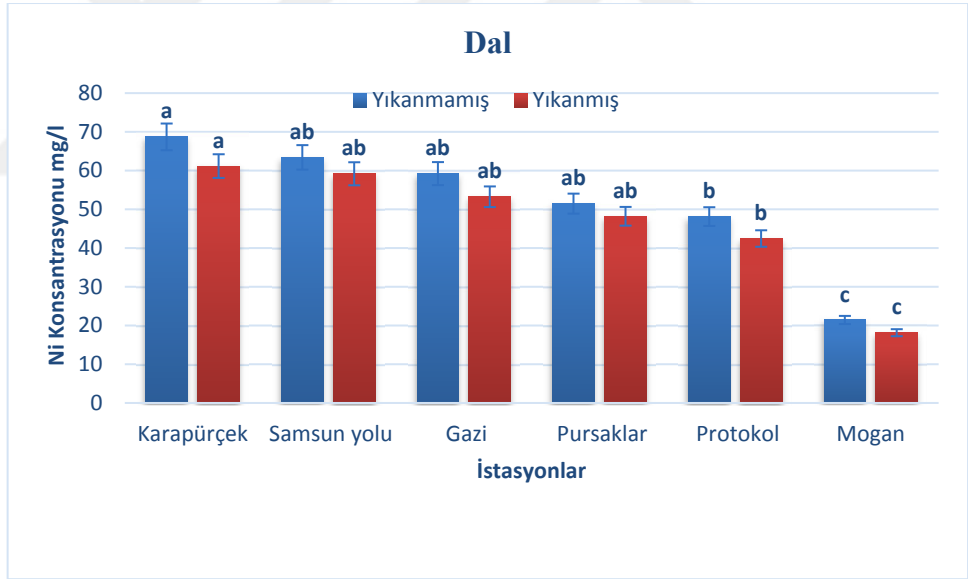
Çiçekte en fazla Ni değeri ( $147,85 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde görülürken, en az değer ( $10,03 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.8.1.). Yaprakta en fazla Ni değeri ( $57,85 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde görülürken, en az değer ( $14,21 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.8.2.). Dalda en fazla değer ( $68,71 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde, en az değer ( $18,13 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.8.3.). Toprakta ise en fazla değer ( $299 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Samsun Yolu'nda, en az değer ( $72,31 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da görülmüştür (Şekil 4.8.4.).



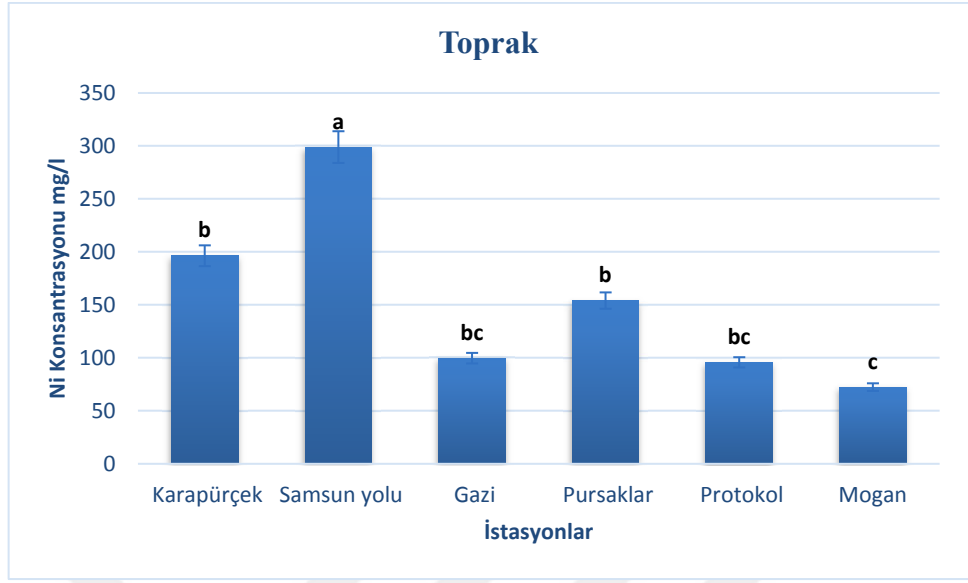
Şekil 4.29. Çiçekte Ni konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.30. Yaprakta Ni konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.31. Dalda Ni konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



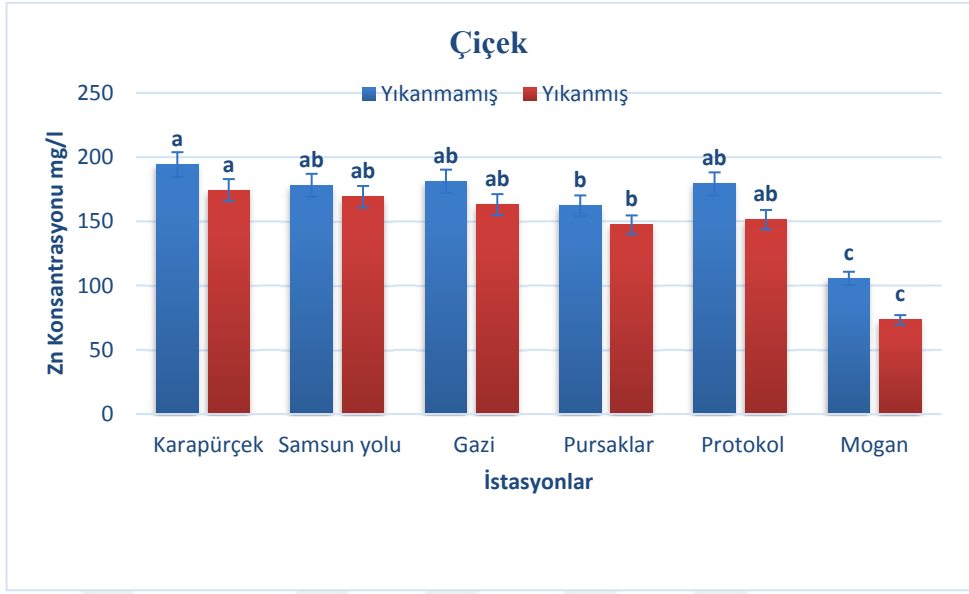
Şekil 4.32. Toprakta Ni konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri

Şekillere bakıldığında yıkanmamış örneklerdeki Ni konsantrasyonları yıkanmış örneklere göre daha fazladır. Aynı zamanda en fazla Ni değerleri Karapürçek ve Samsun Yolu İstasyonlarında en az değerler Mogan'da ölçülmüştür.

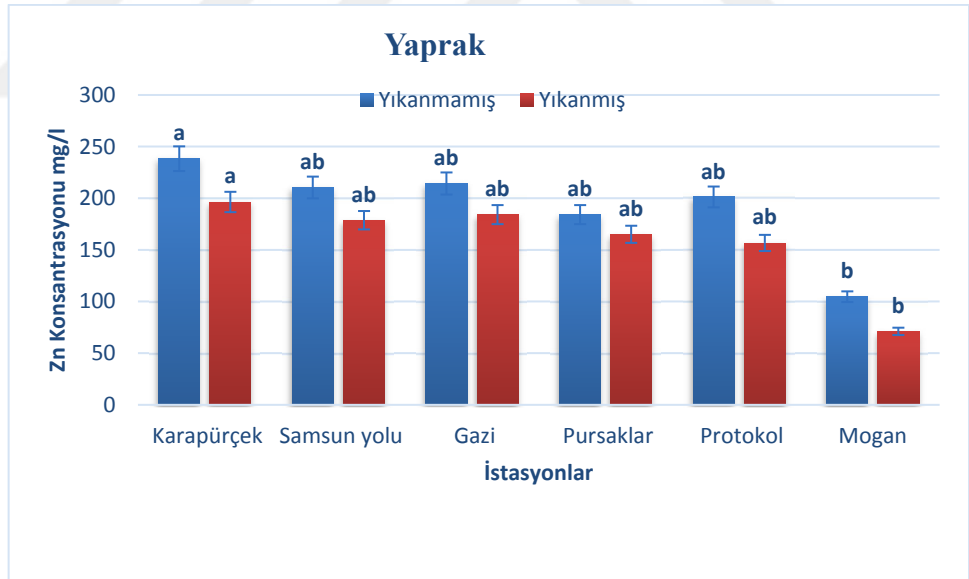
#### 4.9. Zn Elementinin Değişimi

Çalışma alanındaki 6 farklı istasyondan alınan çiçek, yaprak, dal ve toprak örneklerindeki Ni konsantrasyonları şekiller üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.9.1., Şekil 4.9.2., Şekil 4.9.3., Şekil 4.9.4.).

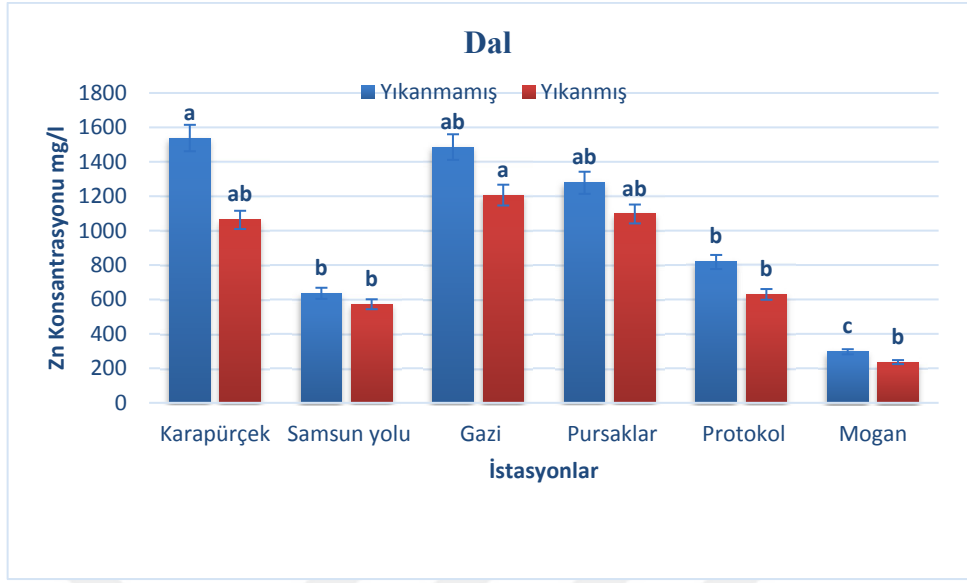
Çiçekte en fazla Zn değeri ( $194,2 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde görülürken, en az değer ( $73,4 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.9.1.). Yaprakta en fazla değer ( $238,39 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde, en az değer ( $71,14 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.9.2.). Dalda en fazla değer ( $1538,01 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te yıkanmamış örneklerde, en az değer ( $236,16 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.9.3.). Toprakta en fazla değer ( $1491,49 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Karapürçek'te, en az değer ise ( $265,45 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da görülmüştür (Şekil 4.9.4.). Özyürek (2016) Nevşehir'de farklı sebzelerle yaptığı çalışmada Zn miktarının sınır değeri aşmadığı sonucuna varırken bu çalışmada Zn değeri sınır değeri aşmaktadır [66].



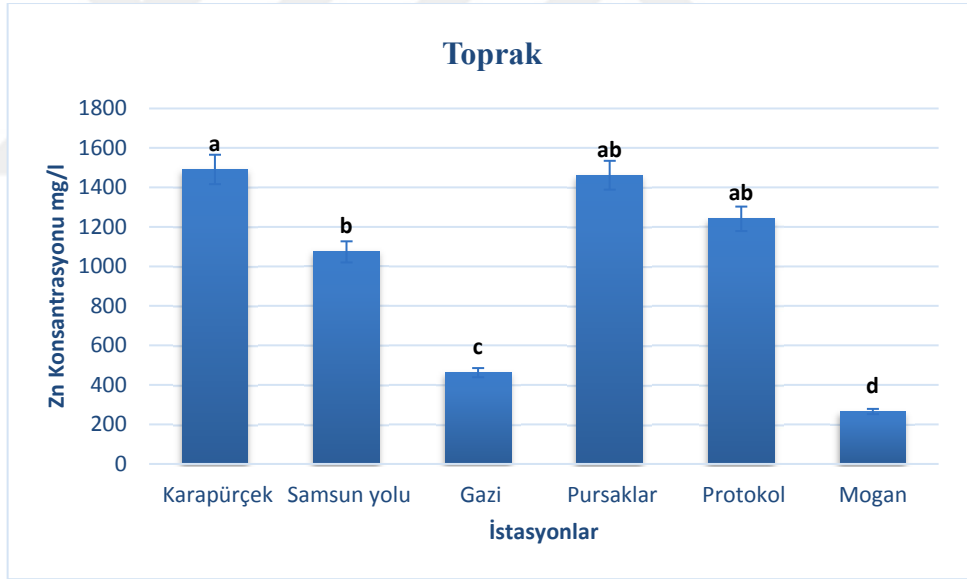
Şekil 4.33. Çiçekte Zn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.34. Yaprakta Zn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.35. Dalda Zn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



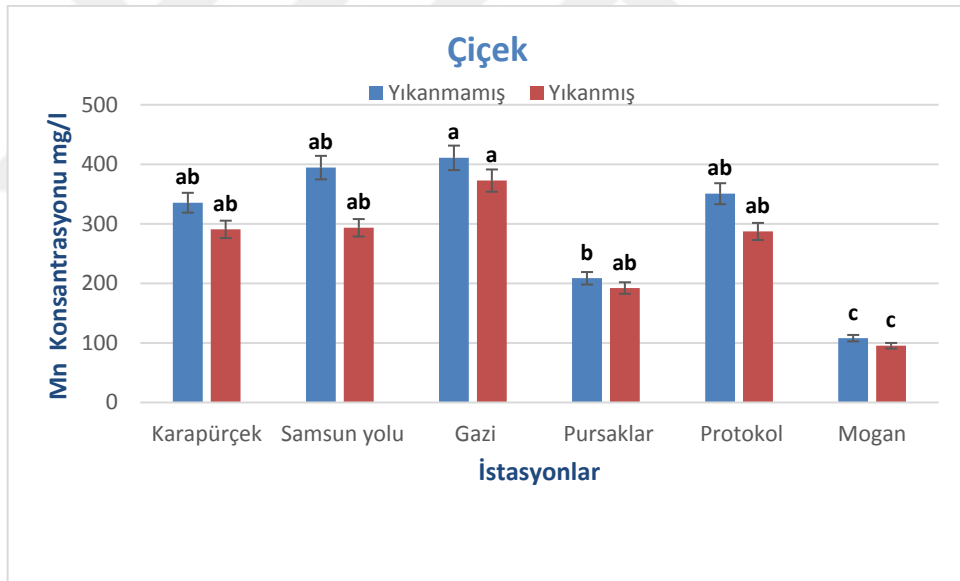
Şekil 4.36. Toprakta Zn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri

Şekillere bakıldığında yıkanmamış örneklerdeki Zn konsantrasyonlarının yıkanmış örneklere göre daha fazla olup diğer elementlere kıyasla fark çok daha azdır. Benzer bir çalışma Osmo ve ark. (2013) bazı sebze örnekleriyle yaptıkları çalışmada yıkanmış örneklerle yıkanmamış örneklerin korelasyona göre değişkenlerin arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğu, yıkanmış ve yıkanmamış sebzeler arasındaki farkın az olduğu sonucuna ulaşmışlardır [68]. Aynı zamanda en fazla Zn değerleri Karapürçek İstasyonunda en az değerler ise Mogan İstasyonunda ölçülmüştür.

