

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CERCIS SILIQUASTRUM* L. SUBSP. *SILIQUASTRUM
(*FABACEAE*)' UN AĞIR METAL KİRLİLİĞİNDE
BİOMONİTOR OLARAK KULLANIMI

Ülkühan YAŞAR

DOKTORA TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Memduh SERİN

İSTANBUL 2009

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

***CERCIS SILIQUASTRUM* L. SUBSP. *SILIQUASTRUM*
(*FABACEAE*)' UN AĞIR METAL KİRLİLİĞİNDE
BİOMONİTOR OLARAK KULLANIMI**

Ülkühan YAŞAR
(141200620020065)

DOKTORA TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Memduh SERİN

İSTANBUL 2009

ÖNSÖZ (TEŞEKKÜR)

Çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Memduh Serin'e, çalışma sürecinde bana yol gösteren Prof. Dr. Celal Yarcı ve Prof. Dr. Muammer Ünal hocalarıma teşekkür ederim.

Marmara Üniversitesi Biyoloji Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Meral Ünal, tüm bölüm hocalarım ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. ICP-OES cihazını ve üniversite imkânlarını kullanmama izin verdiği için, Erciyes Üniversitesi Biyoloji Bölüm Başkanı Prof. Dr. Ahmet Aksoy'a ve analiz aşamasında yardımcı olan Ar. Gör. Zeliha Leblebici'ye teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm arkadaşlarım, Dr. İ. İlker Özyiğit, Dr. Zeki Severoğlu ve Dr. Volkan Altay'a teşekkürlerimi sunarım. İstatistiksel analiz hesaplamalarım bana yardımcı olan Dr. Nilgün Yıldız'a, analiz aşamasında danıştığım Küçükçekmece Nükleer Araştırma Merkezi'nde Yüksek Kimya Mühendisi Dr. Yusuf Ziya Yılmaz'a teşekkür ederim.

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Sevil Ünal'a, Enstitü Sekreteri Nebahat Arslan Avcı'ya ve tüm Enstitü personeline, arkadaşlarım Dr. Nevin Şafak, Dr. Sait Hamdi Yener, Dr. Azim Öztürk, Efsun Atasoy, Şengül Karadeniz ve Berna Tungaç'a teşekkürlerimi sunarım.

Bitki toplama aşamasında yardımcı olan dayıma ve kuzenim M. Akif Bildircin'e, bitki öğütmede yardımcı olan Yüksel Altan Bozkurt'a teşekkür ederim.

Çalışmamı "Projem İstanbul" kapsamında destekleyen İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkürü borç bilirim. Ayrıca İBB Stratejik Planlama Müdürlüğü ve personeline, İBB Park Bahçeler Müdürlüğü'ne ve teknik danışmanım Orman Mühendisi İbrahim Dedeoğlu'na teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında bana destek veren ve her türlü sıkıntıda yanımda olan kız kardeşim **Neslihan Yaşar**'a, manevi desteğini daima üzerimde hissettiğim **anne** ve **babama** sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Nisan 2009

Ülkühan YAŞAR

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖNSÖZ (TEŞEKKÜR).....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
YENİLİK BEYANI.....	ix
SEMBOLLER.....	x
KISALTMALAR.....	xi
ŞEKİLLER.....	xii
TABLO LİSTESİ.....	xv
BÖLÜM I. GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
I.1. GİRİŞ.....	1
I.2. AMAÇ.....	3
BÖLÜM II. GENEL BİLGİLER.....	5
II.1. AĞIR METALLER.....	5
II.1.1. Kadmiyum (Cd) ve Biyolojik Önemi.....	10
II.1.2. Krom (Cr) ve Biyolojik Önemi.....	13
II.1.3. Bakır (Cu) ve Biyolojik Önemi.....	15
II.1.4. Demir (Fe) ve Biyolojik Önemi.....	17
II.1.5. Nikel (Ni) ve Biyolojik Önemi.....	20
II.1.6. Kurşun (Pb) ve Biyolojik Önemi.....	21
II.1.7. Çinko (Zn) ve Biyolojik Önemi.....	24
II.2. AĞIR METAL KİRLİLİĞİNDE BİTKİLERİN BİOMONİTOR OLARAK KULLANIMI.....	28

II.3. CERCIS SILIQUASTRUM L. SUBSP. SILIQUASTRUM	
(FABACEAE/LEGUMINOSAE).....	31
II.3.1. Fabaceae / Leguminosae Familyasının Genel Özellikleri....	32
II.3.2. Cercis siliquastrum L. subsp. siliquastrum (Erguvan)'un	
Genel Özellikleri.....	32
II.3.3. Cercis siliquastrum L. subsp. siliquastrum (Erguvan)'un	
Peyzaj Özellikleri.....	34
II.3.4. Cercis siliquastrum L. subsp. siliquastrum'un Biomonitor	
Bitki Olarak Seçilmesinin Nedenleri.....	37
II.4. KONU İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	37
II.5. ARAŞTIRMA BÖLGESİNİN TANITIMI.....	51
BÖLÜM III. ÇALIŞMALAR.....	55
III.1. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	55
III.2. ARAŞTIRMA MATERYALİ.....	55
III.3. ARAZİ ÇALIŞMALARI.....	56
III.4. BİTKİ ÖRNEKLERİNİN TOPLANDIĞI LOKALİTELER..	57
III.5. ÇALIŞMA YÖNTEMİ.....	64
III.5.1. ICP- OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon	
Spektroskopisi).....	64
III.5.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	66
III.6. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER.....	72
BÖLÜM IV. SONUÇLAR ve TARTIŞMA	74
IV.1. SONUÇLAR.....	74
IV.1.1. Kadmiyum Değerleri.....	75
IV.1.2. Krom Değerleri.....	78
IV.1.3. Bakır Değerleri.....	81
IV.1.4. Demir Değerleri.....	85
IV.1.5. Nikel Değerleri.....	90
IV.1.6. Kurşun Değerleri.....	94
IV.1.7. Çinko Değerleri.....	97
IV.2. TARTIŞMA.....	102
IV.2.1. Kadmiyum.....	105
IV.2.2. Krom.....	109

IV.2.3. Bakır	112
IV.2.4. Demir	116
IV.2.5. Nikel	118
IV.2.6. Kurşun	121
IV.2.7. Çinko	126
BÖLÜM V. SON DEĞERLENDİRMELER ve ÖNERİLER ...	131
V.1. SON DEĞERLENDİRMELER.....	131
V.2. ÖNERİLER	133
KAYNAKLAR.....	135
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

***CERCIS SILIQUASTRUM* L. SUBSP. *SILIQUASTRUM* (FABACEAE)’UN AĞIR METAL KİRLİLİĞİNDE BİOMONİTOR OLARAK KULLANIMI**

Bu çalışmada 2006–2007 yılları arasında şehir içi, şehir park, şehir yol kenarı, Boğaz sahil şeridi ve kontrol bölgesi olmak üzere 5 istasyonda, 59 farklı lokaliteden toplanan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*’a ait yıkanmış-yıkanmamış yaprak ve kabuk örnekleri ile bitkilerin yerleşim yerlerine ait toprak örnekleri, İstanbul’daki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi için kullanıldı. Ayrıca bu bitkinin bir ağır metal kirliliği biomonitörü olarak kullanılabilirliği araştırıldı. Topladığımız örneklerdeki Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn miktarları ICP-OES ile tayin edildi. Elde edilen veriler, SPSS istatistik programı kullanılarak değerlendirildi.

Ortalama en yüksek Cd değeri, şehir yol kenarından toplanan yıkanmamış yaprak örneklerinde belirlendi. En düşük değerler, kontrol bölgesinden toplanan yıkanmış yapraklarda ölçüldü. Ölçülen değerler 0.41 ± 0.04 µg/g dw ve 0.04 ± 0.01 µg/g dw’ dir.

Şehir parktan toplanan kabuk örneklerinin, maksimum Cr birikimine ulaştığı görüldü. Bu değer 6.12 ± 0.59 µg/g dw’ dir. En düşük değer 1.63 ± 0.20 µg/g dw ile kontrol bölgesinden toplanan yıkanmış yaprak örneklerinde saptandı.

Ortalama en yüksek Cu birikim değeri, şehir yol kenarından alınan yıkanmamış yapraklarda 11.24 ± 1.59 µg/g dw olarak belirlendi. En düşük değer, kontrol bölgesinden toplanan yıkanmış yapraklarda 2.83 ± 0.39 µg/g dw olarak ölçüldü.

En yüksek Fe miktarı, şehir yol kenarından toplanan yıkanmamış yapraklarda ölçülürken, en düşüğü şehir içinden toplanan yıkanmış yapraklarda gözlendi. Bu değerler, 134.74 ± 35.06 µg/g dw ve 44.97 ± 5.15 µg/g dw’ dir.

Ortalama en yüksek Ni değeri, şehir yol kenarından toplanan yıkanmamış yaprak örneklerinde belirlendi. Bu değer 4.47 ± 0.82 µg/g dw’ dir. En düşük değer kontrol bölgesinden toplanan yıkanmış yapraklarda ölçüldü ve bu değer 2.19 ± 0.39 µg/g dw olarak belirlendi.

En yüksek Pb birikimi şehir yol kenarından toplanan yıkanmamış yapraklarda ölçüldü. En düşük değer de kontrol bölgesinden toplanan yıkanmış yaprak örneklerinde belirlendi. Bu değerler 19.41 ± 2.53 µg/g dw ve 4.23 ± 0.88 µg/g dw’ dir.

Ortalama en yüksek Zn değeri şehir yol kenarından toplanan yıkanmamış yapraklarda belirlendi. En düşük değer ise kontrol bölgesinden toplanan kabuk örneklerinde belirlendi. Bu değerler $31.21 \pm 3.04 \mu\text{g/g dw}$ ve $3.78 \pm 0.27 \mu\text{g/g dw}$ dir.

Topraktaki ortalama en yüksek ve en düşük ağır metal konsantrasyonu ve lokalitesi aşağıdaki gibi belirlenmiştir: Toprak–Cd 0.79 ± 0.13 – $0.13 \pm 0.02 \mu\text{g/g dw}$ şehir yolkenarı ve kontrol bölgesi, toprak–Cr 10.13 ± 1.71 – $5.65 \pm 0.59 \mu\text{g/g dw}$ şehir park ve kontrol bölgesi, toprak–Cu 19.67 ± 2.61 – $14.69 \pm 1.04 \mu\text{g/g dw}$ şehir yol kenarı ve şehir içi, toprak–Fe 3825.42 ± 311.50 – $2589.35 \pm 306.39 \mu\text{g/g dw}$ kontrol bölgesi ve şehir içi, toprak–Ni 15.97 ± 2.06 – $5.34 \pm 0.65 \mu\text{g/g dw}$ şehir yol kenarı ve kontrol bölgesi, toprak–Pb 64.71 ± 11.90 – $22.16 \pm 6.90 \mu\text{g/g dw}$ şehir yol kenarı ve kontrol bölgesi, toprak–Zn 98.1 ± 15.07 – $19.69 \pm 2.06 \mu\text{g/g dw}$ şehir yol kenarı ve kontrol bölgesi.

Bulgularımız, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*’un Fe ağır metali dışında kullanışlı bir biomonitor olduğunu göstermektedir. Ağır metal birikim miktarı ile trafik yoğunluğu ve yola yakınlık arasında doğru orantı saptanmıştır. Ayrıca kabukların uzun dönemli ağır metal kirliliği ölçümünde kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

ABSTRACT

THE USE OF *CERCIS SILIQUASTRUM* L. SUBSP. *SILIQUASTRUM* (FABACEAE) AS A BIOMONITOR FOR HEAVY METAL POLLUTION

In this study, washed-unwashed leaf and bark samples of *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* and soil samples collected between 2006 and 2007 in 59 different localities, from five stations, namely urban, urban park, urban roadside, the Bosphorus Coast and the control area were used to determine heavy metal pollution in Istanbul region. Additionally, the usability of this plant as a heavy metal pollution monitor was investigated. The Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn concentrations in our collected samples were measured by using ICP-OES. The obtained data were analyzed by using SPSS statistics program.

The average highest value of Cd was determined in the unwashed leaf samples collected from urban roadside, whereas the lowest values were measured in washed leaf samples gathered from the control area. The measured values were 0.41 ± 0.04 µg/g dw and 0.04 ± 0.01 µg/g dw, respectively.

The maximum value of Cr accumulation was gained in bark samples taken from urban park. The value was 6.12 ± 0.59 µg/g dw. The lowest value was detected to be 1.63 ± 0.20 µg/g dw in washed leaf samples from the control area.

The average highest value of Cu accumulation was determined to be 11.24 ± 1.59 µg/g dw in the unwashed leaf samples collected from urban roadside, while the lowest value was measured to be 2.83 ± 0.39 µg/g dw in washed leaf samples gathered from the control area.

The highest Fe amount was measured in the unwashed leaf samples collected from urban roadside, while the lowest was observed in the washed leaf samples from urban area. The values were 134.74 ± 35.06 µg/g dw and 44.97 ± 5.15 µg/g dw, respectively.

The average highest Ni value was determined in unwashed leaf samples gathered from urban roadside; the value was 4.47 ± 0.82 µg/g dw. The lowest value was measured in the washed leaf samples taken from the control area, and this value was determined to be 2.19 ± 0.39 µg/g dw.

The highest value of Pb accumulation was measured in unwashed leaf samples from urban roadside. The lowest value was determined in the washed leaf samples taken from the control area. The values were 19.41 ± 2.53 µg/g dw and 4.23 ± 0.88 µg/g dw, respectively.

The average highest level of Zn was determined in unwashed leaf samples gathered from urban roadside. The lowest value was determined in the bark samples collected from the control area. The values were $31.21 \pm 3.04 \mu\text{g/g dw}$ and $3.78 \pm 0.27 \mu\text{g/g dw}$, respectively.

The average highest and the lowest heavy metal concentrations of soil samples and localities were indicated as follows: Cd-soil $79 \pm 0.13 - 0.13 \pm 0.02 \mu\text{g/g dw}$ in urban roadside and the control area, Cr-soil $10.13 \pm 1.71 - 5.65 \pm 0.59 \mu\text{g/g dw}$ in urban park and the control area, Cu-soil $19.67 \pm 2.61 - 14.69 \pm 1.04 \mu\text{g/g dw}$ in urban roadside and urban, Fe-soil $3825.42 \pm 311.50 - 2589.35 \pm 306.39 \mu\text{g/g dw}$ in the control area and urban, Ni-soil $15.97 \pm 2.06 - 5.34 \pm 0.65 \mu\text{g/g dw}$ in urban roadside and the control area, Pb-soil $64.71 \pm 11.90 - 22.16 \pm 6.90 \mu\text{g/g dw}$ in urban roadside and the control area and Zn -soil $98.1 \pm 15.07 - 19.69 \pm 2.06 \mu\text{g/g dw}$ in urban roadside and the control area.

Our results revealed that *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* is a useful biomonitor to determine the amount of heavy metal deposits except for Fe. A direct correlation between heavy metal accumulation and traffic density and distance from the road was observed. In addition, the tree barks can be used for long-term measurements of heavy metal depositions.

YENİLİK BEYANI

***CERCIS SILIQUASTRUM* L. SUBSP. *SILIQUASTRUM* (FABACEAE)’UN AĞIR METAL KİRLİLİĞİNDE BİOMONİTOR OLARAK KULLANIMI**

Cercis siliquastrum L. subsp. *siliquastrum*’a ait yıkanmış yaprak, yıkanmamış yaprak ve kabuk örnekleri ile bitkilerin yetiştiği yerlere ait toprak örnekleri, İstanbul’daki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Toplanan örneklerdeki Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn miktarları ölçülerek, İstanbul’da kirletici çeşitlerinin tayini ve ağır metal kirliliği biomonitoru olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*’un Fe ağır metali dışında kullanışlı bir biomonitor olduğu ilk defa bu çalışma ile ortaya konmuştur.