#### 4.10. Mn Elementinin Değişimi

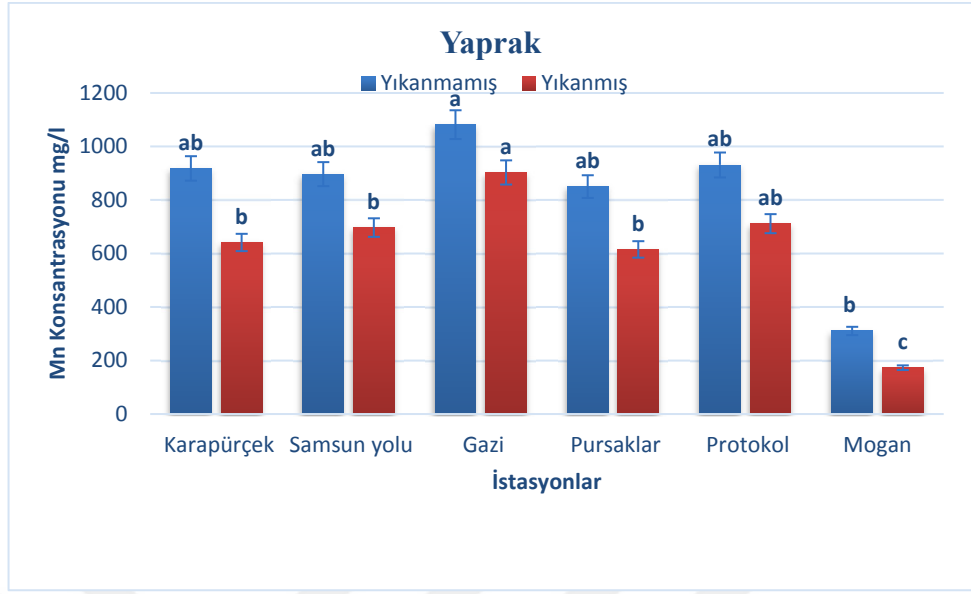
Çalışma alanındaki 6 farklı istasyondan alınan çiçek, yaprak, dal ve toprak örneklerindeki Mn konsantrasyonları şekiller üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.10.1., Şekil 4.10.2., Şekil 4.10.3., Şekil 4.10.4.).

Çiçekte en fazla mangan değeri ( $410,8 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Gazi Mahallesi'nde yıkanmamış örneklerde en az değer ( $95,44 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.10.1.). Yaprakta en fazla ( $1081,58 \mu\text{gg}^{-1}$ ) mangan değeri Gazi Mahallesi'nde yıkanmamış örneklerde en az değer ( $173,28 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da yıkanmış örneklerde görülmüştür (Şekil 4.10.2.). Dalda en fazla değer ( $319,9 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Gazi Mahallesi'nde yıkanmamış örneklerde en az değer ( $90,27 \mu\text{gg}^{-1}$ ) ise Mogan'da yıkanmış örneklerdedir (Şekil 4.10.3.). Toprakta en fazla değer ( $4461,8 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Protokol Yolu'nda en az değer ( $1317,45 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan'da görülmüştür (Şekil 4.10.4.).

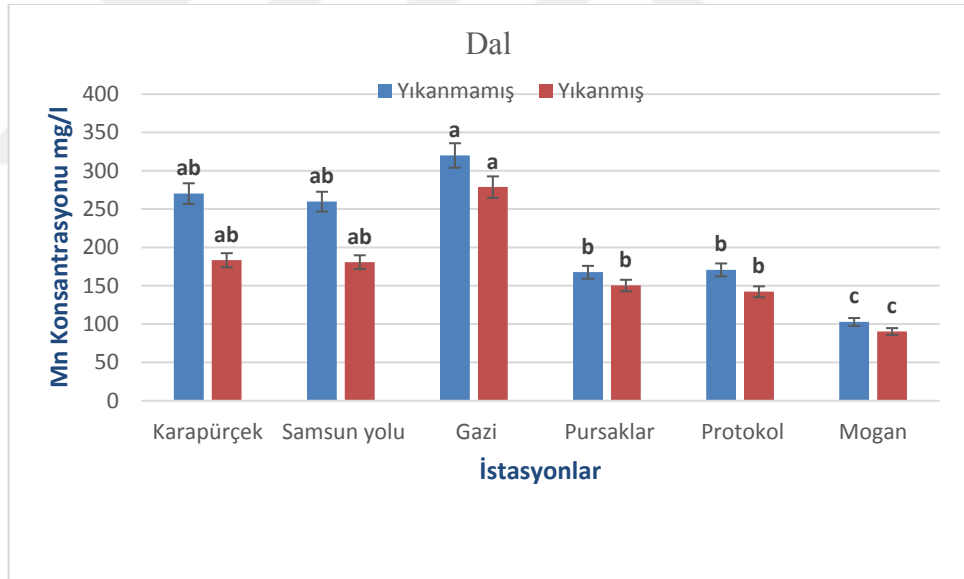


Şekil 4.37. Çiçekte Mn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri

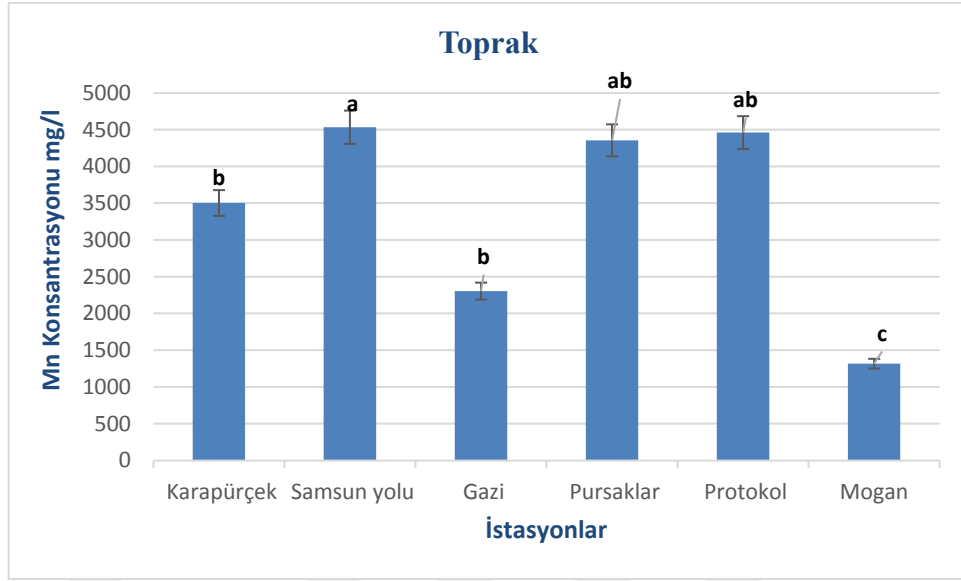




Şekil 4.38. Yaprakta Mn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.39. Dalda Mn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri



Şekil 4.40. Toprakta Mn konsantrasyonunun istasyonlardaki değerleri

Şekillere bakıldığında yıkanmamış örneklerdeki Mn konsantrasyonlarının yıkanmış örneklere göre daha fazladır. Ayrıca en fazla Mn değerleri Gazi Mahallesi ve Samsun Yolu İstasyonlarında en az değerler Mogan'da ölçülmüştür. Sonuç olarak trafik yoğunluğunun fazla olduğu istasyonlardaki Mn değerleri benzer ve trafik yoğunluğunun az olduğu istasyondaki Mn değerinin daha az olduğu söylenebilir.

Tüm bu veriler birlikte değerlendirildiğinde Ankara ilinde 6 farklı alandan toplanan ıhlamur bitkisinde ağır metal düzeylerinin belirlenen sınırların üstünde olduğu saptanmıştır. Toprakta ağır metal konsantrasyonları en yüksek Samsun Yolu, Karapürçek ve Gazi Mahaltesinde saptanırken, en düşük konsantrasyonlar Mogan'da saptanmıştır.

Yıkama durumlarına göre değerlendirme yapıldığında en düşük konsantrasyonlar tüm elementlerde Mogan'da yıkanmış örneklerde saptanırken, en yüksek konsantrasyonlar genellikle Samsun Yolu, Karapürçek ve Gazi Mahaltesinde yıkanmamış örneklerde saptanmıştır. Aynı şekilde ıhlamur ağacı kısımlarına göre değerlendirme yapıldığında ise en yüksek konsantrasyonların yapraklarda olduğu görülmüştür.

Bu verilere bakarak Ihlamur ağacının bir biyomonitor olarak kullanılabilceği, trafik yoğunluğunun ağır metal birikimi üzerinde önemli bir etkisinin olduğu, yıkanma durumunun bitkideki ağır metal konsantrasyonunu etkilediği ve bitkinin kısımları arasında metal birikimlerinin farklılık gösterdiği sonucuna varılabilir.

Kurşun bitkiler için mutlak gerekli bir element değildir, ancak 300 ppm'i geçtiğinde sağlık için oldukça tehlikelidir [70,71]. Hücre duvarı stabilitesini olumsuz etkilediği gibi hücre turgorunu bununla beraber bitki su rejimini de aynı ölçüde etkiler. Ayrıca kök büyümesini azaltarak bitkinin kökleri tarafından tutulduğu için besin alımını da etkiler [72,73]. İnceleme sonucunda istasyonlar arasında en yüksek Pb konsantrasyonu dalda Samsun Karayolu istasyonundan ( $43,72 \mu\text{gg}^{-1}$ ), en düşük konsantrasyon ise çiçeklerde Mogan istasyonunda ( $0,95 \mu\text{gg}^{-1}$ ) toplanmıştır (Tablo 4.1). Toprakta ölçülen kurşun değerleri incelendiğinde tüm istasyonlarda kurşunun sınır limitinin çok üstünde olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar kurşun verilerine göre azdan çoğa doğru sıralanacak olursa; Mogan ( $103,78 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Pursaklar ( $125,22 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Karapürçek ( $168,58 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Protokol ( $292,8 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Gazi ( $324,86 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Samsun Yolu ( $371,22 \mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklindedir (Tablo 4.5.).

Demir toksisitesi çok yaygın olmamakla birlikte demirin toksik etkisi; bitkide, toprak pH'ını düşüren kök salgıları salgılatır [74]. Yaprakta yanıklara, kök ve gövdenin bodur kalmasına neden olur [75]. Ayrıca bitkide amino asit bağlanmasını ve protein sentezini olumsuz etkiler [76]. İnceleme sonucunda istasyonlar arasında en yüksek Fe konsantrasyonu Pursaklar istasyonunda yapraktan ( $4637,78 \mu\text{gg}^{-1}$ ), en düşük konsantrasyon ise çiçekten ( $100,9 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan istasyonunda belirlenmiştir (Tablo 4.1). Toprakta ölçülen demir değerleri incelendiğinde tüm istasyonlarda demirin sınır limitinin üstünde olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar demir verilerinde göre azdan çoğa doğru sıralanacak olursa; Mogan ( $10627,9 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Samsun Yolu ( $12871,7 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Pursaklar ( $14845,7 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Karapürçek ( $16901,2 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Protokol ( $18894,1 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Gazi ( $40681,06 \mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklindedir (Tablo 4.5.). Toprakta ölçümü yapılan tüm ağır metaller arasında en yüksek konsantrasyonun demir elementine ait olduğu sonucuna varılmıştır.

Kadmiyum bitkilerde nitrojen ve karbonhidrat metabolizmasını birçok yönden değiştirmektedir. Fotosentezi engelleyerek stomaların büyümesine ve su kaybına neden olarak klorofilin çalışma mekanizmasının bozulmasına neden olur [77]. İnceleme sonucunda istasyonlar arasında en yüksek Cd konsantrasyonu yapraktan Karapürçek İstasyonunda ( $12,41 \mu\text{gg}^{-1}$ ), en düşük konsantrasyon ise çiçekte ( $0,12 \mu\text{gg}^{-1}$ ) Mogan istasyonundan toplanmıştır (Tablo 4.1). Toprakta ölçülen kadmiyum değerleri incelendiğinde tüm istasyonlardaki kadmiyumun, sınır limitinin üstünde olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar kadmiyum verilerine göre azdan çoğa doğru sıralanacak

olursa; Mogan ( 4,9  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Pursaklar ( 7,5  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Gazi ( 9,53  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Samsun Yolu ( 9,54  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Protokol ( 16,46  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Karapürçek ( 20,31  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklindedir ( Tablo 4.5.). Toprakta ölçümü yapılan tüm ağır metaller değerlendirildiğinde en düşük konsantrasyon değeri kadmiyuma ait olduğu görülmüştür.

Bitki gövdesini olumsuz etkileyen krom, bitkide kök gelişimini olumsuz etkiler. Bu, topraktan alınan besin ve su miktarını azaltır ve bitki verimini ve kalitesini önemli ölçüde düşürür [78]. Bu strese maruz kalan bitkiler kendilerini savunmak için reaktif oksijen türleri üreterek bitkide birçok hasara neden olur [79]. İnceleme sonucunda istasyonlar arasında en yüksek Cr konsantrasyonu yapraklardan Karapürçek istasyonunda (151,1  $\mu\text{gg}^{-1}$ ), en düşük konsantrasyon ise yaprakta Mogan istasyonundan (37,6  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) belirlenmiştir. (Tablo 4.2). Toprakta ölçülen krom değeri incelendiğinde tüm istasyonlardaki kromun sınır limitinin üstünde olduğu görülmektedir. Tüm istasyonlar krom verilerine göre azdan çoğa doğru sıralanacak olursa; Mogan (102,75  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Protokol (226,93  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Gazi ( 230,98  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Karapürçek ( 400,61  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Pursaklar (434,56  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Samsun Yolu (653,02  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklindedir ( Tablo 4.5.).