Nisan 2009

Prof. Dr. Memduh Serin

Ülkühan Yaşar

SEMBOLLER

Cd	: Kadmiyum
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
°C	: Santigrat Derece
dl	: Desilitre
dw	: Dry wet-(Kuru ağırlık)
Fe	: Demir
HCl	: Hidroklorik Asit
HClO₄	: Perklorik asit
HNO₃	: Nitrik Asit
H₂O₂	: Hidrojenperoksit
Mo	: Molibden
Mn	: Manganez
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
ppm	: 1/1.000.000 kg-(Parts per million)
Zn	: Çinko
μ	: Mikron (milyonda bir)
λ	: Işığın Dalga Boyu

KISALTMALAR

AAS	: Atomic Absorbtion Spectrofotometer (Atomik Absorbsiyon : Spektrofotometresi)
ANOVA	: Analysis of Variance (Varyans Analizi)
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
EDTA	: Ethylene Diamine Tetraacetic Acid (Etilen Daimin : Tetraasetik Asit)
FAAS	: Flame Atomic Absorbtion Spectrofotometer (Alevli Atomik : Absorpsiyon Spektrometresi)
FAO	: Food and Agricultural Organization (Dünya Gıda ve Tarım : Örgütü)
IARC	: International Agency for Research on Cancer (Uluslararası : Kanser Araştırma Merkezi)
ICP-AES	: Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy : (İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrometrisi)
UNCED	: United Nations Conference on Environment and Development : (Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı)
UV	: Ultraviolet (Mor Ötesi)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

ŞEKİLLER

	<u>SAYFA NO</u>
Şekil II.1. <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> (yaprak).....	36
Şekil II.2. <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> (çiçek).....	36
Şekil II.3. İstanbul İli İlçe Sınırları Haritası Genel Görünüş.....	52
Şekil III.1. <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> kabuk, toprak ve yaprak örnekleri.....	57
Şekil III.2. <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un ve Yetiştği Toprakların Alındığı Lokalitelerin Bölgesel Genel Görünüşü.	61
Şekil III.3. Avrupa Yakasından Örnek Alınan Lokaliteler (A).....	62
Şekil III.4. Boğaz Sahil Şeridinden Örnek Alınan Lokaliteler (B).....	62
Şekil III.5. İstanbul Anadolu Yakasından Örnek Alınan Lokaliteler (C)..	63
Şekil III.6. İstanbul Adalar Kontrol Bölgesinden Örnek Alınan Lokaliteler (D).....	63
Şekil III.7. Bitki Öğütme Makinesi ve Öğütülmüş Bitki-Toprak Örnekleri.....	67
Şekil III.8. Örneklerin Hassas Terazide Tartılması.....	68
Şekil III.9. Örneklerin Mikrodalga Fırın Kabına Konulması.....	69
Şekil III.10. CEM marka Mars5 Mikrodalga Fırın.....	70
Şekil III.11. ICP-OES'te Okunmaya Hazır Polietilen Şişelerdeki Örnekler	70
Şekil III.12. Ağır Metal Analizinde Kullanılan ICP-OES Cihazı.....	71
Şekil IV.1. Farklı Kirlenme Ortamlarında <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organ ve Yetiştği Topraklardaki Kadmiyum Konsantrasyonlarının Histogramı.....	76
Şekil IV.2. Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Kadmiyum Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon.....	76
Şekil IV.3. <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştği Topraktaki Kadmiyum Miktarları.....	77

Şekil IV.4.	Farklı Kirlenme Ortamlarında <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organ ve Yetiştği Topraklardaki Krom Konsantrasyonlarının Histogramı.....	79
Şekil IV.5.	Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Krom Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon.....	79
Şekil IV.6.	<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştği Topraktaki Krom Miktarları.....	80
Şekil IV.7.	Farklı Kirlenme Ortamlarında <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organ ve Yetiştği Topraklardaki Bakır Konsantrasyonlarının Histogramı.....	82
Şekil IV.8.	Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Bakır Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon.....	83
Şekil IV.9.	<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştği Topraktaki Bakır Miktarları.....	83
Şekil IV.10.	Farklı Kirlenme Ortamlarında <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organ ve Yetiştği Topraklardaki Demir Konsantrasyonlarının Histogramı.....	86
Şekil IV.11.	Farklı Kirlenme Ortamlarında <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Yıkanmamış-Yıkanmış Yaprak ve Kabuklarında Demir Konsantrasyonlarının Histogramı.....	87
Şekil IV.12.	Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Demir Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon	87
Şekil IV.13.	Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak ve Kabuk Demir Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon.....	88
Şekil IV.14.	<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştği Topraktaki Demir Miktarları.....	88

Şekil IV.15.	<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak ve Kabuk Demir Miktarları.....	89
Şekil IV.16.	Farklı Kirlenme Ortamlarında <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organ ve Yetiştği Topraklardaki Nikel Konsantrasyonlarının Histogramı.....	91
Şekil IV.17.	Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Nikel Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon.....	92
Şekil IV.18.	<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştği Topraktaki Nikel Miktarları.....	92
Şekil IV.19.	Farklı Kirlenme Ortamlarında <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organ ve Yetiştği Topraklardaki Kurşun Konsantrasyonlarının Histogramı.....	95
Şekil IV.20.	Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Kurşun Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon.....	95
Şekil IV.21.	<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştği Topraktaki Kurşun Miktarları.....	96
Şekil IV.22.	Farklı Kirlenme Ortamlarında <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organ ve Yetiştği Topraklardaki Çinko Konsantrasyonlarının Histogramı.....	98
Şekil IV.23.	Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Çinko Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon.....	99
Şekil IV.24.	<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştği Topraktaki Çinko Miktarları.....	99

TABLO LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Tablo II.1. Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn'nin Periyodik Tablodaki Yerleri	6
Tablo II.2. Farklı Endüstri Kollarının Çevreye Yaydığı Ağır Metaller...	7
Tablo II.3. Ekosisteme Karışan Toksik Ağır Metal Kaynakları.....	9
Tablo II.4. <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Sınıflandırılması.....	33
Tablo III.1. <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un ve Yetiştigi Toprakların Alındığı Lokallerin GPS Koordinatları.....	58
Tablo III.2. Mikrodalga Isıtma Programı	69
Tablo IV.1. Farklı Kirlenme Ortamları İçin <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştigi Topraklardaki Ortalama Kadmiyum Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri (µg/g dw).....	75
Tablo IV.2. İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> Yapraklarından Uzaklaşan Kadmiyum Oranı (%).....	77
Tablo IV.3. Farklı Kirlenme Ortamları İçin <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştigi Topraklardaki Ortalama Krom Konsantrasyonları ve Standart Hata Değeri (µg/g dw).....	78
Tablo IV.4. İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> Yapraklarından Uzaklaşan Krom Oranı (%).....	80
Tablo IV.5. Farklı Kirlenme Ortamları İçin <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştigi Topraklardaki Ortalama Bakır Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri (µg/g dw).....	82
Tablo IV.6. Lokallere Göre Yıkama Prosedürü İle <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> Yapraklarından Uzaklaşan Bakır Oranı (%).....	84

Tablo IV.7.	Farklı Kirlenme Ortamları İçin <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştigi Topraklardaki Ortalama Demir Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri (µg/g dw).....	86
Tablo IV.8.	İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> Yapraklarından Uzaklaşan Demir Oranı (%).....	89
Tablo IV.9.	Farklı Kirlenme Ortamları İçin <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştigi Topraklardaki Ortalama Nikel Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri (µg/g dw).....	91
Tablo IV.10.	İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> Yapraklarından Uzaklaşan Nikel Oranı (%).....	93
Tablo IV.11.	Farklı Kirlenme Ortamları İçin <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştigi Topraklardaki Ortalama Kurşun Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri (µg/g dw).....	94
Tablo IV.12.	İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> Yapraklarından Uzaklaşan Kurşun Oranı (%).....	96
Tablo IV.13.	Farklı Kirlenme Ortamları İçin <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştigi Topraklardaki Ortalama Çinko Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri (µg/g dw).....	98
Tablo IV.14.	İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> Yapraklarından Uzaklaşan Çinko Oranı (%).....	100
Tablo IV.15.	Ağır Metallerin Toprakta Toksik Kabul Edilen ve Kontamine Olmuş Bitkilerdeki Konsantrasyon Aralıkları (Ross, 1994) ile <i>Cercis</i> sp. Yıkanmamış Yaprak ve Toprakta Elde Edilen Değerler (µg/g).....	102

Tablo IV.16. Yıkama Prosedürü ile <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> 'un Yapraklarından Uzaklaşan Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn Oranları (%) ve <i>F</i> -testi.....	103
Tablo IV.17. <i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> için Yıkanmamış ve Yıkanmış Yaprak; Toprak Ağır Metal Konsantrasyonları ve Yıkanmamış-Yıkanmış Yaprak, Kabuk Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon Katsayıları (<i>r</i>)	104
Tablo IV.18. Çalışmamızda Tespit Edilen Kadmiyum Toprak Değerleri ile Ross (1994)'a Göre Kadmiyumun Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)	105
Tablo IV.19. Çalışmamızda Tespit Edilen Kadmiyum Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Ross (1994)'a Göre Kadmiyumun Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)	105
Tablo IV.20. Çalışmamızdaki Kadmiyum Değerlerinin, İstanbul'da Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kadmiyum Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	106
Tablo IV.21. Çalışmamızdaki Kadmiyum Değerlerinin, Ülkemizde İstanbul Dışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kadmiyum Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	107
Tablo IV.22. Çalışmamızdaki Kadmiyum Değerlerinin, Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kadmiyum Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	108
Tablo IV.23. Çalışmamızda Tespit Edilen Krom Toprak Değerleri ile Allen (1989) ve Ross (1994)'a Göre Kromun Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)	110
Tablo IV.24. Çalışmamızda Tespit Edilen Krom Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Ross (1994)'a Göre Kromun Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$).....	110
Tablo IV.25. Çalışmamızdaki Krom Değerlerinin, Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Krom Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	111

Tablo IV.26.	Çalışmamızda Tespit Edilen Bakır Toprak Değerleri ile Ross (1994) ve Shaw (2004)'e Göre Bakırın Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)	112
Tablo IV.27.	Çalışmamızda Tespit Edilen Bakır Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Farklı Otörlere Göre Bakırın Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$).....	112
Tablo IV.28.	Çalışmamızdaki Bakır Değerlerinin, İstanbul'da Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bakır Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	113
Tablo IV.29.	Çalışmamızdaki Bakır Değerlerinin, Ülkemizde İstanbul Dışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bakır Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	114
Tablo IV.30.	Çalışmamızdaki Bakır Değerlerinin, Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bakır Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	115
Tablo IV.31.	Çalışmamızda Tespit Edilen Demir Toprak Değerleri ile Allen (1989)'e Göre Demirin Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)	116
Tablo IV.32.	Çalışmamızda Tespit Edilen Demir Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Allen (1989)'e Göre Demirin Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$).....	116
Tablo IV.33.	Çalışmamızdaki Demir Değerlerinin, Ülkemizde ve Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Demir Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	117
Tablo IV.34.	Çalışmamızda Tespit Edilen Nikel Toprak Değerleri ile Allen (1989) ve Ross (1994)'a Göre Nikelin Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)	118
Tablo IV.35.	Çalışmamızdaki Nikel Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Allen (1989) ve Ross(1994)'e Göre Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$).....	119
Tablo IV.36.	Çalışmamızdaki Nikel Değerlerinin, İstanbul'da Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Nikel Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	119

Tablo IV.37.	Çalışmamızdaki Nikel Değerlerinin, Ülkemizde İstanbul Dışında ve Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Nikel Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	120
Tablo IV.38	Çalışmamızda Tespit Edilen Kurşun Toprak Değerleri ile Allen (1989) ve Ross (1994)'a Göre Kurşunun Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$).....	121
Tablo IV.39.	Çalışmamızda Tespit Edilen Kurşun Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Allen (1989) ve Ross(1994)'e Göre Kurşunun Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$).....	121
Tablo IV.40.	Çalışmamızdaki Kurşun Değerlerinin, İstanbul'da Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kurşun Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	122
Tablo IV.41.	Çalışmamızdaki Kurşun Değerlerinin, Ülkemizde İstanbul Dışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kurşun Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	123
Tablo IV.42.	Çalışmamızdaki Kurşun Değerlerinin, Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kurşun Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	124
Tablo IV.43.	Çalışmamızda Tespit Edilen Çinko Toprak Değerleri ile Ross (1994)'a Göre Çinkonun Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)	126
Tablo IV.44.	Çalışmamızda Tespit Edilen Çinko Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Ross (1994)'a Göre Çinkonun Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)	126
Tablo IV.45.	Çalışmamızdaki Çinko Değerlerinin, İstanbul'da Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Çinko Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	127
Tablo IV.46.	Çalışmamızdaki Çinko Değerlerinin, Ülkemizde İstanbul Dışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Çinko Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$).....	128

Tablo IV.47. Çalışmamızdaki Çinko Değerlerinin, Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Çinko Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw).....	129
---	------------

BÖLÜM I

GİRİŞ ve AMAÇ

I.1 GİRİŞ

Biyosferdeki ağır metal kirliliği, 1900'lerden itibaren önemli ölçüde artmıştır (Nriagu, 1979). Bu metallerin atmosferde uzun dönemde belirgin bir şekilde artması, çevre ve insan sağlığında önemli tehlikelere sebep olmuştur (Djingova ve Kuleff, 1993; Walkenhorst ve ark., 1993). Biyolojik denge, ancak gerekli tedbirler alındığı takdirde korunabilecektir. Günümüzde çevre kirliliği ve özellikle de ağır metal kirliliği üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Sağlam ve Cihangir, 1995).

Organizmaların hem kendi hem de farklı grup üyeleri ile onların ortamları arasındaki ilişkilerini açıklayan ekoloji bilimi, özellikle son zamanlarda büyük önem kazanmıştır (Öztürk ve Seçmen, 1992). Pollusyon ekolojisi, ekolojinin alt dallarından birisidir. Pollusyon yani kirlenme; hava, kara ve su gibi temel ortamların biyolojik, kimyasal ve fiziksel yapılarında istenmeyen bir değişim olarak tanımlanmaktadır (Kılınç ve Kutbay, 2008). Son yıllarda endüstrileşmenin hızlı bir biçimde ilerlemesi sonucu, ağır metal kirliliği de büyük bir ekolojik problem haline gelmiştir (Badora, 2002). Cameron (1874), fabrika baca dumanlarının hastalık yapıcı bir etmen olduğunu, Haselhof ve Lindau (1903) bir tarla veya orman üzerinden geçen dumanların vejetasyona büyük zarar verdiğini belirtmişlerdir. Yaklaşık 100-125 yıl önce vurgulanan kirliliğin ekosisteme olan olumsuz etkileri, kirlilik kaynaklarının artmasıyla zaman içinde bir çok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Ülkemizde Karaca (1957) ve Çetik (1965) Murgul'daki bakır madeni çevresindeki bitkiler üzerindeki etkilerini araştırarak, bu tür çalışmalara öncülük etmişlerdir (Öztürk ve Seçmen, 1992).

Ağır metaller, özkütleleri 5 g/cm^3 ten daha yoğun olan metaller olarak tanımlanmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2001; Adriano ve ark., 2005). Bilinçsizce

doğaya bırakılan ağır metaller, suya, toprağa ve havaya karışmaktadır. Bitki, hayvan ve insanlarda birikimi sonucunda sağlık problemlerine neden olmaktadır. Ağır metaller insan vücuduna; su, hava ve besin yoluyla girmektedir (Karpuzcu, 1999). Sanayi devriminden sonra, özellikle son yıllarda toksik metallerden kaynaklanan çevre kirliliği çok artmış ve ciddi ekolojik problemlere neden olmuştur (Akgüç ve ark., 2008).