Arsenik bazı bitkilerde çimlenmeyi kısıtlayıcı toksik etkiye sahiptir. Ayrıca artan arsenik konsantrasyonu bitki boyunda, tane veriminde, tam tane sayısında, tane ağırlığında ve kök biyokütlesinde önemli azalmalara neden olur [80,81]. İnceleme sonucunda istasyonlar arasında en yüksek As konsantrasyonu Karapürçek istasyonunda yaprakta (44,4  $\mu\text{gg}^{-1}$ ), en düşük konsantrasyon ise Mogan istasyonundan (0,16  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) çiçekte belirlenmiştir (Tablo 4. 2). Toprakta ölçülen arsenik değerleri incelendiğinde tüm istasyonlardaki As sınır limitin üstünde olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar As verilerine göre azdan çoğadoğru sıralanacak olursa; Mogan (25,16  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Karapürçek (45,68  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Protokol (57,53  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Samsun Yolu ( 60,77  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Gazi ( 61,59  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) < Pursaklar ( 67,08  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklindedir ( Tablo 4.5.). Toprakta ölçümü yapılan tüm ağır metaller değerlendirildiğinde kadmiyumdan sonra en düşük konsantrasyon değeri arseniğe aittir.

Bitki bünyesi için hastalıklara karşı direnci sağlayan bakırın normal değerinin üstüne çıkmasıyla oluşan bakır kirliliği bitkinin fizyolojik yapısını etkiler [82,83,84]. İnceleme sonucunda istasyonlar arasında en yüksek Cu konsantrasyonu yıkanmamış yaprak örneklerinde, Gazi Mahallesi istasyonunda (291,98  $\mu\text{gg}^{-1}$ ), en düşük konsantrasyon ise

yıkanmış dal örneklerinde ve Mogan istasyonunda ( $38,67 \mu\text{gg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Tablo 4.3.). Toprakta ölçülen bakır değeri incelendiğinde Mogan istasyonu hariç tüm istasyonlardaki bakırın sınır limitin üstünde olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar Cu verilerine göre azdan çoğa doğru sıralanacak olursa; Mogan ( $44,24 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Protokol ( $174,68 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Karapürçek ( $184,69 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Gazi ( $200,37 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Pursaklar ( $222,37 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < SamsunYolu ( $263,52 \mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklindedir ( Tablo 4.6.).

Mutlak elementlerden Zn'nin eksikliğinde toprak verimi etkilenirken toksik çinko ise bitkinin kök ve sürgün sistemini etkiler [33,34]. İnceleme sonucunda istasyonlar arasında en yüksek Zn konsantrasyonu yıkanmamış dal örneklerinde ve Karapürçek İstasyonunda ( $1538,01 \mu\text{gg}^{-1}$ ), en düşük konsantrasyon ise yıkanmış yaprak örneklerinde Mogan İstasyonunda ( $71,14 \mu\text{gg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Tablo 4.3.). Toprakta ölçülen çinko değerleri incelendiğinde Mogan İstasyonu hariç tüm istasyonlardaki çinkonun sınır limitin üstünde olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar Zn verilerine göre azdan çoğa doğru sıralanacak olursa; Mogan ( $265,45 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Gazi ( $462,12 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Samsun Yolu ( $1073,71 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Protokol ( $1241,23 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Karapürçek ( $1491,49 \mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklindedir ( Tablo 4.6.).

Bitki köklerini etkileyerek besin alımını etkileyen yüksek Nikel konsantrasyonunun, düşük dozları bitki metabolizması için mutlak gereklidir [85,86]. İnceleme sonucunda istasyonlar arasında en yüksek Ni konsantrasyonu toprakta Samsun Yolu İstasyonunda ( $299 \mu\text{gg}^{-1}$ ), en düşük konsantrasyon ise yıkanmış çiçek örneğinde Mogan İstasyonunda ( $10,03 \mu\text{gg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Tablo 4.3.). Toprakta ölçülen nikel değerleri incelendiğinde Mogan İstasyonu hariç tüm istasyonlardaki nikelin sınır limitin üstünde olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar Ni verilerine göre azdan çoğa doğru sıralanacak olursa; Mogan ( $72,31 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Protokol ( $95,74 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Gazi ( $99,63 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Pursaklar ( $154,1 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Karapürçek ( $196,39 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Samsun Yolu ( $299 \mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklindedir ( Tablo 4.6.).

Düşük dozları bitki verimini artırırken, limit değerleri aştığında Kobalt, bitki bünyesini, biyokütlesini ve verimini olumsuz etkilemektedir [32]. İnceleme sonucunda istasyonlar arasında en yüksek Co konsantrasyonu toprakta, Karapürçek istasyonunda ( $78,65 \mu\text{gg}^{-1}$ ), en düşük konsantrasyon ise yıkanmış dal örneklerinde Mogan İstasyonunda ( $0,05 \mu\text{gg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Tablo 4.4.). Toprakta ölçülen kobalt değerleri incelendiğinde tüm

istasyonlardaki kobaltın limit değerinin üstünde olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar Co verilerine göre azdan çoğa doğru sıralanacak olursa;

Mogan ( $35,84 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Gazi ( $43,19 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Protokol ( $55,1 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Pursaklar ( $61,83 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < SamsunYolu ( $69,67 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Karapürçek ( $78,65 \mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklindedir ( Tablo 4.6.).

Bitkinin yapıtaşlarından Mn'nin en önemli toksik etkisi yaprak yapısını bozması ve azot alımını önleyerek azot döngüsünde bozulmalara neden olmasıdır [73,87]. İnceleme sonucunda istasyonlar arasında en yüksek Mn konsantrasyonu toprakta Protokol Yolu İstasyonunda ( $4461,8 \mu\text{gg}^{-1}$ ), en düşük konsantrasyon ise yıkanmış dalda Mogan İstasyonu'nda ( $90,27 \mu\text{gg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Tablo 4.4.). Toprakta ölçülen mangan değerleri incelendiğinde tüm istasyonlardaki manganın limit değerinin üstünde olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar Mn verilerine göre azdan çoğa doğru sıralanacak olursa; Mogan ( $1317,45 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Gazi ( $2303,8 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Karapürçek ( $3504,14 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Pursaklar ( $4354,89 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Samsun Yolu ( $4433,95 \mu\text{gg}^{-1}$ ) < Protokol ( $4461,8 \mu\text{gg}^{-1}$ ) şeklindedir ( Tablo 4.6.). Toprakta ölçümü yapılan tüm ağır metaller değerlendirildiğinde demirden sonraki en yüksek konsantrasyon değerinin mangana ait olduğu görülmüştür.

İstasyonlardan alınan yıkanmamış bitki kısımlarında yüksek konsantrasyonda ağır metal tespit edilmiştir. Bunun istasyonlarda gözlenen yoğun trafikten kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer bir sonuç Leblebici ve ark. (2020)'ın Nevşehir'de yaptıkları çalışmada, diğer metallere kıyasla daha yüksek düzeyde Pb ve As birikimi yıkanmamış bitki kısımlarında olduğunu belirlemişlerdir [88].

Karapürçek ve Gazi Mahallesi istasyonlarında Fe ve Cr elementlerinin yüksek çıkması bu istasyonlarda sanayileşmenin fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca kontrol bölgesi olarak seçilen Mogan İstasyonunda da değerlerin yüksek çıkması bu bölgeye yeni yapılan konutlardan olabileceği düşünülmektedir.

İhlamur kısımları (yaprak, çiçek ve dal) değerlendirildiğinde tüm ağır metaller için yıkanmamış örneklerdeki ağır metal miktarlarının yıkanmış örneklere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Sonuçlar Leblebici ve Kar'ın (2018) çalışmasına benzerdir [89]. Başka bir çalışmada İstanbul' un farklı bölgelerinden alınan yıkanmış ve yıkanmamış farklı sebze türleri ve yetiştiği toprak örneklerinde yapılan 6 ağır metal (Cr, Cd, Cu, Ni,

Pb ve Zn) tayini sonucuna göre yıkanmış örneklerdeki ağır metal birikiminin yıkanmış örneklere kıyasla daha fazla olduğu bulunmuştur. Ağır metallerin en düşük ve en yüksek değerleri Pb; 29,28-86,20  $\mu\text{gg}^{-1}$ , Zn; 3,70-5,74  $\mu\text{gg}^{-1}$ , Cd; 0,28-0,89  $\mu\text{gg}^{-1}$ , Cr; 5,33-14,04  $\mu\text{gg}^{-1}$ , Cu; 1,47-5,19  $\mu\text{gg}^{-1}$ , Ni; 3,06-13,65  $\mu\text{gg}^{-1}$  şeklindedir [90]. Değerler bu çalışma değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni çalışılan bitkilerin farklı olmasından kaynaklanabilir.

Mavi Ladin'in (*Picea pungens*) farklı organlarında yapılan (yaprak, kabuk ve dal) 6 elementin incelendiği (Zn, Ni, Cr, Co, Cd ve Pb) çalışmada, farklı organlarda her bir elementin yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmiş ve en yüksek değerlerin Zn, Cr, Cd ve Ni elementlerinin yaprak ve dalda olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmamızda da özellikle Zn' nun dalda yüksek konsantrasyonlara ulaştığı görülmektedir [2].

Bitki kısımları değerlendirildiğinde ANOVA testine göre; çiçek örneklerindeki ağır metal değerleri 0,11  $\mu\text{gg}^{-1}$  ile 813,49  $\mu\text{gg}^{-1}$  arasında olup, çiçek örneklerindeki en yüksek değer Samsun Yolu'nda yıkanmamış örneklerdeki Fe (813,49  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) elementi, en düşük değer ise Mogan' da yıkanmış örneklerdeki Co (0,11 $\mu\text{gg}^{-1}$ ) elementi olduğu saptanmıştır. Yaprak örneklerindeki ağır metal değerleri 0,21  $\mu\text{gg}^{-1}$  ile 4637,78  $\mu\text{gg}^{-1}$  arasında olup, yaprak örneklerindeki en yüksek değer Pursaklar'da yıkanmamış örneklerdeki Fe (4637,78  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) elementi, en düşük değer ise Mogan' da yıkanmış örneklerdeki Co (0,21  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) elementi olduğu saptanmıştır. Dal örneklerindeki ağır metal değerleri 0,05  $\mu\text{gg}^{-1}$  ile 1105,42  $\mu\text{gg}^{-1}$  arasında olup, dal örneklerindeki en yüksek değer Karapürçek'te yıkanmamış örneklerdeki Zn (1538,01  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) elementi, en düşük değer ise Mogan'da yıkanmış örneklerdeki Co (0,05  $\mu\text{gg}^{-1}$ ) elementi olduğu saptanmıştır. (Tablo 4.3,4.4).

Benzer bir çalışmada Erzincan ilinde sarıçamların (*Pinus sylvestris*) farklı bölgelerinde (kabuk ve dal) ve yetiştiği toprakta yapılan çalışmada 7 element (Ni, Fe, Cu, Zn, Pb, Co Cr) incelenmiş trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde ağır metal konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir [91].

Çalışmamızda elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde ağır metal konsantrasyonları şu şekildedir;

Çiçekte: Fe>Mn>Cu>Zn>Ni>Cr>Pb>As>Cd>Co

Yaprakta: Fe>Mn>Cu>Zn>Cr>Ni>As>Pb>Co>Cd

Dalda: Zn>Fe>Mn>Cu>Cr>Ni>Pb>As>Cd>Co

Toprakta: Fe>Mn>Zn>Cr>Pb>Ni>Cu>Co>As>Cd

Bu sonuçlara bakıldığında Fe elementinin konsantrasyon değeri diğer ağır metal konsantrasyonlarına göre daha yüksek, Co ve Cd' nin konsantrasyon değeri diğer ağır metal konsantrasyonlarına göre daha düşük olduğu saptanmıştır.

Marmara Bölgesinde yeşil yapraklı sebzelerde (ıspanak, marul ve maydanoz) metal içeriğinin araştırıldığı çalışmada ağır metallerin bulunma sırası; Cu>Pb>Cd>As şeklindedir. Sonuçlar bu çalışmayla ters düşmektedir [92]. Bu farklılık, Marmara Bölgesinin daha sanayileşmiş bir bölge olması ve taşıt yoğunluğunun daha fazla olmasından kaynaklanabilir. Çünkü özellikle, otobüs ve tır balataları, işlemeendüstrisi, kurşunlu benzin, katı atıkların yakılması ve madenler başlıca Cu ve Pb kirleticisebepleridir.

Kastamonu ilinde bazı peyzaj bitkilerinde (At Kestanesi, Ihlamur, Dişbudak, Süs Eriği, Akçaağaç) trafik yoğunluğuna bağlı olarak ağır metal (Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, Cd) değişimlerinin incelendiği bir çalışmada trafik yoğunluğunun elementlerin organel bazındaki değişimleri önemli ölçüde etkilediği aynı zamanda Cr, Ni, Pb'nin çalışılan bitkilerin bütün organellerinde artış gösterdiği sonucuna varılmıştır [12]. Çalışmamızda Fe, Mn ve Zn elementleri en yüksek değerleri gösterirken Cr, Ni ve Pb elementleri de trafik yoğunluğuna bağlı olarak bütün organellerde artış göstermiştir.

Karakoyun ve Osma (2015)'nin yapmış olduğu benzer bir çalışmada ise ağır metal konsantrasyonları Toprakta: Fe>Ni>Cr>Zn>Cu>Co>Pb, Dalda: Fe>Cu>Zn>Ni>Cr>Pb>Co şeklinde bulunmuştur. Sonuçlar bu çalışmayla benzerdir [91].

Toprak ve bitki parçalarındaki bütün ağır metal değerleri göz önünde bulundurulduğunda tüm elementlerdeki en az değer Mogan İstasyonundan alınan yıkanmış örneklerde gözlemlenirken dalda Fe elementinin en az değeri (137,97  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) Mogan İstasyonunda yıkanmamış örneklerde, Cd elementinin en az değeri (0,77  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) Gazi İstasyonunda yıkanmış örneklerde görülmüştür (Tablo 4.1).

*Cercis siliquastrum* bitkisinin ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada İstanbul'un 5 farklı istasyon ve 59 farklı lokalitesinden alınan *Cercis siliquastrum*'un yıkanmış ve yıkanmamış yaprak ve kabuk



örnekleri ve bitkilerin bulunduğu toprak örnekleri incelenmiştir. Sonuç olarak trafik yoğunluğunun yola yakınlık ile doğru orantılı olduğu saptanmıştır. Ayrıca bitkinin kabuk kısmının ağır metal birikiminin saptanmasında kullanılabilir olduğu belirlenmiştir [93].