Biyosferin belirli karakteristiklerini ve özelliklerini belirlemek için kullanılan canlılara “bioindikatör” ya da “biomonitor” canlılar denir (Markert ve ark., 1993). “Bioindikatör”, çevresel değişimlerin kalitesini veya çevresel bilgi sağlayan tüm organizmaları ifade eder. “Biomonitor” ise, çevrenin kalitesinde nicel bilgiler sağlayan organizmalar olarak ifade edilir. (Markert, 1993). Yine bir çok araştırmacı, biomonitorü; “çevrenin kirlenip kirlenmediği hakkında bilgi veren organizmalar” olarak tanımlamışlardır. Liken ve karayosunların yanında, son yıllarda yüksek yapılı bitkilerin yaprak meyve ve kabukları da ağır metal kirlenmesinde biomonitor olarak kullanılmaya başlanmıştır (Markert, 1993; Aksoy ve Öztürk, 1996; Aksoy ve Öztürk, 1997; Calzoni ve ark., 2007). Yüksek yapılı bitkilerde, bu amaçla, tek yıllıklardan ziyade çok yıllık ve herdem yeşil kalanlar tercih edilmektedir. Böylece kirliliğin hem yıllık hem de kısa dönemli değişimleri hakkında bilgi edinilmektedir (Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu, 2005).

Ekonomik ve örneklemeleri kolay olduğu, ayrıca büyük bir ekipman gerektirmediği için bitkiler biomonitor olarak kullanılmaktadır (Memon ve ark., 2001). Bitkilerin kirleticileri bünyelerinde toplamaları hem bitki yaşamını hem de besin zincirini etkiler. Bu da dolayısıyla insanların etkilenmesine neden olur (Brekken ve Steinnes, 2004).

Bitkilerde civa, kadmiyum ve kurşunun eser miktarda bile bulunmaları bir kirlenme işaretidir. Bakır, çinko, demir, krom ve nikelin belli limitlerden fazla olması da oldukça önemlidir (Foy ve ark., 1978; Yaşar, 2002).

Gelişmiş ülkeler, endüstrilerini kendi ülkeleri yerine, gelişmekte olan ülkelerde kurarak kendilerini korumaktadırlar. Gelişmekte olan ülkelerde ileri teknolojilerin kullanılmaması ve kirliliği önleyici tedbirlerin yetersizliği endüstri kaynaklı çevre kirliliğini arttırmaktadır. Bununla birlikte, şehirleşmenin ve araç kullanımının artması, yetersiz çevre düzenlemeleri, sağlık ve çevre sorunlarına neden olmaktadır. 50 ülkedeki kriter hava kirleticilerin tayini sonucu elde edilen veriler, bir

çok şehirde Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) sınır değerlerini aşan konsantrasyonlara maruz kalındığını göstermektedir (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

Doğal kaynaklarla oluşan hava kirleticileri ise, yağış, oksidasyon toprak ve okyanus gibi birtakım doğal temizleme işlem ve faktörleri tarafından yok edilirler. Fakat, antropojenik kirlilik, dar bölgelerde (kentler, sanayi bölgeleri vb.) yığılması ve adı geçen doğal temizleme etkenlerinin bu alanda yetersiz kalmasıyla problem oluşturur. Çevresel kirleticiler, insan sağlığı, bitkiler ve diğer canlılar ve cansız materyal için tehlike oluşturur. Günümüzde endüstriyel kontaminasyonun etkileri insan yaşam alanının çok sınırlı olduğu, hatta olmadığı Antartika'da bile görülmektedir (Elik ve Akçay, 2000; Corsolini, 2008).

Çalışmamızda, ağır metal analizinde biomonitor bitki olarak *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (erguvan) bitkisi kullanılmıştır. Bu bitkinin biomonitor olarak seçilmesinin nedenleri; hem kent hem kırsal alanlarda bulunmaları, geniş bir coğrafik yayılışa ve ekolojik dağılıma sahip olmaları, örneklenmelerinin, teşhislerinin kolay ve ucuz olmasıdır (Wittig, 1993).

1.2. AMAÇ

Bu çalışma ile, ağır metal kirliliğine maruz kalmış (ve kontrol grubu olarak da maruz kalmamış) farklı lokalitelerden toplanmış olan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* ve onun yetiştiği toprak örneklerinden yararlanılarak, aşağıda maddeler halinde açıklanan işlemlerin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.

- 1- *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* bitkisinin çeşitli organlarının ağır metal kirliliğinde biomonitor olarak kullanılabilirliğini belirlemek,
- 2- Bu kirliliğin sınır ve boyutlarını, nümerik olarak saptamak,
- 3- Kirlilik kaynaklarının çeşitleri ile örnek alınan bitkilerin kirlilik kaynaklarına uzaklığının önemini araştırmak,
- 4- Bitki örneklerinin, ağır metallerle hangi yollarla (hava yolu ile bitkinin toprak üstü kısımlarına veya topraktan köke) kontamine olduklarını saptamak,
- 5- İstanbul'un çeşitli bölgelerinde, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn ağır metallerinin neden olduğu kirliliğin boyutlarını ve dağılımını bu bitkide tespit etmek,
- 6- İstanbul'da ağır metal kirliliğini en az seviyeye indirmede, erguvan bitkisinin katkısı olup olamayacağını (fitoremediasyon) araştırarak ortaya koymak,

- 7- İstanbul'da yukarıda söz edilen ağır metal kirliliğinin tamamen ortadan kaldırılması ya da azaltılması için, çözüm önerileri geliştirerek sunmak hedeflenmiştir.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçların, ağır metal kirliliğinin olumsuz etkilerine yönelik tedbirler alınmasına katkı sağlayacağı görüşündeyiz.

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

II.1. AĞIR METALLER

Yoğunluğu 5 g/cm^3 , den büyük olan metaller “ağır metaller” olarak adlandırılır. Bazı kaynaklarda, 4.5 g/cm^3 den büyük graviteye sahip olan metaller şeklinde de belirtilmektedir. 60’tan fazla element örnek olarak verilebilirse de Cu, Cd, Cr, Co, Fe, Hg, Mn, Ni, Se, Pb ve Zn en sık rastlanan ve en çok tanınan ağır metallerdir. (Markert, 1993; Kahvecioğlu ve ark., 2001; Anonim, 2003a; Azevedo ve Lea, 2005).

Bazı elementler; enzim, vitamin ve hormonların bileşenlerinde bulunur. Emilme, sindirim ve metabolizmada önemli rol oynarlar veya belirli vücut yapılarının (kemik, diş) tamamlayıcı parçaları olarak bulunurlar (Keskin, 1987). Doğada bulunan kadmiyum (Cd), krom (Cr^{+6} formu), civa (Hg) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller, canlılar için mutlak gerekli olmayıp, eser miktarları bile toksik etki gösterirken, bakır (Cu), krom (Cr^{+3} formu), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), çinko (Zn) ve nikel (Ni) gibi ağır metaller canlılar için belli bir doza kadar gereklidir. Bu elementlere “iz” veya “eser” elementler denir. Ağır metallerin büyük bir bölümü, biyolojik organizmalarda birikir. Birikim sonucu, canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu elementler, etkili dozlara ulaştıklarında, ciddi hastalıklara hatta ölümlere neden olabilirler (Şengül, 1993; Kargı, 1995; Das ve ark., 1997; Güler ve Çobanoğlu, 1997; Beyazıt ve Peker, 1998; Demirezen ve Aksoy, 2006; Farooq ve ark., 2008).

Kadmiyum, krom, bakır, demir, nikel, kurşun ve çinkonun periyodik tablodaki yerleri Tablo II.1.’de gösterilmektedir (Anonim, 2009i).

Tablo II.1. Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn'nin Periyodik Tablodaki Yerleri

Gruplar																	
1	2	3	4	5	6	7	8-9-10	11	12	13	14	15	16	17	18		
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIIIB	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA		
1 <u>H</u>															2 <u>He</u>		
3 <u>Li</u>	4 <u>Be</u>									5 <u>B</u>	6 <u>C</u>	7 <u>N</u>	8 <u>O</u>	9 <u>F</u>	10 <u>Ne</u>		
11 <u>Na</u>	12 <u>Mg</u>									13 <u>Al</u>	14 <u>Si</u>	15 <u>P</u>	16 <u>S</u>	17 <u>Cl</u>	18 <u>Ar</u>		
19 <u>K</u>	20 <u>Ca</u>	21 <u>Sc</u>	22 <u>Ti</u>	23 <u>V</u>	24 <u>Cr</u>	25 <u>Mn</u>	26 <u>Fe</u>	27 <u>Co</u>	28 <u>Ni</u>	29 <u>Cu</u>	30 <u>Zn</u>	31 <u>Ga</u>	32 <u>Ge</u>	33 <u>As</u>	34 <u>Se</u>	35 <u>Br</u>	36 <u>Kr</u>
37 <u>Rb</u>	38 <u>Sr</u>	39 <u>Y</u>	40 <u>Zr</u>	41 <u>Nb</u>	42 <u>Mo</u>	43 <u>Tc</u>	44 <u>Ru</u>	45 <u>Rh</u>	46 <u>Pd</u>	47 <u>Ag</u>	48 <u>Cd</u>	49 <u>In</u>	50 <u>Sn</u>	51 <u>Sb</u>	52 <u>Te</u>	53 <u>I</u>	54 <u>Xe</u>
55 <u>Cs</u>	56 <u>Ba</u>	57 <u>La</u>	* 72 <u>Hf</u>	73 <u>Ta</u>	74 <u>W</u>	75 <u>Re</u>	76 <u>Os</u>	77 <u>Ir</u>	78 <u>Pt</u>	79 <u>Au</u>	80 <u>Hg</u>	81 <u>Tl</u>	82 <u>Pb</u>	83 <u>Bi</u>	84 <u>Po</u>	85 <u>At</u>	86 <u>Rn</u>
87 <u>Fr</u>	88 <u>Ra</u>	89 <u>Ac</u>	* 104 <u>Rf</u>	105 <u>Db</u>	106 <u>Sg</u>	107 <u>Bh</u>	108 <u>Hs</u>	109 <u>Mt</u>	110 <u>Ds</u>	111 <u>Rg</u>	112 <u>Uub</u>		114 <u>Uuq</u>		116 <u>Uuh</u>		118 <u>Uuo</u>

* Lanthanoid ve Actinoid serileri belirtilmemiştir.

Yerleşim alanlarında ısınma için kullanılan yakıtlar, endüstriyel faaliyetler ve ulaşım araçları hava kirliliğini oluşturan başlıca etmenlerdir (Beckett ve ark., 1998; Yeşilyurt ve Akcan, 2001). Altyapı sorunu olan düzensiz kentleşme, doğal hava koridorlarını (rüzgar yolları) kapamakta ve hava kirliliğini arttırmaktadır (Yıldız ve ark., 2000). Endüstriyel atık sularda bulunan ağır metaller de çevre kirliliğini tetiklemektedir (Sağlam ve Cihangir, 1995). Günümüzde petrol ürünlerinin çok fazla kullanımı, atmosfere zararlı kimyasalların salınımını arttırmıştır.

Kimyasal maddeler, sadece ortama verilmekle kalmaz, aktif ve pasif hareketlerle hava, su, toprak ve canlı organizmalara da dağılırlar (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Ağır metallerin çevreye yayılmasında etkili endüstriyel faaliyetler, Tablo II.2.'de genel olarak gösterilmiştir. Çimento üretimi, cam üretimi, çöp ve çamur yakma tesisleriyle de çevreye ağır metal salınımı yapılmaktadır. Havaya yayılan ağır metaller, karasal ortama ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar. Aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aerosol olarak veya toz halinde solunurlar (Kahvecioğlu ve ark., 2001).

Tablo II.2. Farklı Endüstri Kollarının Çevreye Yayıdığı Ağır Metaller

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Kağıt Endüstrisi	-*	+	+	+	+	-
Petrokimya	+	+	-	-	+	+
Klor-alkali Üretimi	+	+	-	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+
Demir-Çelik San	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+

*(+): Ağır metalin söz konusu endüstriyel faaliyet sonucu salındığını,

*(-): Ağır metalin söz konusu endüstriyel faaliyet sonucu salınmadığını belirtir.

Çevresel kirleticilerin birikimi, onların depolanmasının farklı mekanizmalara, meteorolojik koşullara ve bir bölgeden diğerine değişen başka faktörlere bağlı olması nedeniyle çok karmaşıktır. Bu metallerin çözünürlükleri, emilimleri ve taşınmaları insan vücudunda farklı özellikte toksisiteye neden olur. Toksisite, metallerin proteinlerdeki sülfidril grubuna bağlanması sonucu oluşur. Bu da bu proteinin işlevlerinin inhibisyonuna ve yapısının bozulmasına neden olur (van Assche ve Clijters, 1990).

Bitki bünyesinde biriken ağır metaller, bitkilerin bazen fizyolojik aktivitelerini engelleyerek ya da yavaşlatarak, verimliliklerini azaltmakta ve uzun süreç sonunda da ölümlerine neden olmaktadır. Bitkilerin ağır metal toksisitesine karşı toleransları; bitkinin türüne, elementin çeşidine, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organın yapısına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, ağır metalin çeşit ve miktarı, yayılabilirliği, zararın şiddeti ve çeşidi, zarar oluşum sürecinin bilinmesi, bitkilerin gelişimi ve canlılığı açısından önem teşkil etmektedir (Temmerman, 2005; Asri ve Sönmez, 2007).

Mn, Cu, Zn, Mo ve Ni gibi ağır metaller, yüksek bitkiler için gerekli ve faydalı mikrobeyinlerdir. Bunlardan Zn^{+2} ve Cu^{+2} , bitkilerin büyüme ve gelişmesinde önemli rol oynayan protein ve enzimlerin yapısı için gerekli kofaktör olarak görev alırlar. Ağır metaller, bitki dokularında aşırı biriktiği zaman, büyüme proseslerinin değişmesine neden olurlar. Örneğin mineral beslenme, transpirasyon, fotosentez, enzim aktivitesi, nükleik asit yapısı, klorofil sentezi ve çimlenme gibi bitkinin canlılık faaliyetlerinin değişmesine neden olur. Ağır metal birikimi sonucu membranlarda hasar oluşması, hormon dengesinin bozulması, su ilişkisinin

değişmesi gibi fizyolojik bozukluklarda ortaya çıkmaktadır (Zengin ve Munzuroğlu, 2004).

Havada bulunan partiküllerin % 0.01-3'ünü, sağlık yönünden toksik etkiler gösteren eser elementler oluşturmaktadır. Bunların sağlık yönünden önemi, insan dokularında birikmeleri ve zamanla rahatsızlıklara neden olmalarından kaynaklanmaktadır. Yiyecekler ve içecekler aracılığı ile de önemli miktarda metalik partiküller vücuda alınmaktadır (İlhan ve ark., 2006). İnsan metabolizmasında, kimyasal reaksiyonlara, fizyolojik ve taşıyım sistemlerine, kanserojen ve mutajen olarak yapı taşlarına etki ettikleri gibi, spesifik ve alerjen etkileri de bulunmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2001).

1992 yılında Rio de Janeiro'da (Brezilya) Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı düzenlenmiştir. Bu konferansla, şehirlerdeki kirlenmeye dikkat çekilerek, acilen tedbir alınması gerektiği bildirilmiştir. Haziran 1996 yılında İstanbul'da yapılan Habitat II Toplantısı'nda da şehirleşme, insan ve çevre sorunları ele alınmıştır.

2003 yılında Birleşmiş Milletler, ağır metallerle ilgili hazırladığı protokole göre, özellikle kadmiyum, kurşun ve cıvanın 1990'lı yıllardaki düzeylere düşürülmesi karara bağlanmıştır. Bu protokol, endüstriyel kaynaklardan (demir-çelik endüstrisi vb.), yanma işlemlerinden (enerji üretim tesisleri, taşıtları), pestisitlerden, floresan lambalardan, ölçüm aletlerinden (termometre, barometre vb.), diş dolgusu olan amalgamdan ve çeşitli boyalardan metal yayılımını kesmeyi amaçlamıştır (Anonim, 2003b).

Düzensiz kentleşme, endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzoz gazları, maden yatakları ve işletmeleri, tarımda verimi arttırmak için gereğinden fazla gübreleme ve ilaçlama gibi etkenler, ağır metal kirliliğinin nedenleri arasındadır (Elik ve Akçay, 2000; İlhan ve ark., 2006).

Akdeniz'e yılda 650 bin ton petrol ve türevleri, 100 bin ton cıva, 38 bin ton kurşun, 21 bin ton çinko akıtılmaktadır. 1951 yılında işletmeye açılan Artvin-Murgul Göktaş Bakır fabrikası bacalarından çıkan atıklar yüzünden asit yağmurları oluşmuş, orman alanlarında tahribat meydana gelmiştir. Muğla-Yatağan Termik Santrali de çevresindeki kızılçam ormanlarına zarar vermiş, tarım toprakları verimliliğini azaltmıştır (Boşgelmez ve ark., 2000).

Son 40-50 yılda Türkiye'deki nüfus patlaması, kontrolsüz ve plansız şehirleşme ve sanayileşmeye yol açmıştır. Bu da kentsel alanda ağır çevre

problemlerine neden olmuştur (Yılmaz ve ark., 2006).

Tablo II.3.'te, başlıca antropojenik kökenli ağır metal kaynakları görülmektedir.

Tablo II. 3. Ekosisteme Karışan Toksik Ağır Metal Kaynakları (Markert, 1993)

1. Biyosferdeki Partikül ve Dumanlar	• Taşıtlar (Cd, Pb, Mo,) • Fosil Yakıtlar (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, V, U, Pb, Sr, Zn, Ti) • Şehir ve Fabrika (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V)
2. Endüstri	• Plastikler (Co, Cr, Cd, Hg) • Tekstil (Zn, Al, Ti, Sn) • Ağaç İşletmeciliği (Cu, Cr, As) • Rafineri (Pb, Ni, Cr) • Ev aletleri üretimi (Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)
3. Metal ve Maden Sanayi	• Demir ve çelik Endüstrisi (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd) • Metal İşletmeciliği (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd, Hg, Pb, As) • Metallerin Eritilmesi (As, Cd, Hg, Pb, Sb, Se)
4. Tarım	• Sulama (Cd, Pb, Zn) • Kimyasal ve Hayvansal Gübreler (As, Cd, Cu, Mn, Zn, U, V) • Kireçler(As, Pb) • Metal Aşınması (Fe, Pb, Zn)
5. Atıklar	• Lağım(Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, V, Pb, Zn) • Kazma ve Delmeler (As, Cd, Fe, Pb) • Küller (Cu, Pb)

İncelediğimiz ağır metallerin genel özellikleri, kaynakları ve canlılara olan etkileri her bir metal için, aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.

II.1.1. Kadmiyum (Cd) ve Biyolojik Önemi

Kadmiyum, atom numarası 48, atom ağırlığı 112.41 g/mol, yoğunluğu 8.7 g/cm³ olan bir geçiş elementi olup, doğada tek başına bulunmamaktadır. Başlıca Cd tuzları CdS, CdCl₂ ve CdSO₂'tır. Cd ve bileşikleri oldukça zehirlidir. Hemen hemen bütün çinko filizlerinde bulunduğu için çinko elde ederken yan ürün olarak kadmiyum da elde edilir (Kahvecioğlu ve ark., 2001; Anonim, 2007b; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Gümüş renginde, yumuşak işlenebilir bir metaldir. Havada kadmiyum oksite dönüşür (Kahvecioğlu ve ark., 2001). Nükleer santrallerde nötron absorblayıcı olarak kullanılan Cd, stabilizatör olarak ta plastik yapımında kullanılır. Ayrıca uçak sanayinde, insektisit formülasyonunda da kullanılır (Baş ve Demet, 1992).

Ni-Cd pillerinde, düşük erime noktalı alaşımlarda, yarı iletken olarak televizyon tüplerinde, stabilizatör olarak PVC'lerde, korozyona dayanıklı olduğu için gemi sanayiinde çeliklerin kaplanmasında, boya sanayiinde, deterjanlarda, rafine petrol türevlerinde, fosfatlı gübre ve pestisitlerde kullanılmaktadır (Anonim, 2000; Kahvecioğlu ve ark., 2001; Burtis ve Ashwood, 2002).

Kadmiyumun diğer bir antropojenik kaynağı, metal işlenen ocaklar ve metal eritme işlemleridir. Cd madeni enderdir, fakat özellikle Zn, Pb ve Cu madeni mineralleri ile birlikte bulunur (Punshon ve ark. 2004). Kadmiyum fosfat içeren gübreler ve atık sularla ziraat yapılan topraklara direkt olarak karışmaktadır. Atık sular da topraktaki kadmiyumun önemli bir kaynağıdır.

İnsan yaşamını etkileyen önemli kadmiyum kaynakları; sigara dumanı, rafine edilmiş yiyecekler, su boruları, kahve ve çay tüketimi, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, bitkilerde kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır (Kahvecioğlu ve ark., 2001).

Kadmiyum, canlı metabolizması için gerekli bir element değildir. Yeni doğmuş bebeklerde hiç kadmiyum bulunmaz. Kurşun ve civadan farklı olarak plasenta ve kan yoluyla anne karnından bebeğe geçmez. Normal olarak insan vücudunda 40 mg'a kadar kadmiyum bulunabilmekte ve günde 40 mg'a kadar kadmiyum vücuttan atılabilmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2001).

Biyolojik yarılanma ömrü uzun olan Cd, çok düşük maruziyetlerde dahi başta karaciğer olmak üzere bir çok dokuda birikir (Dirican, 1990). Kadmiyum, önce kan yoluyla karaciğere taşınır. Burada proteinlere bağlanarak böbreklere gider,

böbreklerin filtrasyon özelliğine zarar verir. Kadmiyumun galvanize mutfak kaplarından gıdalara bulaşması, şiddetli bağırsak bozukluklarına neden olur (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Epidemiyolojik çalışmalar, kadmiyum oksit toz ve buharına maruz kalan işçilerde, solunum yolu kanserlerinin arttığını göstermektedir. Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi'nin (IARC-International Agency for Research on Cancer) sınıflandırmasında Grup I (insanda karsinojenik etkili elementler)'de bulunmaktadır (Waalkes, 2003).

Cd ağır metaller arasında en mobil elementlerden biridir. Bu nedenle biyolojik olarak kullanılabilirliği de yüksektir (Hunter ve ark., 1987).

Japonya'da kadmiyum içeriği yüksek atık sularla sulanan pirinç tarlalarından üretilen pirinci yiyen kişilerde "itai-itai" diye bilinen böbrek ve kemik hastalığı ortaya çıkmıştır (Kobayashi, 1978).

Kadmiyum zehirlenmesi; kemik erimesi, kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku alma duyusunun yitilmesi gibi rahatsızlıklara neden olabilir. Merkezi sinir sisteminde ve bağışıklık sisteminde hasarlara da neden olmaktadır (Anonim, 2000; Kahvecioğlu ve ark., 2001).

Kadmiyum ve çinko, yerkürede bir arada bulunurlar. Kadmiyum, önemli enzim ve organ fonksiyonlarında çinkonun yerini alarak, bu fonksiyonların gerekli şekilde gerçekleşmesini engellemektedir. Kadmiyum, diğer ağır metaller içinde, suda çözünme özelliği en yüksek element olduğu için, doğada yayılma hızı yüksektir. Kadmiyumun toksik dozlarında bitkide ortaya çıkan klorozis (bitkinin klorofil yapamayarak renginin sararması) ve nekrozis (bitki dokusunun hasar görmesi) çinko tatbiki ile belirgin olarak azalmaktadır (Aravind ve Prasad, 2005).

Kadmiyum, topraktaki yoğunluğu farketmeksizin tütünde (*Nicotiana*) biriktirilir. Tütünün kadmiyum içeriği değişebilir. Fakat, 1 g kuru ağırlıkta genel olarak 1-2 µg olarak bulunmuştur; bu da sigara başına 0.5–1 µg Cd'a karşılık gelir. Tütünün yanması ile kadmiyumoksit (CdO) oluşur ve bu madde biyolojik olarak yüksek oranda aktiftir. Akciğerlere çekilen kadmiyumoksitin yaklaşık % 10'u akciğerlerde, diğer % 30–40'ı ise kanda birikir. Sigara içenlerin, sigara içmeyenlere göre kandaki Cd seviyesi 4-5 kat, böbrekteki Cd seviyesi ise 2–3 kat daha yüksektir (Satarug ve Moore, 2004).

Tütünün 0.5–3 µg/g kadmiyum içerdiği dikkate alınırsa, günde 20 sigara içen bir kişinin 1-6 µg/g konsantrasyonunda kadmiyumu bünyesine alacağı bir gerçektir.

Sigara içen kadınlarda, kanda düşük Fe seviyesi ile Cd fazlalığı arasında bir korelasyon tespit edilmiştir (Satarug ve ark., 2004). Düşük kan Fe seviyeleri gösteren kadınlarda, yüksek Cd absorpsiyonu olduğu gözlenmiştir. Böylece vücuda yeterli Fe alımının, Cd absorpsiyonunu azaltabileceği düşünülmektedir (Olsson ve ark., 2002).

50 ppm Cd konsantrasyonu içeren kum kültüründe, yedi hafta süre ile takip edilen *Ailanthus altissima* fidelerinde, hafif klorozis, yaprakların kuru ağırlıklarında % 40 azalma gözlenmiştir (Bayçu ve Önal, 1993). Kadmiyum etkisiyle, bitkilerde fotosentez, büyümenin yavaşlaması, kök uçlarının kahverengileşmesi gibi belirtiler görülebilmektedir.

Normalde, kadmiyum iyonları kökte tutunur, çok az miktarı gövdeye geçer. Genellikle, bitkide kadmiyum içeriği kök>gövde>yaprak>meyve>tohum şeklindedir. Kadmiyumun, bitkinin üst kısımlarına geçmesine rağmen meyvede görülmediği belirlenmiştir (Benavides ve ark., 2005).

İstanbul'da son yıllarda yapılan ağaçlandırma ve yeşillendirme faaliyetlerinin, kurşunsuz benzin kullanımının ve endüstri faaliyetlerinin şehir merkezinden uzağa taşınmasının İstanbul'da ağır metal yükünün azalmasına yardımcı olduğu görülmektedir. Havada ve karada görülen ağır metal azalımının, deniz ortamında aynı oranda olmadığı görüşündeyiz. İstanbul'un uluslararası deniz trafiği yollarından biri olması da özellikle ağır metal salınımını arttırmaktadır. Deniz ürünleri de besin zincirine giren gıdalar arasında olduğu için, konuya hassasiyetle yaklaşmak gerekmektedir.

İstanbul Boğazının Avrupa ve Asya yakalarında 2003 ve 2004'te toplanan midye örnekleriyle yapılan bir araştırmada, Avrupa yakasındaki büyük boy midyelerin kurşun konsantrasyonları ve kadmiyum konsantrasyonları araştırılmıştır. İstatistiksel olarak Avrupa yakası değerleri Asya yakası değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Midyelerde çıkan Pb ve Cd konsantrasyonları Türkiye yasal standartlarından yüksek değerlerde çıkmıştır. İstanbul Boğazı'ndan çıkarılan *Mytilus galloprovincialis* midyesindeki Pb ve Cd konsantrasyonlarının çok yüksek çıkması bunları tüketen insanlar için risk teşkil etmektedir (Kayhan ve ark., 2007).

Cd konsantrasyonlarına maruz bırakılan *Quercus robur* L. subsp. *robur* (saplı meşe, *Fagaceae*-kayingiller) ve *Acer negundo* L. (isfendan, *Aceraceae*-akçağaçgiller) tohumları Cd akümüasyonu, klorofil miktarını negatif olarak etkilemiştir ve genelde peroksidaz (POD) aktivitesinde bir artış gözlemlenmiştir (Özden ve Bayçu 2004).

Topraktan bitkiye geçiş oranı çok yüksek olan ve toprakta oldukça hareketli olan kadmiyumun çok düşük konsantrasyonlarda bile, özellikle çinko noksanlığında, bitkiler tarafından kolaylıkla alınması ve bitkinin yenilen kısımlarında birikmesi, bu metalin evre sağlığı açısından büyük tehlike potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Kleli ve Kantar, 2006).

II.1.2. Krom (Cr) ve Biyolojik nemi

Krom, atom numarası 24, atom ağırlığı 51.996 g/mol olan bir geçiş elementidir. Yoğunluğu 7.19 g/cm³tr. Gümüş gibi parlak, mavimsi beyaz, kolay kırılan sert bir maden olan krom, havaya karşı çok dayanıklıdır. Bu özelliğinden dolayı, paslanma olasılığı yüksek olan madenlerin çoğu ince bir krom tabakası ile kaplanır (kromlama) (Anonim, 2007e; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Krom, metalurjide sert, dayanıklı alaşımların imalinde ve kimya sanayiinde kullanılır. Kromun; demir, nikel, kobalt, volfram ve molibden ile alaşımları vardır. Demir ile olan ferro-krom alaşımına “elik” denir. Zırh, uçak sanayii, atal, kaşık, bıçak yapımında kullanılan elik, korozyona, oksidasyona ve bir çok kimyasal maddenin etkisine dayanıklıdır. % 10’dan fazla krom içeren çeliklere “paslanmaz elik” denir. % 18 Cr ve % 8 Ni içeren alaşımlar en çok kullanılan paslanmaz çeliklerdir. Krom, kaplamacılıkta kullanılır. Otomobil tamponu ve kapı kolu gibi parçalar, kromla kaplıdır. Elektrik rezistansları da nikel-krom çeliklerinden yapılır. Yakutun kırmızı rengi, zümrütün yeşil rengi ve diğer birçok minerallerin renkleri hep çeşitli kromoksitlerden kaynaklanmaktadır (Anonim, 2006d).

Ülkemizde; Elazığ, Muğla, Bursa, Eskişehir, Erzurum, Erzincan ve Antakya’da zengin krom yatakları bulunmaktadır.

Krom eksikliği, kurşun toksisitesini arttırırken, vücutta aşırı miktarda biriken Cr⁺⁶ farklı kanser tiplerinin oluşumuna neden olur. Düşük seviyede kroma maruz kalındığında, böbrek ve karaciğerde hasar oluşabilmektedir. Kan dolaşımı ve sinir dokularını da tahrip eden krom, sulu ortamlarda birikir. Yüksek dozda kroma maruz kalan sularda yaşayan balıkları yemek tehlikeli olabilmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 1997).

Cr⁺⁶ tuzları, karsinogenik özellik gösterdiği için içme sularının krom kirliliğinden korunması gerekmektedir. Krom tuzları, endüstriyel proseslerde, özellikle metalik kaplamalarda, boyalarda, patlayıcı madde, kağıt ve seramik

endüstrisinde, tekstil boyalarında ve fotoğrafçılıkta kullanılır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Krom, doğada “kromit” şeklinde bulunur. Cr^{+3} ve Cr^{+6} bileşikleri, deride alerjiye yol açabilir. Solunumla alınan krom tozları, farenjit ve bronşite neden olur. Cr^{+6} ya devamlı maruz kalındığında, işçilerde burun bölmesinin delindiği görülmüştür. Almanlar, 1936 yılında krom tozuna maruz kalan işçilerde akciğer kanserinin oluştuğunu tespit etmişlerdir (Boşgelmez ve ark., 2000).

Krom, vücutta insülin hareketini sağlayarak, karbohidrat su ve protein metabolizmasını etkiler (Kahvecioğlu ve ark., 2001). Glikoz ve yağ metabolizmasında ve aminoasitlerin kullanımında gerekli bir element olan krom, insan metabolizmasında şeker hastalığı ve ateroskleroz (damar sertliği) hastalığından korunmak için gereklidir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Yapılan araştırmalara göre, diyetlere ilave edilen krom ile, arterlerdeki kolesterol birikintileri yok edilebilmektedir. Krom eksikliği kilo kaybı ya da fazla kilo alımına, periferik sinir hastalığına, şeker hastalığına benzer belirtilere yol açmaktadır. Konsantrasyon bozukluğu ve sinirlilik hali yaratır. Şeker tolerans bozukluğu ve damar sertliği riskinde artış görülmektedir. Fazla krom minerali almak krom zehirlenmesine sebep olacağından, bilinçli ve ölçülü bir şekilde alınması gerekir. Özellikle şeker hastalarının hekime danışmadan krom hapı, krom kapsülü gibi krom desteği almaları sakıncalıdır.

Kandaki şekeri hücrelere transfer eden ve kemiklere faydası olan krom; yerfıstığı, yumurta sarısı, peynir, üzüm suyu, maya ve ıstiridyede bulunur (Anonim, 2006d). Ayrıca, et, tavuk, buğday, yulaf, pirinç ve patates de krom minerali bakımından zengindir.