Başka bir çalışmada İstanbul'un 6 lokasyonundan bazı sebze türlerinin yıkanmış-yıkanmamış örnekleri ile yetiştiği toprak örnekleri alınarak Cr, Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn elementlerinin konsantrasyon değişimi araştırılmıştır. Bitkide metal konsantrasyonlarının sıralanışı Pb>Cr>Ni>Zn>Cu>Cd şeklinde olduğu, yıkanmamış örneklerdeki ağır metal konsantrasyon değerlerinin yıkanmış örneklere göre daha yüksek olduğu ve yol kenarında yetişen bitkilerden alınan örneklerin ağır metal konsantrasyon değerlerinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır [68].

ANOVA testi sonucu toprak örneklerinde ağır metal değerleri  $4,9 \mu\text{gg}^{-1}$  ile  $40681,06 \mu\text{gg}^{-1}$  arasındadır. En yüksek değer Gazi İstasyonunda Fe ( $40681,06 \mu\text{gg}^{-1}$ ), en düşük değer ise Mogan İstasyonunda Cd ( $4,9 \mu\text{gg}^{-1}$ ) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu değer Fe konsantrasyonunun en yüksek olduğu değerdir (Tablo 4.5).

\*İzin verilen limitler (mg/kg) DSÖ (2000) ve Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nden (2001) alınmıştır [94,95]. Bitkilerde izin verilen limitler Pb ( $0,2 \mu\text{gg}^{-1}$ ), Fe ( $30 \mu\text{gg}^{-1}$ ), Cd ( $0,1 \mu\text{gg}^{-1}$ ), Cr ( $3 \mu\text{gg}^{-1}$ ), As ( $0,1 \mu\text{gg}^{-1}$ ) olarak belirlenmiştir [96].

Kurşundaki ANOVA testine göre toprak örneklerinde, tüm istasyonlardaki metal konsantrasyonları birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ ) (Tablo 4.5).

Toprak ve bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olmasının nedeni yoğun trafik nedeniyle çözülmüş kimyasallara maruz kalmanın artması ve toprak kalitesinin düşmesi sonucu olabilir [97].

Tekirdağ ili Çorlu ve Çerkezköy'de sanayi bölgelerinde 20 ayrı istasyondan buğday ve yetiştiği topraktan örnekler alınmış ve ağır metal konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Toprakta yapılan ağır metal değerleri ortalama; Si(1,45), As (6,85), B(1,82), Cd(6,38), Se(1,55), Mn(22,33), Mo(1,22), Fe(8,61), F(0,48), Cu(12,05), Cr(4,92), Co(0,15), Ni(1,95), Zn(10,18), Pb(14,24)  $\text{mgkg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre toprakta Zn ve Fe değerleri limit değerlerinin çok üstünde olduğu belirtilmiştir [98]. Çalışmamızda ise toprakta Mogan istasyonundan alınan örneklerdeki Cu ve Ni konsantrasyonları

dışındaki bütün element değerleri limit değerlerin üstünde olup en yüksek değer Fe elementinde görülmüştür ( $40681,06 \mu\text{gg}^{-1}$ ).

Suudi Arabistan'da 12 farklı sebze türünde Cu, Zn, K, Na, Pb, Fe, Cd, Mg, Ca elementlerinin çeşitli sebzelerde besleyici ve toksik etkisinin araştırılmıştır. Salq ve su teresinde ağır metal konsantrasyonları diğer sebzelere göre daha yüksek olup bazı sebzelerin toksik olan Pb ve Cd' yi bünyesinde biriktirme özelliğine sahip olduğu ve element konsantrasyonları her sebze için farklılık gösterdiği ayrıca sebzelerdeki element konsantrasyonları insan sağlığı için güvenilir boyutta olduğu sonucuna varıldı [99].

Tablo 4.1. *Tilia tomentosa* 'nın farklı kısımlarında (yaprak, çiçek ve dalın) yıkanmış ve yıkanmamış örneklerle Kurşun (Pb); Demir (Fe); Kadmiyum (Cd) birikiminin karşılaştırılması

Ağır Metal	Bitki Kısım	İstasyonlar	Yıkanmamış Örnek	Yıkanmış Örnek
Pb	Yaprak	Karapürçek	30,08±3,12 <sup>a</sup>	6,65±0,12 <sup>ab</sup>
		Samsun Yolu	25,66±2,85 <sup>ab</sup>	8,91±0,3 <sup>ab</sup>
		Gazi	25,78±2,63 <sup>ab</sup>	15,91±1,14 <sup>a</sup>
		Pursaklar	18,21±1,79 <sup>b</sup>	10,04±1,06 <sup>ab</sup>
		Protokol	13,2±1,54 <sup>b</sup>	8,85±0,45 <sup>ab</sup>
		Mogan	12,88±0,95 <sup>c</sup>	5,38±0,12 <sup>b</sup>
	Çiçek	Karapürçek	3,57±0,15 <sup>b</sup>	2,24±0,14 <sup>b</sup>
		Samsun Yolu	7,2±0,74 <sup>a</sup>	4,47±0,53 <sup>a</sup>
		Gazi	5,62±0,23 <sup>ab</sup>	3,09±0,25 <sup>ab</sup>
		Pursaklar	3,48±0,11 <sup>b</sup>	2,23±0,18 <sup>b</sup>
		Protokol	5,43±0,21 <sup>ab</sup>	3,99±0,74 <sup>ab</sup>
		Mogan	1,82±0,02 <sup>c</sup>	0,95±0,08 <sup>c</sup>
	Dal	Karapürçek	29,56±3,41 <sup>ab</sup>	16,55±2,35 <sup>ab</sup>
		Samsun Yolu	43,72±5,15 <sup>a</sup>	22,89±5,41 <sup>a</sup>
		Gazi	35,66±4,21 <sup>ab</sup>	16,11±2,61 <sup>ab</sup>
		Pursaklar	15,8±2,13 <sup>b</sup>	8,14±1,42 <sup>b</sup>
		Protokol	18,38±2,75 <sup>b</sup>	8,87±1,78 <sup>b</sup>

		<b>Mogan</b>	11,12±1,02 <sup>c</sup>	4,16±0,94 <sup>c</sup>
		<b>Karapürçek</b>	3363,16±12,06 <sup>b</sup>	1636,93±6,54 <sup>ab</sup>
		<b>Samsun Yolu</b>	3397,03±11,04 <sup>b</sup>	1415,52±5,4 <sup>1<sup>b</sup></sup>
		<b>Gazi</b>	4291,57±15,84 <sup>ab</sup>	2337,55±7,2 <sup>5<sup>a</sup></sup>
	<b>Yaprak</b>	<b>Pursaklar</b>	4637,78±13,42 <sup>a</sup>	2092,44±6,25 <sup>ab</sup>
		<b>Protokol</b>	2695,74±9,01 <sup>b</sup>	1409,64±4,1 <sup>2<sup>b</sup></sup>
		<b>Mogan</b>	424,35±1,54 <sup>c</sup>	178,14±1,36 <sup>c</sup>
		<b>Karapürçek</b>	312,74±4,10 <sup>b</sup>	197,56±2,15 <sup>b</sup>
		<b>Samsun Yolu</b>	813,49±5,03 <sup>a</sup>	627,2±5,16 <sup>a</sup>
		<b>Gazi</b>	325,18±3,64 <sup>b</sup>	212,67±1,78 <sup>b</sup>
<b>Fe</b>	<b>Çiçek</b>	<b>Pursaklar</b>	511,91±5,01 <sup>b</sup>	410,71±2,62 <sup>b</sup>
		<b>Protokol</b>	346,76±2,39 <sup>b</sup>	321,14±2,30 <sup>b</sup>
		<b>Mogan</b>	193,77±1,03 <sup>c</sup>	100,9±1,03 <sup>c</sup>
		<b>Karapürçek</b>	1105,42±6,01 <sup>a</sup>	1041,3±9,35 <sup>a</sup>
		<b>Samsun Yolu</b>	414,38±3,24 <sup>b</sup>	374,6±2,18 <sup>b</sup>
		<b>Gazi</b>	1070,55±4,12 <sup>ab</sup>	947,1±8,14 <sup>ab</sup>
	<b>Dal</b>	<b>Pursaklar</b>	281,45±1,32 <sup>b</sup>	187,49±2,74 <sup>b</sup>
		<b>Protokol</b>	590,07±2,14 <sup>b</sup>	326,07±5,14 <sup>b</sup>
		<b>Mogan</b>	137,97±1,02 <sup>c</sup>	153,48±1,48 <sup>c</sup>
		<b>Karapürçek</b>	12,41±1,02 <sup>a</sup>	3,17±1,25 <sup>a</sup>

Cd	Yaprak	Samsun Yolu	5,9±0,62 <sup>ab</sup>	1,59±0,89 <sup>b</sup>
			Gazi	3,28±0,12 <sup>b</sup>
Çiçek	Yaprak	Pursaklar	2,36±0,08 <sup>b</sup>	1,05±0,64 <sup>b</sup>
		Protokol	1,25±0,04 <sup>b</sup>	0,87±0,14 <sup>bc</sup>
		Mogan	0,69±0,01 <sup>c</sup>	0,44±0,09 <sup>c</sup>
		Karapürçek	0,96±0,05 <sup>b</sup>	0,36±0,07 <sup>b</sup>
		Samsun Yolu	1,01±0,08 <sup>ab</sup>	0,67±0,08 <sup>a</sup>
	Çiçek	Gazi	1,36±0,09 <sup>a</sup>	0,38±0,04 <sup>b</sup>
		Pursaklar	0,74±0,03 <sup>b</sup>	0,4±0,05 <sup>b</sup>
		Protokol	0,83±0,04 <sup>b</sup>	0,51±0,06 <sup>ab</sup>
		Gazi	0,33±0,01 <sup>c</sup>	0,12±0,02 <sup>c</sup>
		Karapürçek	3,38±0,12 <sup>a</sup>	1,92±0,08 <sup>a</sup>
Dal	Samsun Yolu	1,93±0,10 <sup>b</sup>	1,66±0,05 <sup>ab</sup>	
	Gazi	1,71±0,09 <sup>b</sup>	0,77±0,03 <sup>b</sup>	
	Pursaklar	1,5±0,06 <sup>b</sup>	0,78±0,04 <sup>b</sup>	
	Protokol	1,52±0,07 <sup>b</sup>	1,02±0,08 <sup>b</sup>	
	Mogan	1,21±0,03 <sup>c</sup>	0,98±0,02 <sup>c</sup>	

<sup>a</sup> Belirli bir metal için, farklı harfle ifade edilen ortalama konsantrasyonlar p<0,05 düzeyinde birbirinden farklılık göstermektedir

Tablo 4.2. *Tilia tomentosa* 'nın farklı kısımlarında (yaprak, çiçek ve dal) yıkanmış ve yıkanmamış örneklerle Krom (Cr) ve Arsenik (As) birikiminin karşılaştırılması

Ağır Metal	Bitki Kısım	İstasyonlar	Yıkanmamış Örnek	Yıkanmış Örnek
	Yaprak	Karapürçek	151,1±2,03 <sup>ab</sup>	85,4±3,05 <sup>ab</sup>
		Samsun Yolu	102,2±1,98 <sup>b</sup>	71,6±2,75 <sup>ab</sup>
		Gazi	121,3±2,14 <sup>b</sup>	78,5±2,92 <sup>ab</sup>
		Pursaklar	98,4±1,42 <sup>b</sup>	57,1±1,74 <sup>b</sup>
		Protokol	161,4±3,25 <sup>a</sup>	88,6±3,01 <sup>a</sup>
		Mogan	45,8±0,95 <sup>c</sup>	37,6±0,95 <sup>c</sup>
		Karapürçek	124,5±3,1 <sup>ab</sup>	114,6±5,4 <sup>a</sup>

<b>Cr</b>	<b>Çiçek</b>	<b>Samsun Yolu</b>	105,6±2,51 <sup>b</sup>	102,8±4,1 <sup>ab</sup>
		<b>Gazi</b>	113,4±2,87 <sup>b</sup>	107,9±3,2 <sup>ab</sup>
		<b>Pursaklar</b>	135,4±3,11 <sup>a</sup>	104,7±3,1 <sup>ab</sup>
		<b>Protokol</b>	128,3±2,56 <sup>ab</sup>	102,7±3,0 <sup>ab</sup>
		<b>Mogan</b>	95,2±0,93 <sup>c</sup>	76,8±2,01 <sup>b</sup>
	<b>Dal</b>	<b>Karapürçek</b>	72,8±3,14 <sup>a</sup>	68,1±2,36 <sup>a</sup>
		<b>Samsun Yolu</b>	65,7±2,64 <sup>ab</sup>	60,3±1,85 <sup>ab</sup>
		<b>Gazi</b>	69,7±2,73 <sup>ab</sup>	63,6±1,83 <sup>ab</sup>
		<b>Pursaklar</b>	52,8±2,10 <sup>ab</sup>	49,1±1,02 <sup>ab</sup>
		<b>Protokol</b>	63,1±2,16 <sup>ab</sup>	61,5±1,87 <sup>ab</sup>
		<b>Mogan</b>	50,4±1,23 <sup>b</sup>	46,4±0,86 <sup>b</sup>
		<b>Karapürçek</b>	44,4±1,12 <sup>a</sup>	8,95±0,13 <sup>a</sup>
		<b>Samsun Yolu</b>	24,71±1,01 <sup>ab</sup>	6,78±0,11 <sup>b</sup>
		<b>Gazi</b>	15,13±1,03 <sup>ab</sup>	6,47±0,10 <sup>b</sup>
		<b>Yaprak</b>	<b>Pursaklar</b>	14,21±0,96 <sup>ab</sup>
<b>As</b>	<b>Çiçek</b>	<b>Protokol</b>	9,25±0,41 <sup>b</sup>	5,8±0,09 <sup>b</sup>
		<b>Mogan</b>	9,09±0,12 <sup>b</sup>	4,62±0,04 <sup>c</sup>
		<b>Karapürçek</b>	0,78±0,05 <sup>b</sup>	0,64±0,04 <sup>ab</sup>
		<b>Samsun Yolu</b>	1,98±0,16 <sup>ab</sup>	0,81±0,09 <sup>ab</sup>
		<b>Gazi</b>	2,4±0,41 <sup>a</sup>	1,09±0,12 <sup>a</sup>
	<b>Dal</b>	<b>Pursaklar</b>	1±0,12 <sup>ab</sup>	0,75±0,08 <sup>ab</sup>
		<b>Protokol</b>	1,6±0,31 <sup>ab</sup>	0,52±0,04 <sup>b</sup>
		<b>Mogan</b>	0,42±0,04 <sup>c</sup>	0,16±0,01 <sup>c</sup>
		<b>Karapürçek</b>	12,54±2,01 <sup>a</sup>	3,53±0,41 <sup>ab</sup>
		<b>Samsun Yolu</b>	6,99±1,32 <sup>ab</sup>	5,29±0,67 <sup>a</sup>
		<b>Gazi</b>	7,13±1,14 <sup>ab</sup>	2,56±0,35 <sup>b</sup>
		<b>Pursaklar</b>	5,5±1,03 <sup>b</sup>	2,59±0,37 <sup>b</sup>
		<b>Protokol</b>	5,95±1,06 <sup>b</sup>	1,53±0,13 <sup>b</sup>
		<b>Mogan</b>	3,07±0,92 <sup>c</sup>	0,86±0,10 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Belirli bir metal için, farklı harfle ifade edilen ortalama konsantrasyonlar p<0,05 düzeyinde birbirinden farklılık göstermektedir.