Bitki metabolizmasında esansiyel rol oynadığına dair yeterli bir kanıt bulunmamakla birlikte, kromun düşük seviyelerde bitkiye pozitif etkisinin olduğu düşünülmektedir. Krom toksisitesi, bitki kök yaralanmalarına, genç yapraklarda ise klorozise yol açar (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001).

Özetle, canlı metabolizmasında önemli fonksiyonu olan krom, daha çok Cr^{+3} formunda bulunur. Endüstriyel faaliyetlerde ise Cr^{+6} bileşikleri aktif olarak hayatımızda yer almaktadır.

II.1.3. Bakır (Cu) ve Biyolojik Önemi

Bakır, atom numarası 29, atom ağırlığı ise 63.546 g/mol olan bir geçiş elementidir. Yoğunluğu 8.96 g/cm³, sertliği ise 2.5–3'tür (Boşgelmez ve ark., 2001; Burtis ve Ashwood, 2002; Anonim, 2007c; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Dünyanın bir çok yerinde bulunması nedeniyle, geniş ölçüde üretiminin yapılabilmesi, elektriği diğer bütün metaller içinde gümüşten sonra en iyi ileten metal olması ve endüstriyel önemi yüksek, pirinç (çinkoyla yaptığı alaşım), bronz (çinko ve demir dışı metallerle yaptığı alaşım) gibi alaşımlar yapması, iyi ısı iletkeni olması, aşınmaya ve korozyona direnci, çekilebilme ve dövülebilme özelliklerine sahip olması, bakırın endüstri ve çeşitli alanlarda kullanımda tercih edilmesini sağlamıştır (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Anonim, 2001a; Boşgelmez ve ark., 2001; Kartal ve ark., 2004; Anonim 2006b).

Bakır; otomotivde, basınçlı sistemlerde, boru ve vana imalatında, elektrik santralleri, elektrik ve elektronik uygulamalarında kullanılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Kıbrıs'ın adı da zengin bakır yataklarından dolayı bu elementten gelmektedir (Lat.:Cuprus).

Bakır, canlılar için mutlak gerekli bir elementtir. Doğaya, maden atıkları, boya, ahşap koruyucular, tesisatlar ve pestisidler gibi yollarla karışmaktadır. Volkanik patlamalar ve yerdeki tozun havalanması gibi doğal nedenlerle de havaya yayılmaktadır. İşlenmiş ahşap ürünler, yüksek oranda bakır içermektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

İnsanlarda bakır; amino asitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez ögesidir. Bir çok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmede aktivatör görev üstlenir. Bakır, karaciğerde depolanan önemli minerallerden biridir. Vücut dokusunun yeniden oluşması için gerekli enzimlerin hayati komponentidir. Hemoglobine bağlı demirin korunması ve C vitamininin kullanımı için gereklidir. Beyin, sinirler ve bağ dokusu için de bakır alınması önemlidir (Anonim 2006b). Yetişkinlerin, günde 2.0 mg bakıra ihtiyaç duyduğu tahmin edilmektedir. Vücutta fazla miktarda alınırsa, mukoza iltihaplanması, damar hastalıkları, karaciğer ve böbrek hastalıkları ve depresyonla seyreden merkezi sinir sistemi irritasyonları görülebilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

En çok karaciğer, böbrek, mide, akciğer, bağırsak, kalp, beyin ve adrenal bezde birikim yapar. Bakırın kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Yine Çevre Koruma Ajansı'na (EPA- Environmental Protection Agency) göre bakır, içme sularında 1.3 mg/l'den fazla olmamalıdır. Uzun süreli temaslarda baş ve mide ağrıları, kusma ve ishale birlikte ağız, burun ve gözlerde tahrişlere de neden olur (Anonim, 2003b).

Bakır, küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken, büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri, fungusit, antibakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır. Örneğin "bordo-bulamacı" olarak bilinen % 1-20 CuSO₂ içeren kireç sütü karışımı, üzüm ziraatinde fungusit olarak kullanılmaktadır. Hastanelerde kapı kolları ve elle sıkça temas edilen bölgeler, bakır alaşımlarından imal edilen malzemelerden yapılır. Böylece malzemenin antiseptik özelliğinden yararlanılarak mikropların yayılması engellenir (Boşgelmez ve ark., 2001; Kartal ve ark., 2004). Kronik bakır zehirlenmesi, "Wilson Hastalığına" neden olmaktadır ve karaciğer sirozu, beyin hasarı, böbrek hastalığı ile karakterize edilmektedir.

Bakır eksikliği, insanda büyümede gecikme, solunum sisteminde enfeksiyon, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi rahatsızlıklara neden olur.

Bakır, bitki bünyesinde hareketli bir element değildir. Cu⁺² ve bakır şelat şeklinde bitkiye alınırlar. Bitkide oksidaz enzim aktivasyonunda, bazı proteinlerin yapısında, karbohidrat metabolizmasında etkili rol oynar. Fotosentez reaksiyonlarında yer alan bakırın bitkideki eksikliğinde, gelişme zayıflığı, yapraklarda klorozis ve solma görülür (Boşgelmez ve ark., 2001).

Bakır miktarının azlığı, bitkide stres, fazlalığı ise klorozis, nekrozis, büyüme inhibisyonu gibi bazı olumsuz etkilere neden olur (Marschner, 1995). Bakır; fotosentetik elektron taşıma, mitokondrial solunum, oksidatif strese karşı tepki reaksiyonları, hücre çeperi metabolizması ve hormon sinyal mekanizmalarında yer alır. Bitki büyümesinin devamlılığı için gerekli olan bakır, bitkiye fazla alımlarda, oksidatif tahribata neden olmaktadır. Bunun yanında Cu iyonları, bir çok enzimin kofaktörü olarak ta işlev görür.

Toksik seviyelerde; köklerde büyüme baskılanması, yan kök oluşumunda azalma, koyu renkli benekler oluşması ve kök kütikulasında kalınlaşmalar görülür. Ayrıca bitkinin kök dokularında daha fazla birikme eğiliminde olan bakırın, gövdeye iletimi çok daha azdır (Kartal ve ark., 2004).

Bakır bitki beslenmesi için eser miktarlarda gerekmede ve daha yüksek konsantrasyonları, hücrelere toksik etki yapmaktadır (Clemens, 2001).

İçme sularının depo ve kazanlarının, alglerden ve diğer parazitlerden arındırılmasında ve gıda teknolojisinde bakır bileşiklerinden yararlanılır. Bağlarda ve meyve ağaçlarındaki mantar hastalıklarına karşı, fungusit olarak bakır bileşikleri kullanılır (Dökmeci, 1994).

II.1.4. Demir (Fe) ve Biyolojik Önemi

Demir, atom numarası 26, atom ağırlığı 55.85 g/mol olan bir geçiş elementidir. Yoğunluğu 7.8 g/cm³'tür. Yerkabuğunda en çok bulunan metal olan demir, litosferin % 5'ini oluşturmaktadır (Anonim, 2007f; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Demir, toprak ve kayaların yapısında oksit ve hidroksit bileşikleri şeklinde bulunur. Demirin mobilitesinde ve toprağa karışmasında antropojenik faktörler önemli rol oynar. Havada patiküller halinde bulunan demir tozları, karasal olup endüstriyel kaynaklıdır (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Çelik sanayi, otomotiv sektörü ve boya endüstrisinde kullanılan demir ve bileşikleri, inşaatlarda beton, kiriş ve yüzeylerin güçlendirilmesinde de kullanılmasının yanında, bilgisayarların manyetik depolama ünitelerinde de kullanılmaktadır (Taylor ve ark., 1988).

Demir, kaya ve toprakta genellikle biyolojik sistemler için kullanışlı olmayan ferrik formda bulunur. Besinlerle vücuda alınan üç değerlikli ferri demir bileşikleri, iki değerlikli ferro demir bileşiklerine dönüşerek emilir. Fe⁺² iyonları okside olma özelliğinden dolayı vücutta oksijen tutma eğilimindedir (Anonim, 2007f).

Organizmada demir, başlıca hemoglobin, miyoglobin ve sitokromlar olmak üzere çeşitli dokulara dağılmış halde bulunur. Hemoglobin, kana kırmızı rengini veren ve oksijen taşımada görevli alyuvarların yapısında bulunan porfirin türevlerinden bir proteindir. Miyoglobin ise, kırmızı kaslarda yoğun olarak bulunan ve kaslarda oksijen tutulmasını sağlayan bir proteindir. Transferrin ise plazmada ilgili dokulara demir taşınmasında görevli bir proteindir (Yılmaz, 1984).

En önemli demir kaynakları, et, karaciğer, yumurta, böbrek, pekmez, kuru meyve ve yeşil sebzelerdir. Vücutta başlıca demir depo edilen yerler, karaciğer, dalak, bağırsak mukozası ve kemik iliğidir. Ayrıca böbrek, kalp, iskelet kasları ve

beyinde de depo edilir. Depo moleküllerinin en önemli şekli ise ferritindir. Ferritin şeklinde depolanan demire “depo demir” adı verilir (Yılmaz, 1984). Tahılların mayalandırılarak kullanılması, fitatları (fitat: tahıl, baklagil ve yağlı tohumlarda fosforun ana depo formu olan fitik asit tuzu) azalttığı için, demirin kullanımını artırır. Buna karşın yemekle içilen çay, demirin emilimini azaltır. Demir bakımından kuru fasulye, mercimek ve bezelye gibi baklagillerde zengindir. Süt ise, demir bakımından çok fakirdir. Bu nedenle bebek doğarken, büyük bir demir deposu ile birlikte dünyaya gelir (Yılmaz, 1984; Anonim, 2004; Anonim, 2007f).

Demir emiliminin derecelerini, organizmanın demir gereksinimi belirler. Vücutta demir depoları boşaldığında, alyuvar oluşumu arttığında ve anemi durumunda, demir emilimi artar. Demir, ince bağırsaktan emildikten sonra hızla kana geçer. Plazmadaki transferrin ile, vücudun gereksinim duyulan bölgesine taşınır. Plazmada bulunan transferrinin taşıyabileceği en fazla demir miktarına “demir bağlama kapasitesi” denir (Yılmaz, 1984).

İçerdikleri oksalat nedeniyle ıspanak, kara lahana gibi bir çok sebzenin yapısında bulunan demirin vücuda faydası az olmaktadır. Midedeki asit salgısı, C vitamini varlığı, proteince zengin gıdalar da emilimi artırır. Buna karşın, antiasit ilaç kullanımı, et ve içeceklerde fosfat ve kalsiyum varlığı, tahıllardaki fitat maddesi, yeşil yapraklı sebzelerde oksalat bulunması, çay ve kahve kullanımı demir emilimini azaltan faktörlerdir. Çocuklarda “pika” denilen ve toprak, kömür, duvar sıvası gibi maddelerin yenmesi olarak görülen hastalık, demir eksikliğinin sonucu olabilir.

Organizmada demir, çok ekonomik bir şekilde kullanılır. Dışarı atılması oldukça sınırlı olduğundan, demir yetersizliği yavaş yavaş gelişir. Besinlerle alınan ve ince bağırsaktan emilen demir yetersiz olduğunda, gebelik, laktasyon, doğum, menstruasyon, kronik enfeksiyonlar ve kanama gibi durumlarda, demir yetersizliği oluşur ve demir gereksinimi artar. Kadınların demir gereksinimi, erkeklerden fazladır (Yılmaz, 1984; Anonim, 2004).

Demir eksikliğine dayalı kansızlıkta, halsizlik ve renk solukluğu görülmektedir. İleri boyutlarda demir eksikliği özellikle çocukların zeka gelişimini etkileyebileceği tespit edilmiştir. Demir eksikliği, kişide bağışıklık sisteminin zayıflaması, kalp atışı ve solunum hızında yükselme gibi sorunlara neden olur. Çocuklardaki demir eksikliği de büyüme sürecinin yavaşlamasına neden olmaktadır.

Demir eksikliği saç dökülmesi ile de ilişkilendirilmiştir. Cilt rahatsızlığıyla demir eksikliği arasında anlamlı bir ilişki olduğu da gözlenmiştir (Afridi ve ark., 2006).

Yüksek düzeylerdeki demir ise karaciğerde siroza, pankreasta fibroze yol açmakta, şeker hastalığına ve kalp rahatsızlıklarına neden olabilmektedir.

Toprakta çözünebilir demir miktarı oldukça düşüktür. Demir miktarı, toprağın pH değeri düştükçe (asiditesi arttıkça) fazlalaşır. Demir toprakta şelatla oluşturduğu organik komplekslerle bitkiye fayda sağlar (Boşgelmez ve ark, 2001).

Toprak genellikle demir açısından zengin olmasına karşın, uygun olmayan toprak şartlarında bitkiler demirden faydalanamazlar. Bitkiler toprakta demiri daha çok Fe^{+2} iyonları şeklinde alırlar. Demir bitkiye, Fe^{+3} veya Fe-şelat şeklinde alınsa bile bitki bünyesinde aktif olan Fe^{+2} iyonlarına indirgenmelidir. Toprak pH'ı yüksek iken demir bileşikleri Fe^{+2} ve Fe^{+3} formlarına indirgenemez. Bitkide ihtiyacın ötesinde Fe^{+3} iyonları olsa bile bitki bünyesinde inaktif olduğu için demir eksikliği görülebilir. Bitkide demir alımını bakır (Cu^{+2}), çinko (Zn^{+2}) ve Fe-şelat kompleksleri olumsuz etkilemektedir (Boşgelmez ve ark., 2001; Kabata-Pendias ve Pendias, 2001).

Topraktaki kirecin çözünmesinde CO_2 'in önemli etkisi vardır. Havasız koşullar CO_2 oluşumuna neden olur ve dolaylı olarak demir eksikliğiyle sonuçlanır. Kent ortamlarında toprağın basılarak sıkışması, uzun süreli sulama, aşırı yağışlar, yüksek taban suyu da demir alımını engelleyen faktörlerdir. Toprakta kalsiyum ve fosfor konsantrasyonu da demir alımına engel olur. Demir bileşikleri toprağa kıvılcak-kahverengi bir renk katar.

Bitki metabolizması için, demirin önemi büyüktür. Enerji üretimi için gereken reaksiyonlar ve hücrelerin diğer yaşamsal faaliyetlerinin gerçekleşmesinde, büyük rolü vardır. Demir, bitkilerdeki katalaz, peroksidaz ve sitokrom oksidaz gibi enzimleri aktive eder. Böylece bir çok biyokimyasal reaksiyonun katalizlenmesinde önemli rol oynar. Demir, klorofilin yapısında bulunmamakla birlikte, bitkinin klorofil içeriğinde etkilidir. Fotosentetik elektron transferinde, protein ve nükleik asit metabolizmasında da yer alır (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Boşgelmez ve ark., 2001; Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Demir eksikliğinde, bitkide sitrat ve malat birikir. Bitki dokularında aminoasit ve nitrat birikimi de görülmektedir. Nitrat birikimi, bitkinin enerji metabolizmasının bozulduğunun göstergesidir. Topraktaki alınabilir demir miktarının

azlığı, kireç miktarının fazlalığı ve bitki köklerinin indirgeme kapasitesinin düşüklüğü de bitkilerde demir eksikliğine neden olur. Ağır metallere mangan (Mn)'ın demire oranı yüksekse, bitkide demirin enzim aktivitesindeki rolü engellenmiş olur (Boşgelmez ve ark., 2001; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Demir eksikliği belirtileri bazen magnezyum eksikliği ile karıştırılır. Mg noksanlığında bitkideki sararma yaşlı yapraklarda görülürken, demirde ise genç ve tepe noktalarındaki yapraklarda sararma belirtilerine rastlanır. Meyve ağaçlarında Fe noksanlığı bazı dallarda görülüp, bazılarında görülmeyebilir. Yaprak analizleri demir noksanlığının tanınmasında yeterli değildir. Çünkü bazen klorozisli yaprağın demir içeriği sağlam olandan daha yüksek olabilir. Bunun nedeni demirin bütün formlarının bitkiye yararlı olmamasından kaynaklanmaktadır. Demir çözeltisi yapraklara püskürtüldüğünde klorozis kaybolur veya hafiflerse bitkide Fe eksikliği olduğu anlaşılır.

II.1.5. Nikel (Ni) ve Biyolojik Önemi

Nikel, atom ağırlığı 58.69 g/mol ve atom numarası 28 olan gümüş renkli bir geçiş elementidir. (Anonim, 2007g; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007) .

Nikel bileşiklerinin büyük çoğunluğu korozyon ve ısı direncinin yüksek sertlik ve dayanıklılığının iyi olması nedeniyle paslanmaz çelik, bakır-nikel gibi alaşım üretiminde kullanılır. Saf nikel, alkali pil, madeni para, kaynak ürünleri, mıknatıs, elektrik fişi, makine parçaları ve tıbbi protezlerde kullanılmaktadır (Kartal ve ark., 2004).

Nikel yakıt yanmasıyla, madencilik ve kentsel atıkların küllleştirilmesi ile atmosfere yayılmaktadır. Lağım karışmış toprakta ve sigarada da nikel bulunmaktadır. Nikel içerikli takı kullanımında deride etkileşim ve tahriş görülmektedir. Nikel bileşiklerinin kanserojen ve deride alerjik etkisi olduğu gibi, solunum sistemini etkileme özelliği vardır (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Kartal ve ark., 2004).

Nikel alerjisi, erkeklere oranla kadınlarda daha sık görülür. Bu da, özellikle kulakta açılan deliklerden, piercing ve deride takılar için açılan deliklerden ve derinin kıymetli madenlerle temasta olmasından kaynaklanmaktadır. Nikel bu şekilde deriye/kana nüfuz ederek hassasiyete neden olabilir. Nikel alerjisi, ellerde egzamanın

ortaya çıkmasına da sebep olur. Bu, kapı kolu, musluk (paslanmaz çelikler hariç) ve bozuk para gibi nikel içeren birçok madde ile temas edilmesinden dolayıdır.

Mücevher taklitleri, metal kaplı mutfak aletleri, parlak kapı kolları, fermuar, toka, örgü şişleri, gözlük çerçeveleri, düğme ve paralar nikel içerir. Beyaz altın, platin ve ithal sarı altın ve gümüşlerde nikel bulunabilir. Çamaşır suyu, saç boyaları ve bazı gıda maddelerinde de nikel bulunmaktadır. Çikolata, bezelye, mercimek, ceviz, ayçiçeği çekirdeği bol miktarda nikel içermektedir. Bu tür yiyecekler, nikel alerjili kişilerde egzamanın daha da kötüleşmesine neden olabilir. Su muslukları, tas ve leğenlerin çoğu nikel vermeyen paslanmaz çelikten üretilmektedir.

Bitkide düşük demir ve yüksek nikel içeriği, klorozis ve nekrozise yol açar (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

IARC tarafından nikel bileşikleri grup 1 (insanlar için kanserojenik yeterli kanıt) ve nikel grup 2B (insanlar için kanserojenik olabilir) olarak sınıflandırılmıştır. (Anonim, 2007g).

Nikel, yüksek bitkilerde üreaz ve hidrogenaz gibi önemli enzimlerin yapısında yer alır. Nitrojen metabolizması için gereksinim duyulan bir metaldir. Nikel, topraktan ve besin solüsyonundan bitki tarafından kolayca absorbe edilebilir. Nikelin yüksek konsantrasyonları bitkinin büyüme ile gelişmesinde toksik etki yapar.

Kara bitkilerinden yaklaşık 400 takson, çeşitli ağır metallerin hiperakümülatörü olarak belirlenmiştir. Bunların 300'ü Ni hiperakümülatörüdür (Baker ve Brooks 1989).

Nikel-bakır rafinelerinde çalışanlar arasında, nikel maruz kalan kişilerin, sağlıklı insanlara göre burun ve akciğer kanserine yakalanma riski daha fazladır. Nikel karbonille zehirlenmede baş ağrısı, baş dönmesi, kusma, göğüste sıkışma, öksürük, soğuk ter, bilinç kaybı gibi semptomlar görülür (Boşgelmez ve ark., 2000).

II.1.6. Kurşun (Pb) ve Biyolojik Önemi

Kurşun, atom numarası 82, atom ağırlığı 207.2 g/mol ve yoğunluğu 11.34 g/cm³ olan bir elementtir (Boşgelmez ve ark., 2001). Erime derecesi 327 °C olan kurşun, yumuşak bir metaldir. Rengi mavimsi-beyaz ve parlak olmasına rağmen, atmosferde yüzeyi karbonatla kaplanarak kararır. Kurşun, doğada bulunan PbS (galen) ve PbCO₃ (seruzit) filizlerinin işlenmesi ile elde edilir. PbO, Pb₃O₄, PbO₃ ise

başlıca kurşun oksitleridir (Burtis ve Ashwood, 2002; Dünder ve Aslan, 2005; Anonim 2006a; Anonim 2007d; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Kurşun, geçmişten günümüze çok yoğun bir şekilde kullanılmış bir madendir. Babil’de inşa edilmiş köprülerin demir kenetleri kurşunla tutturulmuştur. Roma’da su boruları kurşundan yapılmıştır (Boşgelmez ve ark., 2001).

Saf veya alaşım halindeki kurşun aşınmaya dayanıklı olduğu için, kaplama malzemesi ve boru şeklinde kullanılır. Boyacılıkta, demiri nemden korumak için, astar boya olarak kullanılır. Tetraetil kurşun ve tetrametil kurşun, patlamayı önlemek amacıyla benzine katılır. Kurşun antimon ile yapılan alaşımla sertliği arttırılarak matbaa harfleri ve akümülatör plaka yapımında kullanılır. Biblo, oyuncak yapımında, seramik, porselen ve kristal eşya yapımında kullanılır. Kurşun oksit ve kurşun sülfür makyaj malzemeleri yapımında da kullanılır (Boşgelmez ve ark., 2001).

Değişik fiziksel ve kimyasal kombinasyonlarıyla kurşun; yumuşak olması, işlenme kolaylığı, yüksek özgül ağırlığı ve yüksek kaynama noktası, düşük erime noktası, aşınmaya karşı direnci, enerji absorpsiyonu ve kısa dalgaboylu ışınları geçirmeme özelliklerinden dolayı, sanayide birçok alanda kullanılmaktadır. (Gündüz, 1994; Anonim, 2001a).

Zehirlenme yaptığı gerekçesiyle, 1900’lü yılların başında, Fransa ve Belçika’da iç mekanlarda kurşunlu boya kullanımı yasaklanmıştır. Byers ve Lord, 1943 yılında, ilk defa kronik kurşun etkileşiminin nörotoksik etkilerini tanımlamışlardır. Günümüzde kurşun kirliliği, kutup bölgelerine kadar yayılmıştır. 1940 yılında kutuplarda buz numunelerinde kurşuna rastlanmamışken, günümüzde buzlarda 0.02 mg/kg düzeyinde kurşuna rastlanmıştır. (WHO, 1995; Wigle, 2003; Anonim 2006c).

Pb, organizmada biyokimyasal ve fizyolojik görevi olmayan toksik bir metaldir. Atmosfere metal veya bileşik olarak yayılan ve her durumda toksik özellik taşıyan en önemli ağır metal olan kurşun WHO’ya göre 2. sınıf kanserojen bir metaldir (Anonim, 2003b).

Çevreyi kirleten en önemli kurşun kaynağı ise, hava ile taşınan kurşundur. Tetrametil ve tetraetil kurşun, motorlarda vuruntuyu önlemek için benzine katılmaktadır. Atmosferdeki kurşunun yaklaşık olarak % 80-90’ı, yakıtlara katkı maddesi olarak ilave edilen alkil-kurşunun yanması sonucunda meydana gelmektedir (Karademir ve Toker, 1998; Kahvecioğlu ve ark., 2001). Son yıllarda, ülkemizde ve gelişmiş ülkelerde kurşunsuz benzin kullanımı artmıştır.

Kurşun temelli endüstriyel faaliyetler (akümülatör, seramik, porselen, renkli televizyon tüplerinin yapımı, muhtelif silah ve araç gereç imalatı için alaşım olarak kullanılması, kurşun bazlı duvar ve oto boya ları üretimi gibi bir çok endüstri kolu) atmosferdeki kurşun kirliliğinin ana kaynaklarındandır (Gündüz, 1994; Yeşilyurt ve Akcan, 2001; Anonim, 2001a; Anonim, 2001b).

Kurşun, hem solunum yolu ile hem de kurşunla kirlenmiş toprak aracılığıyla gıda ve su ile vücuda girebilir. Vücutta kurşun birikimi ile; iştahsızlık, karın ağrıları, kabızlık gibi gastrointestinal; IQ skorlarında azalma, duyu ve motor sinir iletim hızında yavaşlama, saldırgan ve antisosyal davranışlar, zeka geriliği, hafıza kaybı, öğrenme sorunları gibi nörolojik; yüksek tansiyon, hemoglobin biyosentezinde aksama gibi hematolojik anomaliler ortaya çıkmaktadır. Kurşunla teması olanlarda aşırı iskelet zedelenmesi, kemik tümörleri, osteoporoz gibi bozukluklar ve birçok renal problem de görülmektedir (Anonim, 1995; Yeşilyurt ve Akcan, 2001; Özmert, 2005).

Kurşunun karsinogenik etkileri, IARC tarafından 2B grubuna alınmıştır. Deney hayvanlarında kanserojen (renal karsinomalar) olduğu halde, insanlar için henüz yeterli delil yoktur. Memeli sistemlerin testinde, bazı kromozomal hatalar görülmüştür (Dirican, 1990).

Kurşun radyasyonu en az geçiren metal olması nedeniyle, bu ışınlardan korunmada, renkli televizyon tüplerinin yapımında ve mühimmat imâlinde de kullanılmaktadır. Kemiklerin haricinde; kıl, saç folikülleri, periferik sinir sistemi, çizgili kaslar, karaciğer, böbrek, tırnak gibi çeşitli organ ve yapılarda birikir. Kurşunun “hem” sentezinde görev alan enzimleri inhibe etmesine bağlı olarak anemi ortaya çıkmaktadır. Absorbe olan kurşunun letal dozu 0.5 gr kadardır. Solunan havadaki maksimum kurşun konsantrasyonu 0.15 mg/m³, gıda maddelerindeki maksimum konsantrasyon 256 mg/kg’dır. Baş ağrısı, bağırsak rahatsızlığı, kabızlık, sinirlilik, halsizlik, çabuk yorulma, uyku bozuklukları, bulantı ve kusma kurşun intoksikasyon göstergelerindendir (Yeşilleyen, 1996).

Kurşunun topraktan çıkarılması ve bileşiklerin elde edilmesi sırasında vücuda toz, duman ve buharın ortama yayılması halinde, solunum, ağız ve cilt yoluyla girer. Sindirim yoluyla organizmaya giren kurşun idrarla atılır. Vücuda solunumla giren kurşun, üst solunum yolundan emilir. Dolaşım sistemine karışan kurşunun % 90’ından fazlası eritrositlerle (alyuvarlarla), değişik organ ve dokulara taşınır. Benzine katılan organik kurşun bileşiklerinin deri yoluyla da absorpsiyonu söz

konusudur. Vücuda giren kurşunun az bir miktarının; dışkı, tırnak, saç ve diş kaybı gibi yollarla atıldığı bilinmektedir (Bertan ve Güler, 1995).

1972 yılında, Ulusal Bilimler Akademisi (National Academy of Science), havaya yayılan kurşunun çocuklar için zararlı olmadığını bildirmesine rağmen, 1975 yılında El Paso’da (Texas), bir kurşun eritme tesisine yakın yaşayan çocuklarda kan kurşun düzeyleri en az 40 µg/dl bulunmuş ve ciddi IQ düşüklüğü saptanmıştır (Özmert, 2005).

Tabiatla kurşun biriktiren bitkilerde, topraktaki ve bitkideki Pb konsantrasyonları arasında bir korelasyon olduğu için, bu bitkiler ekosistem sağlığı için indikatör olarak kullanılabilirler (Aksoy ve Öztürk, 1997).

Motorlu araç egzozlarından çıkan gazlar, yol çevresindeki topraklarda kurşun kirlenmesine yol açtıklarından, yola 2 km ve daha yakın bitkilerin, bu elementten zarar gördükleri gözlenmiştir. Yoğun trafik akışının olduğu bir yol kenarında yoldan 50–100 m uzakta bulunan toprak yüzeyinde kurşun biriktiği tespit edilmiştir (Gündüz, 1994).

II.1.7. Çinko (Zn) ve Biyolojik Önemi

Çinko, atom ağırlığı 65.39 g/mol ve atom numarası 30 olan gümüş renkli bir geçiş elementidir. Çinko, mavimsi açık gri renkte, kırılgan bir metaldir. Kimyasal yönden aktif olduğu ve diğer metallerle kolay alaşım yapabildiği için, endüstride birçok alaşım ve bileşiğin üretiminde kullanılmaktadır (Anonim, 2001b; Boşgelmez ve ark, 2001; Burtis ve Ashwood, 2002; Anonim, 2008b; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007) .

Düşük ergime sıcaklığına sahip olduğundan, kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak da kullanılmaktadır. “Çinko beyazı” veya “Çin beyazı” olarak bilinen çinko oksit (ZnO), boya olarak kullanılır (Boşgelmez ve ark, 2001; Kartal ve ark., 2004).

Çinko bileşiklerinden çinko sülfat (ZnSO₄), dezenfektan madde olarak kullanılır. Zayıf bakterisit ve fungusit etki gösteren bileşiğin % 0.1-1’lik çözeltisi, göz; %4-5’lik çözeltisi cilt antiseptiği olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, kibrit yapımında, kauçuk, merhem ve kozmetiklerin yapımında, plastik, sabun, baskı mürekkebi, ilaç, floresan ışık ve kuru pil üretiminde, metal para yapımında, otomotiv

endüstrisinde, pirinç, nikelli gümüş, lehim vb. alaşımların elde edilmesinde tıpta ve ağaç eşyaların korunmasında kullanılır (Boşgelmez ve ark, 2001).

Biyolojik yönden ise; gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbohidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi ya da degradasyon gibi çeşitli metabolik işlemler için gereklidir (Anonim, 2007a). Çinko, kan harici dokularda ve vücut sıvılarında rastlanan en yaygın metal iyonudur (Kartal ve ark., 2004). Büyüme ve gelişmede, bağışıklık sisteminde, nörolojik fonksiyonlarda ve hücrelerin çoğalmasında önemli role sahiptir. Hücrelerin uyarılmasında, hormonların salgılanmasında ve sinir uyarılarının iletilmesinde rol oynamaktadır.

Aşırı çinko alımında; iştah ve bağışıklık sistemi aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi, kolesterolün yükselmesi, uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, böbrek yetmezliği, karın ağrısı, bulantı ve kusma gibi sorunlar da meydana gelmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2001; Burtis ve Ashwood, 2002; Anonim, 2003a; Kartal ve ark., 2004).

Yapılan çalışmalarda, çinkonun kadmiyumla birlikte bulunduğu gözlenmiştir. Kadmiyum, toksik; çinko ise mutlak gerekli bir metaldir. Son yıllarda, çinkonun, kadmiyumun toksik özelliğini azaltıcı etkilerde bulunması ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır (McKenna ve ark., 1993; Kartal ve ark., 2004).

Her ikisi de kimyasal bakımdan II B grubu elementi olan çinko ve kadmiyumun, birçok fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirlerine benzemektedir. Çinko ve kadmiyum, maden yataklarında genelde birlikte bulunurlar ve birbirleri ile çeşitli ligandlarla reaksiyon hususunda rekabet içindedirler. Son yıllarda bitkilerin toprakta ve kültür ortamlarında çinko ve kadmiyum karışımlarına gösterdikleri tepkileri inceleyen birçok çalışma yapılmıştır (Smilde ve ark. 1992; McKenna ve ark., 1993; Badora, 2002; Aravind ve Prasad, 2005). Kadmiyumun, çinkonun antimetaboliti olduğu, Cd verilmiş sistemlerdeki Zn eksikliği ile gösterilmektedir (Hinesly ve ark., 1984; Peraza ve ark., 1998; Aravind ve Prasad, 2005).