Tablo 4.3. Farklı istasyonlardan toplanan *Tilia tomentosa*'nın yıkanmış ve yıkanmamış yaprak, çiçek ve dal kısımlarındaki Cu, Zn ve Ni miktarının karşılaştırılması ( $\mu\text{gg}^{-1}$ )<sup>a</sup>.

Ağır Metal	Bitki Kısım	İstasyonlar	Yıkanmamış Örnek	Yıkanmış Örnek
Cu	Yaprak	Karapürçek	256,1±1,52 <sup>b</sup>	216,22±1,63 <sup>a</sup> b
		Samsun Yolu	281,27±1,85 <sup>b</sup>	239,63±2,32 a
		Gazi	291,98±2,13 <sup>b</sup>	201,59±2,04 b
		Pursaklar	189,89±1,29 <sup>b</sup>	151,9±1,16 <sup>b</sup>
		Protokol	274,03±1,24 <sup>b</sup>	205,45±0,95 b
		Mogan	108,42±0,85 <sup>c</sup>	98,29±0,52 <sup>c</sup>
		Karapürçek	244,6±0,15 <sup>b</sup>	204,98±0,14 b
	Samsun Yolu	273,13±0,74 <sup>a</sup>	220,84±0,53 a	
	Gazi	215,14±0,23 <sup>b</sup>	193,76±0,25 b	
	Çiçek	Pursaklar	207,83±0,11 <sup>b</sup>	173,64±0,18 b
		Protokol	199,39±0,21 <sup>b</sup>	168,27±0,74 b
		Mogan	117,21±0,02 <sup>c</sup>	106,36±0,08 c
		Karapürçek	149,51±1,21 <sup>b</sup>	137,44±1,15 b
		Samsun Yolu	136±1,13 <sup>b</sup>	98,73±1,21 <sup>b</sup>
Dal	Gazi	268,59±3,61 <sup>a</sup>	189,08±3,01 a	
	Pursaklar	153,19±1,43 <sup>b</sup>	127,11±1,12 b	

		<b>Protokol</b>	123,51±1,85 <sup>b</sup>	99,99±1,58 <sup>b</sup>
		<b>Mogan</b>	72,67±1,32 <sup>c</sup>	38,67±0,82 <sup>c</sup>
		<b>Karapürçek</b>	238,39±2,06 <sup>a</sup>	196,4±1,54 <sup>a</sup>
		<b>Samsun Yolu</b>	210,5±1,64 <sup>b</sup>	178,82±1,41 <sup>b</sup>
		<b>Gazi</b>	214,3±2,84 <sup>b</sup>	184,2±1,55 <sup>b</sup>
	<b>Yaprak</b>	<b>Pursaklar</b>	184,2±1,42 <sup>b</sup>	165,1±1,35 <sup>b</sup>
		<b>Protokol</b>	201,3±1,21 <sup>b</sup>	156,75±4,12 <sup>b</sup>
		<b>Mogan</b>	104,7±1,04 <sup>c</sup>	71,14±0,96 <sup>b</sup>
		<b>Karapürçek</b>	194,2±3,10 <sup>a</sup>	174,3±3,05 <sup>a</sup>
		<b>Samsun Yolu</b>	178,2±2,03 <sup>b</sup>	169,2±2,06 <sup>b</sup>
		<b>Gazi</b>	181,3±2,64 <sup>b</sup>	163,15±2,08 <sup>b</sup>
	<b>Çiçek</b>	<b>Pursaklar</b>	162,2±2,01 <sup>b</sup>	147,3±2,02 <sup>b</sup>
		<b>Protokol</b>	179,2±2,89 <sup>b</sup>	151,3±2,40 <sup>b</sup>
		<b>Mogan</b>	105,6±1,23 <sup>c</sup>	73,4±0,93 <sup>c</sup>
		<b>Karapürçek</b>	1538,01±5,81 <sup>a</sup>	1062,28±4,3 <sup>b</sup>
		<b>Samsun Yolu</b>	636,3±2,24 <sup>b</sup>	572,53±3,18 <sup>b</sup>
		<b>Gazi</b>	1485,66±5,12 <sup>b</sup>	1206,7±6,14 <sup>a</sup>
	<b>Dal</b>	<b>Pursaklar</b>	1278,4±3,32 <sup>b</sup>	1096,93±3,7 <sup>b</sup>
		<b>Protokol</b>	818,21±3,14 <sup>b</sup>	629,79±2,14 <sup>b</sup>
		<b>Mogan</b>	296,18±1,22 <sup>c</sup>	236,16±0,88 <sup>c</sup>
		<b>Karapürçek</b>	57,85±2,02 <sup>a</sup>	42,1±2,25 <sup>a</sup>

Ni	Yaprak	Samsun Yolu	42,45±1,62 <sup>b</sup>	35,21±1,89 <sup>b</sup>
		Gazi	41,38±1,12 <sup>b</sup>	33,52±1,79 <sup>b</sup>
		Pursaklar	38,14±1,08 <sup>b</sup>	27,14±1,74 <sup>b</sup>
		Protokol	30,49±1,04 <sup>b</sup>	20,14±1,34 <sup>b</sup>
		Mogan	21,14±0,71 <sup>c</sup>	14,21±0,59 <sup>c</sup>
		Karapürçek	147,85±3,05 <sup>a</sup>	131,54±2,08 <sup>a</sup>
	Çiçek	Samsun Yolu	143,54±2,28 <sup>ab</sup>	128,13±2,2 <sup>a</sup>
		Gazi	131,04±2,19 <sup>b</sup>	121,34±2,1 <sup>a</sup>
		Pursaklar	124,1±2,03 <sup>b</sup>	118,24±2,15 <sup>b</sup>
		Protokol	114,32±2,24 <sup>b</sup>	110,73±2,26 <sup>b</sup>
Mogan		12,31±0,91 <sup>c</sup>	10,03±0,72 <sup>c</sup>	
	Karapürçek	68,71±2,92 <sup>a</sup>	61,18±2,38 <sup>a</sup>	
Dal	Samsun Yolu	63,41±2,80 <sup>ab</sup>	59,18±2,45 <sup>a</sup>	
	Gazi	59,23±2,69 <sup>ab</sup>	53,27±2,13 <sup>b</sup>	
	Pursaklar	51,47±2,46 <sup>b</sup>	48,21±2,04 <sup>b</sup>	
	Protokol	48,12±2,77 <sup>b</sup>	42,47±2,18 <sup>b</sup>	
	Mogan	21,43±1,03 <sup>c</sup>	18,13±0,92 <sup>c</sup>	

<sup>a</sup> Belirli bir metal için, farklı harfle ifade edilen ortalama konsantrasyonlar p<0,05 düzeyinde birbirinden farklılık göstermektedir.



Tablo 4.4.Farklı istasyonlardan toplanan *Tilia tomentosa*'nın yıkanmış ve yıkanmamış yaprak, çiçek ve dal kısımlarındaki Co ve Mn miktarlarının karşılaştırılması ( $\mu\text{gg}^{-1}$ )<sup>a</sup>

Ağır Metal	Bitki Kısım	İstasyonlar	Yıkanmamış Örnek	Yıkanmış Örnek
Co	Yaprak	Karapürçek	14,15±2,03 <sup>a</sup>	11,05±3,05 <sup>a</sup>
		Samsun Yolu	6±1,98 <sup>b</sup>	3,87±2,75 <sup>b</sup>
		Gazi	2,78±1,14 <sup>b</sup>	1,56±0,92 <sup>b</sup>
		Pursaklar	2,65±1,42 <sup>b</sup>	1,47±0,74 <sup>b</sup>
		Protokol	2,38±1,25 <sup>b</sup>	1,41±0,31 <sup>b</sup>
		Mogan	0,62±0,95 <sup>c</sup>	0,21±0,05 <sup>c</sup>
	Çiçek	Karapürçek	0,81±0,64 <sup>a</sup>	0,68±0,41 <sup>a</sup>
		Samsun Yolu	0,74±0,51 <sup>b</sup>	0,61±0,12 <sup>b</sup>
		Gazi	0,68±0,37 <sup>b</sup>	0,57±0,25 <sup>b</sup>
		Pursaklar	0,58±0,11 <sup>b</sup>	0,41±0,10 <sup>b</sup>
		Protokol	0,47±0,26 <sup>b</sup>	0,38±0,06 <sup>b</sup>
		Mogan	0,14±0,93 <sup>c</sup>	0,11±0,01 <sup>c</sup>
	Dal	Karapürçek	1,17±0,14 <sup>a</sup>	0,94±0,36 <sup>a</sup>
		Samsun Yolu	0,38±0,64 <sup>b</sup>	0,84±0,25 <sup>b</sup>
		Gazi	0,24±0,73 <sup>b</sup>	0,71±0,43 <sup>b</sup>
		Pursaklar	0,18±0,10 <sup>b</sup>	0,68±0,12 <sup>b</sup>
		Protokol	0,15±0,16 <sup>b</sup>	0,52±0,37 <sup>b</sup>
		Mogan	0,08±0,03 <sup>c</sup>	0,05±0,01 <sup>c</sup>
	Yaprak	Karapürçek	918±1,12 <sup>a b</sup>	641,4±0,13 <sup>b</sup>
		Samsun Yolu	897,05±1,01 <sup>b</sup>	697,07±0,11 <sup>b</sup>
		Gazi	1081,58±1,103 <sup>a</sup>	902,94±0,10 <sup>a</sup>
		Pursaklar	850,02±0,96 <sup>b</sup>	615,26±0,12 <sup>b</sup>
		Protokol	930,98±0,41 <sup>b</sup>	711,91±0,09 <sup>b</sup>
		Mogan	310,97±0,12 <sup>c</sup>	173,28±0,04 <sup>c</sup>
Yaprak	Karapürçek	335,52±0,05 <sup>b</sup>	290,79±0,04 <sup>b</sup>	
	Samsun Yolu	394,61±0,16 <sup>b</sup>	293,48±0,09 <sup>b</sup>	
	Gazi	410,8±0,41 <sup>a</sup>	372,81±0,12 <sup>a</sup>	
	Pursaklar	208,75±0,12 <sup>b</sup>	192,24±0,08 <sup>b</sup>	

Mn	Çiçek	Protokol	350,72±0,31 <sup>b</sup>	287,36±0,04 <sup>b</sup>
		Mogan	108,06±0,04 <sup>c</sup>	95,44±0,01 <sup>c</sup>
Dal	Karapürçek	Protokol	270,26±2,01 <sup>b</sup>	183,34±0,41 <sup>b</sup>
		Samsun Yolu	259,78±1,32 <sup>b</sup>	180,74±0,67 <sup>b</sup>
	Gazi	Protokol	319,9±1,14 <sup>a</sup>	278,78±0,35 <sup>a</sup>
		Pursaklar	167,67±1,03 <sup>b</sup>	150,37±0,37 <sup>b</sup>
		Protokol	170,68±1,06 <sup>b</sup>	142,18±0,13 <sup>b</sup>
		Mogan	102,79±0,92 <sup>c</sup>	90,27±0,10 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Belirli bir metal için, farklı harfle ifade edilen ortalama konsantrasyonlar  $p < 0,05$  düzeyinde birbirinden farklılık göstermektedir

Tablo 4.5. Toprakta ağır metal konsantrasyonları ANOVA değerleri (Ortalama  $\pm$  SD,  $\mu\text{gg}^{-1}$ , n=5)

Toprak	Cd	Cr	As	Pb	Fe
Karapürçek	20,31±2,01 <sup>a</sup>	400,61±5,0 <sup>ab</sup>	45,68±0,2 <sup>b</sup>	168,58±2,1 <sup>bc</sup>	16901,2±12,5 <sup>b</sup>
Samsun Yolu	9,54±1,03 <sup>b</sup>	653,02±7,1 <sup>a</sup>	60,77±0,3 <sup>ab</sup>	371,22±2,4 <sup>a</sup>	12871,7±8,4 <sup>b</sup>
Gazi	9,53±1,4 <sup>b</sup>	230,98±3,0 <sup>b</sup>	61,59±0,5 <sup>ab</sup>	324,86±2,0 <sup>ab</sup>	40681,06±24,1 <sup>a</sup>
Pursaklar	7,5±2,0 <sup>b</sup>	434,56±6,0 <sup>ab</sup>	67,08±0,8 <sup>a</sup>	125,22±1,5 <sup>bc</sup>	14845,7±9,7 <sup>b</sup>
Protokol	16,46±0,15 <sup>b</sup>	226,93±2,9 <sup>b</sup>	57,53±0,4 <sup>ab</sup>	292,8±2,5 <sup>b</sup>	18894,1±10,3 <sup>b</sup>
Mogan	4,9±0,1 <sup>c</sup>	102,75±1,0 <sup>c</sup>	25,16±0,1 <sup>c</sup>	103,78±1,0 <sup>c</sup>	10627,9±5,1 <sup>c</sup>
Limit değerler* 3		100	20	50	300

<sup>a</sup> Belirli bir metal için, farklı harfle ifade edilen ortalama konsantrasyonlar  $p < 0,05$  düzeyinde birbirinden farklılık göstermektedir

Tablo 4.6. Toprakta ağır metal konsantrasyonları ANOVA değerleri (Ortalama  $\pm$  SD,  $\mu\text{gg}^{-1}$ , n=5)

Toprak	Cu	Zn	Ni	Co	Mn
Karapürçek	184,69±4,0 <sup>b</sup>	1491,49±8,5 <sup>a</sup>	196,39±2,4 <sup>b</sup>	78,65±3,2 <sup>a</sup>	3504,14±9,7 <sup>b</sup>
Samsun Yolu	263,52±5,2 <sup>a</sup>	1073,71±5,1 <sup>b</sup>	299±3,4 <sup>a</sup>	69,67±3,1 <sup>b</sup>	4433,95±10,3 <sup>ab</sup>

<b>Gazi</b>	200,37±3,4 <sup>b</sup>	462,12±2,8 <sup>c</sup>	99,63±1,2 <sup>b</sup>	43,19±2,9 <sup>b</sup>	2303,8±6,15 <sup>b</sup>
<b>Pursaklar</b>	222,37±3,5 <sup>b</sup>	1461,82±7,2 <sup>b</sup>	154,1±2,8 <sup>b</sup>	61,83±3,6 <sup>b</sup>	4354,89±10,74 <sup>b</sup>
<b>Protokol</b>	174,68± 2,2 <sup>b</sup>	1241,23±5,4 <sup>b</sup>	95,74±1,3 <sup>b</sup>	55,1±1,9 <sup>b</sup>	4461,8±12,41 <sup>a</sup>
<b>Mogan</b>	44,24±0,12 <sup>c</sup>	265,45±2,4 <sup>d</sup>	72,31±1,0 <sup>c</sup>	35,84±0,9 <sup>c</sup>	1317,45±6,04 <sup>c</sup>
<b>Limit değerler*</b>	140	300	75	20	300

<sup>a</sup> Belirli bir metal için, farklı harfle ifade edilen ortalama konsantrasyonlar  $p < 0,05$  düzeyinde birbirinden farklılık göstermektedir

Yaprak, dal ve çiçek kısımlarında metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon incelendiğinde (Tablo 4.7. ve 4.8.), en güçlü korelasyonun Cu, Zn, Cr ve Fe elementlerinde olduğu belirlenmiştir. Korelasyon istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0,01$ ).