Enzim aktivitelerinin ağır metal iyonlarınca engellenmesi olayında, iki mekanizma dikkat çekmektedir: Birincisi metalin sülfhidril (-SH) gruplarına bağlanması böylece enzimin katalitik faaliyetlerini veya yapısal entegrasyonunu etkilemesi, ikincisi ise enzim proteininin gerekli bir metalinin toksik metal ile yer değiştirmesidir (van Assche ve Clijsters, 1990). Çinkonun, oksidatif işlemleri

geciktirme özelliği vardır. Özellikle zar proteininin –SH gruplarına bağlanmakta ve fosfolipidler ile proteinleri tiol oksidasyonundan ve disülfid formasyonu oluşmasından korumaktadır. Bu da enzimlerin, zar proteinlerinin ve aynı zamanda lipid strüktürlerinin, net bir şekilde stabilitesi ile sonuçlanmaktadır. Böylece kadmiyumun meydana getirdiği sülfhidril oksidasyonu ve yapısal hasara karşı koruma sağlanmaktadır (Powell, 2000).

Bitkilerde çinko ve kadmiyum arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır. Kadmiyumun; fotosistem II'nin çevresindeki lipid yapısını, özellikle ışık toplayıcı klorofil a ve klorofil b protein kompleksini de etkilediği gözlenmiştir (Prasad, 1995). Bu da bazı serbest yağ asitlerinin, özellikle tam doymamış yağ asitlerinin ortamda ortaya çıkmasına (Peters ve Chin 2003) ve lipid hidroperoksitlerin üretimi ile fotosentez mekanizmasının zayıflamasına neden olmaktadır.

Çinko, sisteme Cd girişini kontrol altına alarak, kadmiyumun çinko ile yer değiştirmesi ile oksijen üreten merkezlerin bütünlüğü sağlanmaktadır. Böylece, düzenli bir elektron akışını mümkün kılarak, aktif işleyen bir fotosistem I ve fotosistem II ile birlikte tam bir fotofosforilasyon prosedürü sağlamaktadır. Kadmiyuma maruz kalan bitkilerde, klorofil ve karotinoid seviyelerinin önemli oranda düştüğü gözlemlenmiştir. Diğer yandan, kadmiyum verilen bitkilere çinko da verildiğinde, klorofil seviyesinin korunduğu ve klorofil seviyelerinin tekrar restore edildiği belirtilmektedir (Aravind ve Prasad 2005).

Epilepsi hastalarında, saç ve kan değerlerinde kontrol gruplarına göre, Zn değeri daha düşüktür (Ulvi ve ark., 2002).

Çinko, insan vücudunda saç, tırnak, karaciğer, böbrek, beyin ve akciğer gibi bir çok organda birikmektedir (Gerhardson ve ark., 2002).

Yetişkin bir insan vücudunda, ortalama 1,8 g çinko bulunmaktadır. Erkeklerde en yüksek Zn konsantrasyonu prostat organında bulunmaktadır (Al-Nasser ve Hashern, 1998). Çinko, protein ve hücre zarlarının yapısında önemli rol oynamaktadır. Bu metal, yaklaşık olarak 300 kadar proteinin yapısında yer almaktadır. Yaklaşık olarak, günde 10–15 mg çinko, vücuda besin yoluyla alınmaktadır. Bunun yanında, DNA sentezi, hücre bölünmesi ve protein sentezi işlevlerine de katılmaktadır (Prasad, 1995).

Kimyasal bileşikler, antropojenik etkiyle, hava, su ve toprağa dağılmaktadır. Çevreye yayılan ve artan ağır metal konsantrasyonlarının, yaşayan organizmalara zarar verdiği düşünülmektedir (Krejdo ve ark, 1999).

Çinko, immün ve endokrin sistemlerinde, gen ekspresyonu ve protein sentezinde önemli bir elementtir. Çinko eksikliği, Down sendromunda sekonder olarak rol oynadığı gibi, enfeksiyon ve tiroid bezi işlev bozukluğu gibi bazı patolojik bulgulara kritik rol oynayabilmektedir (Yenigün ve ark., 2004). Alkalın fosfataz ve karbonik anhidraz gibi birçok enzimin yapısına katılır (Kargın ve ark., 2004).

İlerlemiş HIV enfeksiyonunun çinko eksikliğiyle birlikte gösterdiği bildirilmiştir. Kronik çinko eksikliğinde saç büyümesi de bozulur (Tüzün ve Arzuhal, 2004).

Çinko, insan vücudunda 200'den fazla enzim ve birçok hormonun sentezinde rol alır. Nükleik asit metabolizmasında, hücre yapımında, doku rejenerasyonunda önemli rol oynamaktadır. Süperoksit dismutaz (SOD) enziminin yapısında bulunmaktadır. Birçok epidemiyolojik çalışmada, çinko eksikliği kanser olma riskiyle ilişkilendirilmektedir. Bu esansiyel element, normal hücre büyümesi ve gelişmesinde de önemli rol oynamaktadır. Anormal hücre bölünmelerine engel olmada etkilidir. Çinko, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesinde, dolayısıyla da enfeksiyonlardan korumada etkilidir. Stres, travma ve çeşitli tümörlerin varlığında, plazmada Zn eksikliği dikkat çekmektedir (Prasad, 1995; Memon ve ark., 2007).

Çinko, yukarıda açıklanan etkilerin yanı sıra, iştah, tat alma ve koku duyularını güçlendirir. Üreme sağlığını, özellikle erkeklerde sperm üretimini olumlu yönde etkiler (Torrejón ve ark., 2004). Yaraların iyileşmesinde, davranış ve öğrenme performansının artışında, cilt sağlığında, tırnak ve saçların güçlenmesinde de çinkonun etkisi vardır (Prasad, 1995).

Topraklarımızda görülen çinko yetersizliği, bitkisel üretimimizin azalmasına neden olmaktadır. Çinkonun organizma yapısındaki etkin rolünden dolayı da, eksikliğinde insan ve hayvan sağlığının olumsuz etkilenmesi sözkonusudur. 1990'lı yıllardan itibaren, ülkemiz topraklarında özellikle de Orta Anadolu'da çinko noksanlığıyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eskişehir Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü (ATAE) ve Konya Bahri Dağdaş Milletlerarası Kışlık Hububat Araştırma Merkezi (BD. MİKHAM) tarafından ortaklaşa yürütülen çalışmalar NATO tarafından Science for Stability (SFS) projesiyle de desteklenmektedir. Çinko içerikli gübrelerin kullanılarak çinko eksikliği giderilmeye çalışılmaktadır (Çakmak ve ark., 1999).

Bitki metabolizmasında ise; çinko eksikliğinde yaprak damarları arasında klorozis ortaya çıkar. Meyve ağaçlarında yaprak oluşumu olumsuz etkilenir ve

sürgünler ölür, tomurcuklar azalır. Çinko eksikliğinde asma yaprakları küçük kalırken, ceviz ağaçlarının yaprakları sararır. Çinko eksikliğine her bitkinin duyarlılığı farklı olmaktadır. Meyve ağaçları özellikle turuncgillerde çinko eksikliği sık görülmektedir. Mısır, soya, pamuk, fasulye, patates ve soğan çinko eksikliğine duyarlıdır. *Poaceae* familyasına mensup olan bitkiler, çinko eksikliğine toleranslı bitkilerdir. Fosforlu gübreler de çinko eksikliğine neden olmaktadır. Toprakta, çinko konsantrasyonu fazla olduğu zaman bitkide kök gelişimi azalır, fosfor ve demir alımı azalır (Boşgelmez ve ark., 2001).

Çinko bitki bünyesinde bazı enzimlerin aktivasyonunu sağlar. Fotosentezde suyun parçalama reaksiyonunu katalizleyen karbonik anhidraz enzimi spesifik olarak, Zn^{+2} tarafından aktive edilir. Çinko içeren RNA polimeraz enzimi çinko eksikliğinde inaktif olur ve RNA sentezi geriler. Bitkide azot metabolizmasında da etkili olan çinko, eksikliğinde protein sentezi azalır ve amino asit birikimi görülür. Aynı zamanda çinko, nişasta oluşumu, oksin aktivitesi ve tohum olgunlaşmasında da etkilidir (Boşgelmez ve ark., 2001).

Ceratophyllum demersum L. (*Ceratophyllaceae*) bitkisinde yapılan çalışmalarda çinkonun, kadmiyum toksisitesine karşı antagonist rol oynadığı açıkça görülmektedir. Artan konsantrasyonlarda kadmiyum tatbik edilen bitkilerde, kadmiyum akümülyasyonunun %26 azaldığı görülmüştür. Örneğin, çinko eklenen bitkiler kadmiyuma tabi tutulduğunda klorofil düzeyi korunmakta ve hatta artış göstermektedir (Aravind ve Prasad 2005). Kadmiyumun birikimi ile ortaya çıkan serbest radikallerin –Süperoksit(O_2^-) Hidroksil(OH^-) ve Hidrojenperoksit(H_2O_2)-neden olduğu oksidatif stres çinko yardımıyla önlenmektedir (Çakmak, 2000).

II.2. AĞIR METAL KİRLİLİĞİNDE BİTKİLERİN BİOMONİTOR OLARAK KULLANIMI

Esansiyel olsun ya da olmasın atmosferde, toprakta ve suda aşırı miktarda biriken elementler organizmalarda ciddi problemlere yol açabilirler. Metal-bitki ilişkisini bilmek, çevre güvenliği için önemli olduğu gibi, eser elementlerin besin zincirine katılması riskini azaltacaktır (Benavides ve ark., 2005).

Biomonitor veya biyoindikatör bitkilerden önce fitoremediasyon terimi ve tekniklerinden kısaca bahsetmekte fayda olacağı düşüncesindeyiz. Latince “remedium”, çare, ilaç anlamına gelmektedir. “Fitoremediasyon”, çeşitli nedenlerle kontamine olmuş topraklardaki atıklara çare olarak bitkilerin kullanılmasıdır

(Cunningham ve Ow, 1996). Fitoremediasyon, toprağı konvansiyonel temizleme metodları olan kazma ve taşımaya göre 1000 defaya kadar daha ucuza mal olabilmektedir (Memon ve ark. 2001). Fitoremediasyon dört farklı bitkisel bazlı teknolojiyi içermektedir ve her biri metal kirliliğı olan toprağın, sedimentin veya suyun temizlenebilmesi mekanizmalarını sergilemektedir. Bunlar rizofiltrasyon, fitostabilizasyon, fitovolatilizasyon ve fitoekstraksiyon olarak sıralanmaktadır (Dushenkov ve Kapulnik, 2000; Memon ve ark., 2001; Prasad ve Freitas, 2003).

Rizofiltrasyon, su ortamlı çevre koşullarında metalin ortadan kaldırılmasını esas almaktadır. Bu yöntem bitkilerin hidroponik ortamda yetiştirilmesi ve bunların daha sonra metal kirliliğı görülen sulara getirilmesi ve bu ortamda bitkilerin metalleri kök ve gövdelerine absorbe etmeleri olayını içerir (Dushenkov ve ark., 1995; Salt ve ark. 1995; Zhu ve ark. 1999). Metal kirleticilerle doygun hale geldiklerinde kökler veya bütün bitki yerinden sökölür (Zhu ve ark. 1999).

Fitostabilizasyon, bitki temelli bir temizleme tekniğıdir. Atıkları stabilize eder. Rüzgar ve su erozyonu ile atıkların yayılmalarının önüne geçer. Su kontrolünü de sağladığından kirleticilerin yer altı sularına karışmalarını önler. Fiziksel ve kimyasal bakımlardan kirleticileri, kökler vasıtasıyla ve kimyasal fiksasyon yoluyla immobil hale getirir (Cunningham ve ark 1995; Salt ve ark 1995). Fitostabilizasyonun hedefi metal kirleticileri yerlerinden uzaklaştırmak değil, bunların insan sağlığı ve çevre için olan riskini azaltmaktır (Aravind ve Prasad 2005).

Fitovolatilizasyon, volatil yani uçucu özellikleri olan As, Hg ve Se gibi metal kirleticiler, gaz halinde çevrede bulunabilirler. Son yıllarda araştırmacılar, doğal olarak bulunabilen veya genetik olarak modifiye edilmiş metalleri elementel formları ile topraktan absorbe edebilen, bunları gaz haline dönüştürebilen ve atmosfere bırakan bitkileri araştırmışlardır. Bu yöntem fitovolatilizasyon olarak adlandırılmaktadır. Diğer remediasyon tekniklerinin aksine, kirleticiler uçucu bir şekilde temizlendikten sonra, bunların diğer bölgelere gidişleri üzerinde bir kontrol mekanizması yoktur (Prasad ve Freitas 2003).

Fitoekstraksiyon, topraktan metal kirleticilerin arındırılmalarını kolaylaştırmak için, bitkilerin kullanıldığı en yaygın fitoremediasyon tekniğıdir (Kumar ve ark 1995; Prasad ve Freitas 2003). Pratikte, metal biriktiren bitkiler metal kirliliğı gözlenen topraklara dikilir ve burada bilinen tarım metodları ile yetiştirilir. Büyüyen bitkilerin kökleri metal elementleri topraktan absorbe ederler ve bunları

topraküstü kısımlarına iletip biriktirirler (Huang ve Cunningham 1996). Bitki büyümesi ve metal akümülayonu yeterince olduktan sonra, bitkilerin toprak üstü kısımları biçilir ve uzaklaştırılır. Böylece bölgenin metallere arındırılması kalıcı bir şekilde gerçekleşmiş olur (Prasad ve Freitas 2003).

Bilim adamları, hava kalitesini ölçmek için farklı analiz cihazlarını kullanmanın yanı sıra, biomonitor özellikleri taşıyan canlı organizmaları da kullanmaktadırlar. Analiz cihazları o bölgedeki anlık hava kalitesi ile ilgili bilgi verdiği için, biomonitor canlı kullanılması o bölgenin hava kalitesi hakkında daha uzun bir süreçte bilgi alınması bakımından önemlidir.

Bakteriler, maya ve alg türleri, mantarlar, likenler, ağaç kabukları, yaprakları, dalları gibi bitki materyalleri, yıllardır metal kirliliğinin birikmesinin ve dağılımının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Barnes ve ark., 1976; Sağlam ve Cihangir, 1995).

Son on yılda, ilkel bitkiler ve özellikle de yosunlar ve likenler, ağaç kabukları, yaş halkaları ve yüksek yapılı bitkilerin yaprakları, kentsel kirlilikte monitör bitki olarak kullanılırlar (Aksoy ve Şahin, 1999; Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu, 2005; Temmerman ve ark., 2005). Yüksek yapılı bitkilerin ise tek yıllık olanlarından ziyade, çok yıllık ve herdem yeşil kalanları tercih edilmektedir. Böylece kirliliğin yıllık veya kısa dönemdeki değişimleri hakkında bilgi edinilebilmektedir. (Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu, 2005). Otsu bitkiler, yavaş büyümeleri ile metal temizlemede sınırlı potansiyeli olan “hiperakümülatör bitkiler” olarak adlandırılırlar (Cunningham ve ark., 1995). Ağaç ve otsu olmayan diğer bitkilerin gerek biomonitor (Aksoy ve Öztürk 1997; Aksoy ve Şahin 1999; Aksoy ve ark., 2000; Bayçu ve ark., 2006; Kovács ve ark., 1981; Djingova ve Kuleff, 1993; Markert, 1993) gerekse fitoremediasyon için kullanımının uygunluğu yapılan bir çok çalışmayla ortaya konmaktadır (Özden ve Bayçu, 2004).

Belli bitki türleri, özel kirleticilere karşı çok duyarlıdırlar ve bunlara spesifik cevap verirler. Bitkiler, ayrıca hava kirleticileri için bioakümülatif olarak kullanılır. Bu bitki dokularının analizleriyle, kirleticilerin çevredeki konsantrasyonları bulunabilir (Baker ve Brooks, 1989; Elik ve Akçay, 2000).