Tablo 4.7. Bitki parçaları arasında ağır metal konsantrasyonları için korelasyon katsayıları ( $p < 0,01^{**}$ ) ( $p < 0,05^*$ )

	<b>Cr</b>	<b>As</b>	<b>Pb</b>	<b>Fe</b>	<b>Cd</b>
<b>Yaprak</b>	<b>0,883<sup>**</sup></b>	0,416	-0,13	<b>0,644<sup>*</sup></b>	0,224
<b>Dal</b>	<b>0,609<sup>*</sup></b>	0,491	-0,151	<b>0,576<sup>*</sup></b>	-0,270
<b>Çiçek</b>	<b>0,937<sup>**</sup></b>	<b>0,520<sup>*</sup></b>	-0,171	<b>0,909<sup>**</sup></b>	0,371

Tablo 4.8. Bitki parçaları arasında ağır metal konsantrasyonları için korelasyon katsayıları ( $p < 0,01^{**}$ ) ( $p < 0,05^*$ )

	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Ni</b>	<b>Co</b>	<b>Mn</b>
<b>Yaprak</b>	<b>1,10<sup>**</sup></b>	0,15	0,19	0,17	0,24
<b>Dal</b>	<b>1,01<sup>**</sup></b>	<b>1,03<sup>**</sup></b>	0,22	0,01	0,01
<b>Çiçek</b>	<b>1,03<sup>**</sup></b>	0,13	0,49	0,01	0,09

Topraktan bitki kısımlarına transfer faktörlerine göre (Tablo 4.9 ve 4.10) en yüksek transfer faktörü yaprakta Cu için 1,106 olarak belirlenirken, çiçekte en düşük transfer faktörü Co için 0,010 bulunmuştur (Tablo 4.10).

Ağır metallerin topraktan bitkiye taşınması, insanların besin zinciri yoluyla ağır metallere maruz kalmasının ana bileşenlerinden biridir. Bu çalışma, örnekleme yerleriyle bitki parçaları arasındaki BTF değerlerinin önemli ölçüde farklı olduğunu belirlemiştir. Aktarım faktörleri açısından tüm metallerin BTF değerleri düşük bulunmuştur. Bunun nedeni, topraktaki metal konsantrasyonunun bitki kısımlarındaki konsantrasyonlardan daha yüksek olması olabilir. Benzer şekilde Leblebici ve ark. topraktaki ağır metal konsantrasyonu sonucunda bitkilerin BTF değerlerinde doğrusal bir artış olmadığını bildirmiştir [88].

Tablo 4.9. *Tilia tomentosa*'nın bazı kısımlarında metallerin topraktan transfer faktörü

	As	Cd	Pb	Cr	Fe
<b>Yaprak</b>	0,65	0,61	0,08	0,23	0,11
<b>Dal</b>	0,18	0,16	0,11	0,11	0,02
<b>Çiçek</b>	0,03	0,06	0,01	0,20	0,01

Tablo 4.10. *Tilia tomentosa*'nın bazı kısımlarında metallerin topraktan transfer faktörü

	Cu	Zn	Ni	Co	Mn
<b>Yaprak</b>	<b>1,10</b>	0,15	0,19	0,18	0,24
<b>Dal</b>	<b>1,01</b>	<b>1,03</b>	0,22	0,01	0,07
<b>Çiçek</b>	<b>1,03</b>	0,13	0,49	0,01	0,09

Tüm bu veriler birlikte değerlendirildiğinde Ankara ilinde 6 farklı alandan toplanan Ihlamur bitkisinde ağır metal düzeylerinin belirlenen sınırların üstünde olduğu saptanmıştır. Toprakta ağır metal konsantrasyonları en yüksek Samsun Yolu, Karapürçek ve Gazi Mallesi'nde saptanırken, en düşük konsantrasyonlar Mogan'da saptanmıştır.

Yıkanma durumlarına göre değerlendirme yapıldığında en düşük konsantrasyonlar tüm elementlerde Mogan'da yıkanmış örneklerde saptanırken, en yüksek konsantrasyonlar genellikle Samsun Yolu, Karapürçek ve Gazi Mahallesi'nde yıkanmamış örneklerde

saptanmıştır. Aynı şekilde Ihlamur ağacı organlarına göre değerlendirme yapıldığında ise en yüksek konsantrasyonların yapraklarda olduğu gözlemlenmiştir.

Bu verilere bakılarak Ihlamur ağacının bir biyomonitor olarak kullanılabilmesi, trafik yoğunluğunun ağır metal birikimi üzerinde önemli bir etkisi olduğu, yıkama durumunun bitkideki ağır metal konsantrasyonunu etkilediği ve bitkinin organları arasında metal birikimlerinin farklılık gösterdiği sonucuna varılabilir.



## 5. BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Kirlilik yaratan metaller olarak bilinen ağır metallerin toprakta birikimi yalnızca toprak verimliliğini bozmayıp bitki bünyesindeki birçok metabolik olayları etkilediği için bitki sağlığını, besin zinciriyle de hayvan ve insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir [100].

Çalışma kapsamında Ankara ilinde *Tilia tomentosa* bitkisinde on adet elementin (Cd, Cr Co, Zn, As, Fe, Pb, Ni, Cu ve Mn) çiçek, yaprak ve dal olmak üzere üç farklı organında ve toprakta değişimleri incelenmiştir. Bugüne kadar ağır metallerle ilgili birçok çalışma konusu olmakla birlikte, çevre ve insan sağlığı üzerine muhtemel tehlikeleri sebebiyle, çalışmalarda en zararlı ağır metaller arasında yer alan Pb, Cd, Co, Ni, Zn, As gibi elementler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu elementlerin potansiyel tehlikeleri arasında ciddi problemler (kemik erimesi, tümörü vb.) yaşandığı bildirilmiştir [38]. İnsan vücudunda kanserojen etkileri olduğu bilinen arsenik oral olarak alındığında mesane, böbrek karaciğer, cilt ve akciğer kanserine neden olmaktadır [101]. Cd ağır metaline maruz kalma sebebiyle kansızlık, kemik problemleri, böbrek hasarları, prostat kanseri görülebilmektedir [102]. Örneğin uzun süreli Pb elementine maruz kalma sonucu karın ağrısı, iştah kaybı, gastrointestinal sistem bozuklukları, nörolojik bozukluklar ve direkt temas halinde ise kemikle ilgili akciğer kanseri meydana geldiği tespit edilmiştir [103].

Bu bilgilere ek olarak, çalışmamızda da yer alan Cu, Fe, Mn, Ni gibi metaller ise birçok hayvan ve bitki için besin kaynağı olmakla birlikte belirlenen üst sınırı aştıklarında toksik özellikler göstermektedir [103]. Örneğin; bitkideki enzim aktivasyonu, fotosentez, üreme ve birçok fizyolojik olaylarda rol oynayan bakır elementinin yiyecek veya içeceklerle yutulması, diyare, kusma, karaciğer sirozu, böbrek kusurları, kan kanseri gibi birçok probleme sebep olmaktadır [104,105,106]. Hem bitki hem de insanlarda temel besin elementlerinden olan Fe'nin ideal dozda alınması, kan yapısı, bağışıklık ve zekâ gelişimi için önemli iken eksikliği ise anemiye neden olmaktadır [107]. Bu sağlık sorunlarının oluşmaması için ağır metal konsantrasyonlarının dengede tutulması gerekmektedir. Dolayısıyla bu metallerin konsantrasyonlarının izlenmesi, oluşabilecek olumsuzluklara karşı önceden tedbir alınması açısından son derece önemlidir.

Çalışmamız kapsamında çalışılan tüm elementlerin belirlenen limitlerin üzerinde olduğu saptanmıştır. Toprak ve bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olması trafik yoğunluğu sebebiyle çözülmüş kimyasallara maruziyetin artması ve toprak kalitesi düşmesi sonucu olabilmektedir ve yapılan çok sayıda çalışmada, ağır metallerin havadaki konsantrasyonlarının trafik yoğunluğu ile arttığı görüşünü destekleyen veriler sağlanmıştır [93,101]. Çalışmamızda ise en düşük ağır metal konsantrasyonları Mogan istasyonunda tespit edilmiştir. Bunun sebebinin Mogan İstasyonu'nun diğer istasyonlara göre daha az egzoz dumanına maruz kalması olabileceğini düşündürmektedir. Turkyılmaz ve ark. (2018b)'nin çalışmasında Cu konsantrasyonunun trafiğin yoğun, az yoğun ve yoğun olmadığı alanlarda değiştiği, trafiğin yoğun olduğu alanlarda Cu en yüksek düzeyde olduğu bildirilmiştir [50]. Erdem (2018)'in çalışmasında farklı türlerde Pb konsantrasyonu araştırılmıştır ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak Pb konsantrasyonunun değiştiğini, verilerimizi destekler nitelikte trafiğin yoğun olduğu alanlarda en yüksek Pb konsantrasyonu saptandığı belirtilmiştir [108]. Tuncer (2020)'in Ankara ilinde tek yıllık sebzeleri organ bazında trafiğin yoğun olduğu, yıkanma ve yıkanmama durumuna göre ayrı ayrı değerlendirdikleri çalışmada ise Cd, Cr, Ca, Pb, Co, Na ve Fe elementleri yıkanmama ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak anlamlı düzeyde farklılıklar saptanmıştır [109].

*Tilia tomentosa*'nın dal, yaprak ve tohumlarındaki Mg, Ba, Na, Ca, Al, B, K, Fe ve Mn elementlerinin, trafik yoğunluğuna bağlı olarak konsantrasyon düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada Fe hariç diğer ağır metallerin trafiğin yoğun olduğu kısımlarda arttığı saptanmıştır. Bu verilere bakılarak trafiğin yoğun olduğu alanlarda yetişen Ihlamur ağaçlarına ait dal, çiçek ve tohumlarından elde edilen bitki çaylarının tüketilmesinin insan sağlığında bozukluklara yol açabileceği yorumu yapılmıştır [110]. Dolayısıyla, toprakta ve bitkide ağır metal konsantrasyonunu önlemek ve topraktan gıdaya ağır metal translokasyonunu azaltmak için önlemler alınması gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda ağır metal konsantrasyonlarının bitkilerin farklı organlarında farklı düzeyde biriktiği gösterilmiş olup, bitki organının morfolojisi, yüzey alanı, yapısı, büyüklüğü gibi faktörler ağır metal birikim düzeyini değiştirmektedir [93,111].

Bu ağır metallerin kök veya yaprakları aracılığıyla bitkiye alındığı bilinmektedir, ancak bitkinin iç dokularındaki ağır metaller iki yolağın da aynı anda çalışabilmesi sebebiyle atmosferden mi alınıyor topraktan mı alınıyor belirlemek zor bir süreçtir. Bu sebeple

atmosferdeki ağır metal kirliliğini belirlemedeki en iyi seçenek stomaları sebebiyle ağır metallere en çok maruz kalan yapraklardır [109].

Çalışmamızda bitki parçaları değerlendirildiğinde ANOVA testine göre; çiçek örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının dal ve yaprak örneklerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Abant gölü ve çevresinde yapılan benzer bir çalışmada, farklı mevsimlerde alınan örneklerde, en fazla ağır metal birikiminin kök ve gövde kısımlarında olduğu görülmüştür [103].

Mossi (2018) 7 farklı türde (dal ve yapraklarda) Cd, Cu, Ni, Mn, Pb ve Ca elementlerinin miktar değişimlerini araştırmış ve çalışma sonucunda Mn düzeyi yapraklarda, Ca, Cu, Ni, Cd ve Pb düzeyleri ise dallarda en yüksek konsantrasyonda bulunmuştur [112]. Çobanoğlu' nun (2019) Mavi Ladin bitkisinde yaptığı çalışmada, Na elementinin ibrelerde, Al elementinin dallarda en yüksek konsantrasyonda biriktiği tespit edilmiştir [113]. Yine benzer şekilde Pınar (2019)'ın çalışmasında Cu elementi düzeyi tohum, dal, yaprak arasında farklılık (yaklaşık 4,3 kat) göstermiştir [12]. Bunlar dışında Sevik ve ark. (2018)'nin çalışmasında yaprak, dal ve tohum; Özel (2019)'in çalışmasında meyve, yaprak ve dal; Turkyılmaz ve ark, (2018a, b)'nin çalışmasında kabuk ve odun kısımları arasında farklılıklar tespit edilmiştir [24,114,1,51].

Çalışmamızda aynı zamanda ağır metallerin, bitki organlarında yıkanma ve yıkanmama durumuna göre değişimleri de değerlendirilmiştir. Bitki organlarındaki yıkanmaya bağlı ağır metal değişimi elementin ve bitkinin yapısı ve atmosferdeki partikül madde miktarı ile ilişkilidir [17]. Özellikle yüksek hava kirliliğine sahip bölgelerde, ağır metal konsantrasyonu yıkanmayan numunelerde daha yüksek olarak saptanmıştır.

*Tilia tomentosa* çeşitli hastalıklardan korunmak amacıyla içecek olarak da kullanıldığı için toprakta ve bitkide ağır metal takibi oldukça önemlidir. Çalışmamızda ıhlamur kısımları değerlendirildiğinde (yaprak, dal ve çiçek) tüm ağır metaller için yıkanmaya bağlı olarak, yıkanmamış örneklerin yıkanmış örneklere göre daha fazla ağır metal içerdiği sonucuna varılmıştır. Yapılan bir çalışmada benzer olarak, Fe ve Pb konsantrasyonu yıkanmamış örneklerde yıkanmış örneklere kıyasla daha yüksek bulunmuştur [6]. Tuncer (2020)' in çalışmasında en yüksek Co düzeyi yıkanmamış meyvede, en yüksek Pb ve Mg düzeyi salatalıkta yıkanmamış yaprakta, en yüksek Cd ve Cr düzeyi domateste yıkanmış yaprakta bulunmuştur. Yıkanma durumunu göz ardı edip



sadece trafik yoğunluğunun yaprak ve meyve üzerine etkisine bakıldığında, Pb konsantrasyonu salatalıkta en yüksek yaprakta, domateste ise en yüksek meyvede saptanmıştır [109]. Bizim çalışmamızda da Tuncer (2020)'in çalışmasına uyumlu veriler elde edilmiştir. Örneğin; Cu konsantrasyonu en yüksek görece trafiğin yoğun olduğu ana yol olan Gazi Mahallesi'nde yıkanmamış yapraklarda, en düşük konsantrasyonu ise trafiğin daha az yoğun olduğu kontrol noktamız olan Mogan'da yıkanmış dalda tespit edilmiştir. Benzer şekilde Ni konsantrasyonu en yüksek, ana yol olan Samsun Yolu'nda toprakta, en düşük ise Mogan'da yıkanmış çiçek kısımlarında tespit edilmiştir.

Yaşadığımız şehirlerde sanayileşme ve trafik yoğunluğu gibi sebeplerle tarım alanlarında sürekli kirlenmeler meydana gelmektedir. Bu sebeple günümüzde atmosfer ve toprak kirliliği sebebiyle ağır metallere maruz kalmış sebze, meyve ve bitkisel içecekler yetiştirilmekte ve bu ürünler tüm canlılar için büyük tehlike ve risk faktörü olmaktadır. Besinsel ürünler dışında solunum ve cilt yoluyla da ağır metallere maruz kalınmaktadır. Kişilerin maruz kaldıkları doza ve ağır metale bağlı olarak birçok hastalık meydana gelmektedir. Bu hastalıkların başında ise kanser yer almaktadır.

Günümüzde tüm dünyayı etkileyen en önemli problemlerden olan hava ve toprak kirliliği için en temel çözüm bu kirlilikleri önleme çalışmalarıdır. Öncelikle kanserojen etkileri bulunan Pb, Cr, As, Hg ve Cd gibi elementlerin konsantrasyonları belirlenmeli, kirlilik potansiyeli taşıyan riskli alanlar teşhis edilmeli ve uygun arıtım seçenekleri değerlendirilmelidir.

Ağır metal kirliliğinin çoğu, insanların gerçekleştirdiği faaliyetler sonucu meydana gelmektedir. Bu sebeple öncelikle insanlar bilinçlendirilmeli ve gerekli eğitimler verilmelidir. Ağır metal kirliliğinin en önemli nedeni sayılan egzoz gazları takip edilmeli, toplu taşıma kullanılmaya özen gösterilmeli, LPG'li veya elektrikli araç kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Tarım arazilerinde gübre ve zirai ilaç kullanımı en aza indirilmelidir. Trafik kaynaklı birikime sahip olan ağır metaller sebebiyle, insanlar ve hayvanlar tarafından tüketilen bitkilerin, anayola olan mesafeleri dikkate alınarak, ekim yapılmalıdır. İnsanlar ve hayvanlar tarafından tüketilen bitkilerin özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerdeki orta refüjlere ekiminin uygun değildir. Trafiğin yoğun olduğu alanlarda, ağır metallerin izlenmesi ve kirliliğin azaltılması konusunda en iyi sonuçlar verecek olan hiper akümülatör bitkiler belirlenmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh, E.A.A., "Variation of Heavy Metal Accumulation in Certain Landscaping Plants Due to Traffic Density.", *Environmant, Development and Sustainability*, s.1-14, 2018a.
2. Keçeci, H.B., "Bazı Ağır Metal Kirliliklerinin İzlenmesinde Mavi Ladin (*Picea pungens Engelm*)'in Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği.", *Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 2019.
3. Baycu, G., Tolunay, D., Özdem, H., Günebakan, S., "Ecophysiological and Seasonal Variations in Cd, Pb, Zn and Ni Concentrations in the Leaves of Urban Deciduous Trees in İstanbul", *Environmental Pollution*, 143, s.545-554, 2006.
4. Çavuşoğlu, K., "Cupressus Sempervirens L. Ve Cedrus libani A.Rich. Yapraklarında Taşıtların Sebep olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması", *BAÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), s.37-56, 2005.
5. Yeli, C., Çakmakçı, T., Şahin, Ü., Tüfenkçi, Ş., "Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri", *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9, s. 103-114, 2020.
6. Shaban, N., Abdou, K., ve Hassan, N.E.H., "Impact of Toxic Heavy Metals and Pesticide Residues in Herbal Products.", *Beni-Suef Uni. J. Basic Appl. Sci.*, 5(1), s. 102- 106, 2016.
7. Koedrith, P., Kim, H., Weon, J.I. ve Seo, Y.R., "Toxicogenomic Approaches for Understanding Molecular Mechanisms of Heavy Metal Mutagenicity and Carcinogenicity.", *Int. J. Hyg. Environ Health*, 216(5), s. 587-598., 2013
8. Zeng, X., Xijin, X., Boezen, M.H., ve Hou, X., "Children with health impairment by heavy metals in an e-waste recycling area.", *Chemosphere*, 148, 408- 415,2016
9. Madejón, P., Marañón, T., ve Murillo, J.M., "Biomonitoring of trace elements in the leaves and fruits of wild olive and holm oak trees.", *Science of the Total Environment*, 355(1-3), s. 187-203, 2006.
10. Yap, C. K., Fitri, M., Mazyhar, Y., ve Tan, S.G., "Effects of Metal Contaminated Soils on the Accumulation of Heavy Metals in Different Parts of Centella Asiatica: A Laboratory Study.", *Sains Malaysiana*, 39(3), s. 347-352, 2010.
11. Vural, H., "Trafik Kaynaklı Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Peyzaj Bitkilerinin Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği.", *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, Bingöl, 2021.

12. Pınar B., “Bazı Peyzaj Bitkilerinde Ağır Metal Birikiminin Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi.”, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Kastamonu, 2019.
13. Abril G.A., Wonnaz E.D., Malteas, A.C., Invernizzi, R., Plá, R.R., ve Pignata M.L., “Characterization of Atmospheric Emission Sources of Heavy Metals and Trace Elements Through a Localscale Monitoring Network Using T. Capillars.”, *Ecological indicators*, 40, s. 153-161, 2014.
14. Baycu, G., Tolunay, D., “İstanbul Kentsel Toprakların Cd, Pb, Zn ve Ni İçerikleri.”, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 59, s. 1, 87-105, 2009.
15. Chen, T., Zheng, Y., Lei, M., Huang, Z., Wu, H., Chen, H., Fan, K., Wu, X., Tian, Q., “Assesment of heavy pollution in surface soils of urban parks in Beijeng, China.”, *Chemosphere*, 60, s. 542-551, 2004.
16. Çelik, A. Kartal, A.A., Akdoğan, A., Kaksa, Y.,” Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Robinio pseudoacacia L.*”, *Environment International*, 31, s. 105- 112, 2004.
17. Önder, S., “Atıksular ile Sulanan Zirai Alanlardaki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması.”, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Konya,2012.
18. Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., “The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavymetals.”, *Landscape and Ecological Engineering*, 14(1), s. 115-120, 2018d.
19. Seven, T., Can, B., Darende, B.N., Ocak, S.,” Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği”, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), s. 91-103, 2018.
20. Yılmaz, T., “Ağır metallerin (kurşun, çinko, bakır ve kadmiyum) bazı karayosunu türlerinin klorofil içeriği üzerine etkisi” *Ömer Halisdemir Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*, Niğde, 2015.
21. Kara, EE., Pırlak, U., Özdilek, HG., “Evaluation of Heavy Metals (Cd, Cu, Ni, Pb and Zn) Distribution in Sowing Regions of Potatofields in the Province of Niğde, Turkey.” *Water, Air and Soil Pollution.*, 153, s. 173- 186, 2004.
22. Zengin, K.F., ve Munzuroğlu, Ö., “Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris L.Strike*) Klorofil ve Karetonoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin ( Ni<sup>+2</sup>, Co<sup>+2</sup>, Cr<sup>+3</sup>, Zn<sup>+2</sup>) Etkileri.” *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1), s. 164-172, 2005.

23. Sheoran, I.S., Singal, H.R., and Singh, R., "Effect of cadmium and nickel on photosynthesis and enzymes of the photosynthetic carbon reduction cycle in pigeon pea( *Cajanus cajan L.*) *Photosynthesis Research*, 23, s. 345- 351, 1990.
24. Sevik, H., Ozel, H.B., Cetin, M., Özel, H.U., & Erdem, I., "Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants." *Air Quality, Atmosphere & Health*, s. 1-7, 2018.
25. Vajpayee, P., Dhawan, A., and Shanker, R., "Evaluation of the Alkaline Comet Assay Conducted With the Wetlands Plant *Bacopa monnieri L.* as a Model for Ecogenotoxicity Assessment" *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 47, s. 483-489, 2006.
26. Okudan, M., "Kobalt ve Molibden İçeren Kullanılmış Hidrosülfürizasyon (HDS) Katalizör Atıklarına Asidik ve Alkali Liç Uygulaması." *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 6-9-13, Isparta, 2009.
27. Khan, MR., Khan, MM.," Effect of varying concentration of nickel and cobalt on the plant growth and yield of chickpea." *Australian Journal of Basic and Applied Science*, 4(6), s. 1036- 1046, 2010.
28. Jayakumar, K., Jaleel, CA., Azooz, MM., "Impact of cobalt on germination and seedling growth of *Eleusine coracana L.* and *Oryza sativa L.* under hydroponic culture." *Global Journal of Molecular Sciences.*, 3(1), s. 18-20, 2018.
29. Khan, MAA., Siddhu, KG., "Phytotoxic effects of Cadmium (Cd) on Physiology of Urdbean [*Vigna mungo (L.) Hepper.*]" *Advances in Plant Sciences.*, 19(2), s. 439-451, 2006.
30. Kabala, C., "Singh BR. Fractionation and Mobility of Copper, Lead and Zinc in Soil Profiles in the Vicinity of a Copper Smelter." *Journal of Environmental Quality.*, 30, s. 485-492, 2001.
31. Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A., Pehlivan, M.," Ağır Metallerin Bitkiler Üzerinde Etkileri." *Iğdır Üniversitesi, Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, s. 14-26, 2009.
32. Rout, G.R., and Das, P., "Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I.Zinc." *Agronomie*, 23, s. 3-11, 2003.

33. Vaillant, N., Monnet, F., Hitmi, A., Sallanon, H., and Coudret, A., "Comparative study of responses in four *Datura species* to a zinc stress." *Chemosphere*, 59, s. 1005-1013,2005.
34. Bergqvist, C., and Greger, M., "Arsenic accumulation and speciation in plants from different habitats." *Applied Geochemistry*, 27(3), s. 615-622, 2012.
35. Gulz, P.A., Gupta, S.K., Schulm, R., "Arsenic accumulation of common plants from contaminated soils." *Plant and Soil*, 272, s. 337-347, 2005.
36. Tripathi, R.D., Srivastava, S., Mishra, S., Singh, N., et al., "Arsenic hazards: strategies for tolerance and remediation by plants." *TRENDS in Biotechnology*, 25, s. 4, 2007.
37. Kacar, B., Katkat, V., "Bitki Besleme 1. Baskı", 849, *Nobel Yayın*, İstanbul, 2006.
38. Becker, M., "Asch F. Iron toxicity in rice conditions and management concepts." *Journal Plant Nutrient Soil Science*, 168, s.558-573, 2005.
39. Pak, O., "Kırklareli Sınırları İçerisindeki Otoban Kenarlarında Bulunan Tarım Arazilerinde Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması." *Namık Kemal Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*, Tekirdağ, 2011.
40. Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., "Metallerin Çevre Etkileri-1" *İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Metalurji Dergisi*, 136, s. 4-53,2003.
41. Dürüst, N., Dürüst, Y., Tuğrul, D., and Zengin M., "Heavy Metal Contents of Pinus Radiata Trees of İzmit (Turkey)" *Asian Journal of Chemistry*, vol. 16, s.1129-1134, 2004.
42. Sharma, P., and Dubey, R.S., "Lead toxicity in plants." *Broz. J. Plant Physiol.*, 17(1), s.35-52, 2005.
43. Kabir, AM., Iqbal, MZ., Shafiq, M., "Effects of lead on seedling growth of *Thespesia populnea L.* Advances in Env." *Biology*. 3(2), s. 184-190, 2009.
44. Kacar, B., "Toprak Analizleri 2. Baskı", *Nobel Yayınları*, Ankara, s. 1387, 2009.
45. Gerendas, J., Polacco, J.C., Freyermuth, SK., ve Sattelmacher, B., "Significance of nickel for plant growth and metabolism." *J. Plant Nutr. Soil Sc.*, 162 (3), s.241-256,

1999.

46. Fageria, N.K., Baligar, Y.C., ve Jones, C.A., “Growth and Mineral Nutrition of Field Crops., 3rd Edition”, *CRC Pres*, Boca Raton, FL, USA, 2011.
47. Asri, F.Ö., ve Sönmez, S., “Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri.” *Denim, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü Dergisi*, 23(2), s. 36-45., 2006.
48. Sosse, B.A., Genet, P., Dunand- Vinit, F., Toussaint, L.M., Epron, D., Bodot, P.M., “Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbohydrate accumulation and changes in ion contents.” *Plant Science.*, 166, s. 1213-1218, 2004.
49. Güzel, N., Gülüt, K.Y., ve Büyük, G.,” Toprak Verimliliği ve Gübreler”, *Ç.Ü., Ziraat Fakültesi*, s. 246, Adana, 2004.
50. Saleh, E.A.A., “Determination of Heavy Metal Accumulation in Some Landscape” Plants.”, *Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, Phd Thesis*, s.123, 2018.
51. Turkyilmaz, A., Sevik, H., & Cetin, M., “The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals.”, *Landsc Ecol Eng*, 14(1), s.115-120, (2018b).
52. Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schreck, E., Xiong, T., & Niazi, N.K., “Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and rootmetal uptake.”, *Journal of hazardous materials*, 325, s.36-58, 2017.
53. Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H.B., Ozel, S., & Cetin, I.Z., “Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density.”, *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), s.78, (2020c).
54. Tuna, E. E.,”Brassicaceae Familyasına Ait Bazı Türlerde Ağır Metal Birikimi Parametrelerinin İncelenmesi ve Biyomonitör Özelliklerinin Araştırılması” *Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*. Amasya, Türkiye, 2018.
55. Gözüdeli, H.Ş., “Kazdağı Göknaının (*Abies nordmanniana* subsp. *Equi-trojani* (Asc & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen) Ağır Metal Kirliliğinin İzlenmesinde

- Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği.”, *Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 2021.
56. Tuttu, G., Ursavaş, S., Söyler, R., “İhlamur Çiçeğinin Türkiye’deki Hasat Miktarları ve Etnobotanik Kullanımı”, *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3(1), s. 60-66, 2017.
57. Korkut, S., “ Physical and mechanical properties and the use of lesser-known native Silver Lime ( *Tilia argentea* Desf.) wood from Western Turkey.”, *African Journal of Biotechnology*,10(76), s.17458-17465,2011.
58. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
59. Uslu, J., “İhlamur sektörü profili”, *İstanbul Ticaret Odası bilgi ve doküman yönetimi*, 2004.
60. Baytop, A., “Farmasötik Botanik”, *İstanbul Üniversitesi Yayınları*, No: 3637, *Eczacılık Fakültesi Yayın No: 58*, İstanbul, 1996.
61. Tsoumis, G., “Science and technology of wood.”, *Aristotle University of Thessaloniki*.
62. Viola, H., Wolfman, C., Levi de Stein M., Wasowski, C., Pena, C., Medina, J.H., Paladini, A.C., “Isolation of pharmacologically active benzodiazepine receptor ligands from *Tilia tomentosa* (Tiliaceae).”, *Journal Ethnopharmacology*, 44, s.47-53, 1994.
63. Peev, C., Dehelean, C., Antal, D., Feflea, S., Olariu, L., Toma, C.,”*Tilia tomentosa* foliar bud extract: phytochemical analysis and dermatological testing.”, *Studia Universitatis Vasile Goldis, Seria Stiintele Vietii*, 19,s.163-165, 2009.
64. Vinson, J.A., Dabbagh, Y.A., Serry, M.M., Jang, J., “Plant Flavonoids, Especially Tea Flavonoids, Are Powerful Antioxidants Using An Gn Vitro Oxidation Model ModelFor Heart Disease.”, *J Agric Food Chem*, 43, s.2800-2, 1995.
65. Georgiev, Y.N., Ognyanov, M.H., Kiyohara, H., Batsalova, T.G., Dzhambazov, B.M., Ciz, M., et al., “Acidic polysaccharide complexes from purslane, silver linden

andlavender stimulate Peyer's patch immune cells through innate and adaptive mechanisms.", *International Journal of Biological Macromolecules*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.095>.

66. Özyürek, F., "Nevşehir'de farklı su kaynaklarıyla sulanan sebzelerde ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) birikimi" *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 2016.
67. Lelebici, Z., And Aksoy, A., "Growth And Heavy Metal Accumulation Capacity Of Lemna minör and Spirodela polyrhiza (Lemnaceae): Interactions With Nutrient Enrichment", *Water Air And Soil Pollution*, 214, s. 175-184., Kayseri, 2011.
68. Osma, E., Serin, M., Lelebici, Z., "Şile (İstanbul)'de yetiştirilen bazı sebzelere ağır metal birikiminin araştırılması" *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6, s.267-275, 2013.
69. Demirzen, D., Aksoy, A., "Heavy metal levels in vegetables in Turkey are within safe limits for Cu, Zn, Ni and exceeded for Cd and Pb" *Erciyes Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü*, 2005.
70. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., ve Nelson, W.L., "Soil Fertility and Fertilizers., 6th Edition", *Prentice-Hall*, Upper Saddle River, New Jersey, 1999.
71. Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H.U., Ozel, H.B., Mossi, M.M.M., & Cetin, I.Z., "Determination of Pb and Mg accumulation in some of the landscape plants in shrub froms.", *Environmental Science and Pollution Research*, 27(2), s. 2423-2431, (2020 a).
72. Kabir, A.M., Iqbal, M.Z., Shafiq, M., "Effects of lead on seedling growth of *Thespesia populnea L.*" *Plant Soil Environ*, 4, s.194-199,2010.
73. Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H.B., Akarsu, H., & Cetin, I.Z., "Analyzing of usability of tree-rings as biomonitors for monitoring heavy metal accumulation in the Atmosphere inurban area: a case study of cedar tree (*Cedrus sp.*).", *Environmental monitoring and Assessment*, 192(1), s.23, (2020b).
74. Gardiner, D.T., ve Miller, R.W., "Soils in Our Environment, 11th Edition", *Pearson / Prentice-Hall*, Upper Saddle Hill, New Jersey, USA, 1999.



75. Haktanır, K., “Çevre Kirliliği” *A.Ü Ziraat Fakültesi Ders Notu*, s. 140,1987.
76. Shahid, M., Khalid, S., Abbas, G., Shahid, N., Nadeem, M., Sabir, M., Aslam, M., Dumat, C., “ Heavy metal stress and crop productivity, in: ( K.R. Hakeem Ed.), *Crop Production and Global Environmental Issues SE-1*”, *Springer International Publishing*, s. 1-25, 2015.
77. Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., ve Kaptan, H., “Toprak Bilimi.” *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi*,73, s. 16, Adana, 1995.
78. Ali, S., Bai, P., Zeng, F., Cai, S., Shamsi, IM., et al., “The ecotoxicological and interactive effects of chromium and aliminum on growth, oxidative damage and antioksidant enzymes on two barley genotypes differing in Al tolerance.” *Environmental and Experimental Botany (EEB)*., 70(2-3), s. 185-191, 2011.
79. Amil, M., “Ankara Hava Kalitesinin Alansal ve Zamansal Değişiminin İncelenmesi.”, *Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Erzurum, 2005.
80. Kacar, B., ve Katkat, “V., Bitki Besleme 5. Baskı”, *Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti., Kızılay-Ankara*, 2010. Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Savaşçı, S., ve Paslı, N.,” Ekoloji-II (Toprak)”, *BaşkentKlişe Matbaacılık, Kızılay- Ankara*, 2001.
81. Abedin, MJ., Cotter- Howells, J. & Meharg, AA.,” Kirlenmiş su ile sulanan pirinçte (*Oryza sativa* L.) arsenik alımı ve birikimi.” *Bitki ve Toprak*, 240, s. 311-319, 2002.
82. Kacar B, Katkat AV, " Gübreler ve Gübreleme Teknikleri 1. Baskı", s.1119, Ankara; 2007.
83. Turkyılmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M., “Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition.”, *Environmental Science and Pollution Research*, 26(5), s.5122-5130, 2019.
84. Kara, EE., Pırlak, U., Özdilek, HG., “Evaluation of Heavy Metals (Cd, Cu, Ni, Pb and Zn) Distribution in Sowing Regions of Potatofields in the Province of Niğde, Turkey.” *Water, Air and Soil Pollution.*, 153, s. 173- 186, 2004.
85. Yerli, C., Çakmakçı, T., Şahin, Ü., Tüfenkçi, S., “Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri” *Tr. Doğa ve Fen Dergisi*, 9, s.103-114, 2020.

<https://doi.org/10.46810/tdfd.718449>

86. Kimbrough, D.E., Cohen, Y., Winer, A.M., Creelman, L., Mabuni, C., “A critical assessment of chromium in the environment.” *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 29(1), s. 1-49, 2009.
87. Özbolat, G., Tuli, A., “AĞIR Metal Toksikitesinin İnsan Sağlığına Etkileri” *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*. 25(4), s.502-521,2016.
88. Leblebici, Z., Kar, M., Başaran, L., “Nevşehir’de Yetiştirilen Çeşitli Yeşil Sebzelerin Ağır Metal Birikimi ve İnsan Sağlığı Risklerinin Değerlendirilmesi Çevre İzleme Değerlendirmesi”, 192, s.483-490,2020.
89. Leblebici, Z., Kar, M., “Nevşehir’de Farklı Su Kaynakları İle Sulanan Sebzelerde Ağır Metal Birikimi ve İnsanların Günlük Alımları” *J Agric Bilim Teknoloji*, 20(2), s.401-412, 2018.
90. Osmalı, E., Serin, M., Leblebici, Z., Aksoy, A., “Heavy Metal Accumulation in Some Vegetables and Soils in İstanbul”, *Ekoloj*, 21(82), s. 1-8, 2012.
91. Karakoyun, G., ve Osmalı, E., “Erzincan’da Hava Kirliliğine Bağlı Olarak Sarı Çamlarda (*Pinus sylvestris L. var. Hamata Steven.*) Ağır Metal Birikimi”. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), s.67-77, 2015.
92. Zor, M., “Marmara Bölgesi’nde Satılan Ispanak, Marul ve Maydanozun Metal İçeriğinin Analizi.” *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, 2013.
93. Yaşar, Ü.,”*Cercis Siliquastrum L. Subsp. Siliquastrum (Fabaceae)*’un Ağır Metal Kirliliğinde Biomonitor Olarak Kullanımı” *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, İstanbul,2009.
94. FAO/WHO, *Codex Alimentarius Uluslararası Gıda Standartları Codex Stan-179*, Codex Alimentarius Komisyonu, 2003.
95. Çevre Bakanlığı “Türkiye Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Aralık 10” *Resmi Gazete*, 24609, 2001.

96. T.C. Milli Eğitim Bak. “Pestisitler”, *Çevre Sağlığı Ders Kitabı*, Ankara, 2012.
97. Naser, HM., Sultana, S., Mahmud, NU., Gomes, R., Noor, S., “Büyüme Evresi ve Bitki Türleri Varyasyonları İle Sebzelerde Ağır Metal Seviyeleri” *Bangladeş J Agric Res*, 36(4), s. 563-574, 2012.
98. Kocaman, P., “Çorlu-Çerkezköy Civarında Bazı Fabrikalara Yakın Tarım Arazilerindeki Çeşitli Ağır Metal Kirlilik Düzeylerinin Toprak ve Bitki Analizleri ile Belirlenmesi” *Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Tekirdağ, 2016.
99. Mohammed, A.E., Rashed, M.N., and Mofty, A.,” Assessment of Essential and Toxic Elements in Some Kinds of Vegetables”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 55(3), s. 251-260, 2003.
100. Sarıkaya, H. K., “Giresun yöresindeki sülfürlü maden sahalarından kaynaklı ağır metal kirliliğinin ve sağlık risklerinin değerlendirilmesi” *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Trabzon, 2019.
101. Asri, F. Ö., Sönmez, S. Ve Çıtak, S., “Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri”. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 7(1), s.151-159, 1983.
102. Rahmani, GNH, Sternberg SPK, “*Lemna minor* kullanılarak sudan kurşunun biyolojik olarak çıkarılması” *Biores Technol*,70(3), s. 225-230, 1999.
103. Duman, F.” Sapanca ve Abant Gölü Su, Sediment ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması Olarak İncelenmesi”, *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi*, Ankara, 2005.
104. Tuna, E. E.,”Brassicaceae Familyasına Ait Bazı Türlerde Ağır Metal Birikimi Parametrelerinin İncelenmesi ve Biyomonitör Özelliklerinin Araştırılması” *Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*. Amasya, Türkiye, 2018.
105. Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Ekizler, A., İlkdoğan, C., “Changes in the Amounts of CO<sub>2</sub> and Particulate Matter in Kastamonu Province Depending on Weather Conditions and Locations, Journal of Chemical.”, *Biological and Physical Sciences*,

7(3), 643- 650, 2017.

- 106.Karaçağıl, D., “İstanbul’da Belirlenmiş Sahil Şeritlerinde Toprak Kalitesi ve Ağır Metal Kirliliği”, *Başakşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 4-8-11-12, İstanbul, 2013.
- 107.Ávila- Pérez, P., Ortiz-Oliveros, H.B., Zarazúa-Ortega, G., Tejada- Vega, S., Villava, A., ve Sánchez-Muñoz, R., “Determining of Risk Areas due to Exposure to Heavy Metalsin the Toluca Valley Using Epiphytic Mosses as a Biomonitor.”, *Journal of Environmental Management*, 241, s. 138-148, 2019.
- 108.Erdem, T., “Ağır Metal Konsantrasyonlarının Bazı Bitkilerde Tür, Organel ve Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi”, *Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Kastamonu, 2018.
- 109.Tuncer, B., “Bazı Tarım Bitkilerinde Ağır Metal Birikiminin Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi” *Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Kastamonu, 2020.
- 110.Abacıoğlu, E., Akarsu, H., Özer, G. Ç., Öztürk, A., “Changes in Some Metal Concentrations Due to Organ and Traffic Density in *Tilia tomentosa* “, *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 7 (2), s.2275-2281, 2019.
- 111.Karaçocuk, T., “ Change in Haevy Metal Concentration Depending on Traffic Density in Some Plants Grown in Samsun City Center” *Kastamonu University, Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis*, s.79, 2021.
- 112.Mossi, M.M.M., “Determiation of Heavy Metal Accumulation in the Some of Landscape Plants for Shrub Forms.”, *Ph. D. Thesis, Kastamonu University, Groduate Scool of Natural and Applied Sciences, Deperment of Forest Engineering*, 2018.
- 113.Çobanoğlu, O., “The Possibilaties of Using Blue Spruce (*Picea pungens engelm*) as a Bio-Monitor By Measuring the Recent Accumulation of Heavy Metals in Hs Leaves.”, *Kastamonu University Intitute of Science, Msc. Thesis*, Kastamonu, 2019.

114.Özel, S., “Bazı Meyve Ağacı Organellerinde Ağır Metal Birikiminin Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi.” *Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Kastamonu, 2019.