Yaprak yüzeyindeki partikül depolanmasında partikül hacmi ve kütlesi, rüzgar hızı, yaprak tipi, yüzey özellikleri ve hacmi, havanın nem düzeyi gibi faktörler etkilidir (Bache ve ark., 1991). Ağır metal kirliliği; çimlenmeyi, gövde ve kök büyümesini, yaprak oluşumunu, çiçeklenmeyi, bitki büyüme hızını, fotosentezi, terlemeyi ve minerel beslenmeyi olumsuz etkilemektedir.

Uzun vadede hava kirliliğinin tesbitinde ağaç kabuklarının kullanımı uygundur. Ağaç kabukları, hem atmosfer hem de kök ve gövde iletim yolu ile hava kirlleticilerine maruz kalır. Kirletici elementlerin emisyon kaynaklarından yayıldıktan sonra, toprakların üst katmanlarında ve bitkilerin yaprak ve ağaç kabuk yüzeylerinde biriktikleri saptanmıştır. Bu nedenle analizlerden önce bitkisel materyalin yıkanması önerilmektedir. Yapılan araştırmalarda, yıkanmamış örneklerde daha fazla kirletici element tespit edilmiştir (Kuik ve Wolterbeek, 1994). Bizim çalışmamızda da yıkanmış ve yıkanmamış yapraklar arasındaki ağır metal miktarında gözle görülür farklılıklar dikkat çekmektedir. Geniş yapraklı ağaç türleri metal kontaminasyonuna daha duyarlıdır.

Fitoekstraksiyon için kullanılan bitkinin aranan diğer karakteristik özellikleri; toprak pH'ı, tuzluluk derecesi, toprak strüktürü, su miktarı gibi edafik (toprak) faktörlerde görülebilmesi, olası olumsuz toprak şartlarını tolere edebilmesi, yoğun bir kök sistemine sahip olması, bununla birlikte yetiştirilmesi ve bakımının kolay, ayrıca hastalık, parazit gibi problemlerinin az olmasıdır. Bazı bitkiler fitoekstraksiyon için uygun olmalarına rağmen, adı geçen şartları sağlayan bir bitki bilinmemektedir. Bu şartları yerine getirebilen bir bitkinin bulunabilmesi için, bitki yetiştirme ve genetik mühendisliği alanlarında çalışmalar yapılmaktadır (Aravind ve Prasad 2005). Genelde taşıt trafiğinin yoğun olduğu yerler; endüstri bölgeleri, nüfusun çok yoğun olduğu ve çarpık yapılaşmanın olduğu mekanlar, kirliliğin daha çok görüldüğü yerlerdir. Bundan dolayı bilinçli ağaçlandırma çalışmaları ile, çevrenin hem toksik maddelerden arındırılmaları sağlanabilir hem de görüntü kirliliği önlenir.

Biomonitor olayının bir fitoremediasyon prosedürü olduğu, fitoremediasyon prosedürleri içinde fitoekstraksiyonla benzerlik gösterdiği fakat biomonitörün yalnızca bitkilerin biyoindikatör olarak kullanılması olduğu anlaşılmaktadır.

II.3. *CERCIS SILIQUASTRUM* L. SUBSP. *SILIQUASTRUM* (ERGUVAN) (*FABACEAE/LEGUMINOSAE*)

Aşağıda öncelikle çalışmamızın objesi olan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* bitkisi ve familyası (*Fabaceae / Leguminosae*) ile ilgili bilgiler verilmiştir.

II.3.1. *Fabaceae* / *Leguminosae* Familyasının Genel Özellikleri

Tek veya çok yıllık otsular; ağaç veya çalılar. Yaprakları genellikle alternat dizilişli, daima stipüllü, pinnat, bipinnat, digitat, trifoliat veya basit. Çiçekler aktinomorfik veya zigomorfik, hipogin veya bazen perigin, daima hermafrodit ve rasemoz, spika veya umbel veya soliter. Sepaller (4-) 5, çiftler olan sepallerin dışındaki sepal, daima öndedir. Petaller (1-) 5, tomurcukta kenarları ile birbirine değik veya kiremitsi, serbest veya nadiren kısmen birbirine doğru yönelmiş. Stamenler 4 – veya daha fazla, daima 10, bir bütün halde tüp şeklinde (monadelfus), veya üstteki serbest olan stamenle beraber (diadelfus), veya hepsi serbest. Ovarium 1 karpelli, superior, marginal plasentalanma gösterir. Meyve bir legümen veya lomentum. Bazen *Arachis*'te (yer fıstığı) olduğu gibi açılmayan toprak altı meyveleri vardır. Tohumlar 1- veya daha çok sayıda (Davis ve ark., 1970).

Kozmopolit özellik gösteren bu familya, özellikle tropik ve ılıman bölgelerde dağılım göstermektedir. Yeryüzünde 700 cinse ait 17.000 tür ihtiva eder. Bu familya, bazı otörlere göre *Mimosoideae*, *Ceasalpinioideae* ve *Papilionoideae* olmak üzere üç ayrı familya olarak da incelenir.

Familyaya ait bazı cinslerin bir özelliği köklerinde bakteri içeren yumrucukların (nodül) bulunmasıdır. Bu bakteriler atmosferdeki azotu tutar, azot bileşiklerine çevirir ve bitkinin havadaki serbest azottan yararlanmasını sağlar. Bu özelliklerinden dolayı, bu bitkiler nisbeten verimsiz topraklarda da kolaylıkla yetişebilirler.

Familyanın bir çok türleri ekonomik ve tıbbi değer taşır. Birçok tür insan ve hayvanlar için besin kaynağı olarak kullanılır. Ayrıca bazı cins ve türler, süs bitkisi olarak park ve bahçelerde yetiştirilir. Bazı cinslerin meyveleri sebze olarak kullanılır (Çırpıcı ve Şafak, 2005).

Bazı türleri boya maddesi eldesinde kullanılırken, bazı türleri de kerestecilikte kullanılmaktadır (Seçmen ve ark., 2004).

II.3.2. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (Erguvan)'un Genel Özellikleri

2-10 m.'ye kadar boylan, yaprak döken çalılar veya küçük ağaçlar. Yapraklar basit, suborbicular, cordat ve petiollü. Yaprak laminası 7-12 cm. çapında, petioller 2-4 cm'dir. Çiçekler hemen hemen vaktinden evvel gelişen, pembe renkli, yaşlı odunsu sürgünler üzerinde saplı halde bulunur ve yaklaşık bir demette 10 kadardır. Kaliks pembemsi renkte olup yaklaşık 5 mm.'dir. Ayrıca, 5 eşit dişlidir ve

her bir diş yaklaşık 1mm.'dir. Geniş bir şekilde campanulat; Korolla 15-20 mm. olup, parlak pembemsi-mor renginde, pseudo-papilionaceous; üstteki 3 petal, alttaki 2 petalden daha kısadır. Stamenler 10 ve serbesttir. Meyva linear-oblong, yandan basılmış legüm şeklindedir. Legüm 6–10 x 1.5–2 cm, ventral kısım üzerinde dar bir şekilde dikişli, kahverenginde, 6–15 tohumludur. Nisan – Mayıs aylarında çiçeklenir. Maki ve yaprak döken ormanlarda, deniz seviyesi ile 1370 m. yükseklikler arasında yayılış göstermektedir (Davis ve ark., 1970).

Dünyada ilk olarak İspanya ve İtalya'da tanımlanan bu takson, ülkemizde özellikle Batı Anadolu'da ve Adalar'da dağılım gösterir. Özellikle İstanbul, Kocaeli, Bursa, Zonguldak, Amasya, Balıkesir, Muğla, Antalya, Adana ve Rodos Adası'nda dağılım göstermektedir. Dünyada ise başlıca, Orta ve Güney Avrupa'da, Suriye'nin batı kesimleri dağılım gösterdikleri yerlerdir (Davis ve ark., 1970).

Cercis siliquastrum L. subsp. *siliquastrum*' un sistematik durumu Tablo II.4.'te verilmiştir.

Tablo II.4 *Cercis siliquastrum* L. subsp. *Siliquastrum*'un Sınıflandırılması (Davis ve ark., 1970)

Divisio.....	Spermatophyta (Tohumlu Bitkiler)
Subdivisio.....	Angiospermae (Kapalı Tohumlu Bitkiler)
Klassis.....	Magnoliopsida (Dicotyledoneae)
Subklassis.....	Rosidae
Ordo.....	Fabales
Familya.....	<i>Fabaceae</i> / <i>Leguminosae</i> (Baklagiller)
Subfamilya.....	<i>Caesalpinioideae</i> (Syn: <i>Caesalpinaceae</i>)
Cins.....	<i>Cercis</i> L.
Tür.....	<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i> (Erguvan)

Erguvan üretimi, hem tohumla hem de kök sürgünlerini ayırmak suretiyle yapılabilir. Erguvanlar, doğadaki kuşların tohumları yiyerek, midelerinde öğütüp dışkıyla attıkları yerlerde de gelişebilmektedir. Dünyada *Cercis chinensis* (Çin erguvanı), *Cercis gigantea* (Dev erguvan), *Cercis griffithii* (Afgan erguvanı), *Cercis siliquastrum* (Akdeniz erguvanı), *Cercis canadensis* (Kuzey Amerika erguvanı), *Cercis mexicana* (Meksika erguvanı), *Cercis occidentalis* (Kaliforniya erguvanı),

Cercis reniformis (Oklahoma erguvanı), *Cercis texensis* (Teksas erguvanı) gibi bir çok farklı türleri bulunmaktadır (Anonim, 2009j).

Park ve bahçelerde tek, gruplar halinde, yol kenarlarında, caddelerde süs bitkisi olarak kullanılabilir. Avrupa ve Asya'nın bazı bölgelerinde doğallaşmıştır. Bazı kültür formları da bulunmaktadır. Yaprığında tanen bulunur, salatası yapılarak ishale karşı kullanılır, çiçekleri yenir (Yücel, 2005).

Cercis siliquastrum L. subsp. *siliquastrum*, ülkemizin doğal türü olduğundan fidanlıklarda en çok yetiştirilen *Cercis* (erguvan) türüdür. Erguvanlar başlangıçta yavaş büyürlerse de daha sonraları büyümeleri hızlanır. 5-10 cm uzunluktaki kalp şekilli yapraklar, üst kısımda mavi-yeşil, altlarda ise açık yeşildir (Çolak, 2004).

Erguvan meyveleri yaklaşık 9-10 santimetre boyunda ve fasulye görünümündedir. Olgunlaştıkça kahverengi olan bu meyvelerin içerisinde çok sayıda tohum bulunur. Meyveler kış boyunca bitkinin üzerinde kalabilir. Ilıman iklim bitkisidir. Akdeniz ikliminin görüldüğü ve karasal iklimin içinde yer alan korunaklı bölgelerde yetişir. Kuru, kumlu, taşlı, kireçli, balçıklı topraklarda yetişebilen erguvanlar sıcağa ve soğuğa karşı dayanıklıdır. Erguvanlar, Ege ve Akdeniz'de makiliklerde, Marmara ve Karadeniz kıyılarındaysa orman açıklıklarında ve denize bakan yamaçlarda yetişir. Tüm sahil bölgelerimize uyum sağlayabilirlerse de Karadeniz kıyılarında korunaklı, siper yerlerde yetiştirilmeleri uygun olur (Anonim, 2009k).

II.3.3. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (Erguvan)'un Peyzaj Özellikleri

Mitolojide erguvanın çiçeklerinin önceleri beyaz olduğu, ancak Hz. İsa'yı ele veren Yahuda'nın kendisini bu ağaca asmasından sonra, erguvanın çiçeklerinin kandan veya utançtan kırmızıya dönüştüğü belirtilir. Bu yüzden İngilizcede erguvan ağacına "Judas Tree" denir (Mataracı, 2004).

Gösterişli pembe, pembemsi mor çiçeklere sahip bir peyzaj bitkisidir. Zor bulunmakla birlikte beyaz renkli erguvan da vardır. Eski Yunanca kökenli bir sözcük olan *Cercis* "ağaç", Latince bir sözcük olan *siliquastrum* "kapsüllü meyve" veya "bakla şekilli meyve" anlamına gelmektedir. İngilizce'de "love tree" (aşk ağacı) veya "Mediterranean redbud" (Akdeniz kızıl-tomurcuğu), İspanyolca'da "Árbol del amor" (Aşk ağacı) olarak bilinen erguvan, Türkiye'nin bazı bölgelerinde "gelin ağacı" veya "gelincik ağacı" olarak ta anılmaktadır. Ayrıca bu cinsin en önemli özelliği yapraklanmadan önce çiçeklenmesidir (Anonim, 2009l).

Cercis siliquastrum L. subsp. *siliquastrum*, peyzaj uygulamalarında çamların, koyu renk yapraklı ağaçların arasında çok etkileyici durabilirler. Kışın dona karşı direnebilen bu bitki, hava kirliliğine de dayanabilir. Bu bakımdan yollara, parklara, şehir merkezindeki evlerin bahçelerine uygundur. Deniz kenarında da tuzdan etkilenmediği için sahil bahçelerine dikilmesi önerilir. Doğal bahçe sevenler için, bodur çalı şeklinde olanlarından düzensiz çit yapılabilir. Yaya yolları üzerinde gölge ağacı olarak ta kullanılır (Anonim, 2009j). Erguvan çiçeği mayhoş, ekşimsi tadıyla, salatalara hem görsel hem de lezzet açısından tad katmaktadır (Şekil II.1., Şekil II.2.).

Kent merkezlerine dikilmek üzere uygun ağaçlar seçilirken, tarihi dokuya uygun bitki ekilmesine de dikkat edilmelidir. Konu İstanbul ise, özellikle tarihi yarımada ve Boğaz'da mimari peyzaj kadar bitkisel peyzaja da kurallar konmalı ve tarihi bitki dokusu korunmalıdır. Şehrin tarihi ve mimarisiyle özdeşleşmiş bitkilerden biri de erguvandır (Anonim, 2009m). Erguvan, dünyada en bol ve en güzel şekilde İstanbul Boğaz sırtlarında bulunur.

Erguvan, İstanbul'da düzenlenen birçok etkinliğe konu olmuştur. Çevre ve Orman Bakanlığı, Milli Eğitim Bakanlığı ve İstanbul Valiliği Çevre Koruma Vakfı desteğiyle düzenlenen ve resim, fotoğraf, karikatür, afiş ve slogan bölümlerinden oluşan yarışma ile çevre bilincini artırmak amacıyla çevre dostu fikirler üretmek, İstanbul'u ve Türkiye'yi daha yaşanabilir kılmak hedeflenmektedir. 2009 yılında dördüncüsü düzenlenen yarışmayla, kent genelindeki ilköğretim ve orta öğretim kurumlarında öğrenim gören öğrencilere “Erguvan Çevre Ödülleri” verilmektedir (Anonim, 2009n).

İstanbul'da Aşiyan, Rumelihisarı, Fethipaşa Korusu, Kanlıca Mihrabat Parkı, Yıldız Parkı, Emirgan Korusu, Fenerbahçe Parkı, Dragos ve Adalar gibi mekanlar erguvanların yoğunlukta olduğu yerlerdir. Süheyl Ünver 1966 yılında İstanbul'da “erguvan etkinlikleri düzenleyelim” konulu yazısıyla bu bitkiye dikkat çekmiştir. Haluk Dursun “İstanbul'da Yaşamak Sanatı” adlı kitabında erguvanlardan bahsetmiştir. Günümüzde Erguvan İstanbul Derneğinin başkanı olan Hüseyin Emiroğlu'nun da katkılarıyla İstanbul'da erguvan etkinlikleri düzenlenmeye başlanmıştır (Emiroğlu, 2009).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Kültür A.Ş., Ağaç A.Ş. ve Erguvan İstanbul Derneği'nin katkılarıyla 2002 yılından beri erguvan şenlikleri yapılmaktadır. İBB Park ve Bahçeler Müdürlüğünün 2006 yılında başlattığı İstanbul'a 200 bin çiçek

açan aēa kazandırma projesi kapsamında diktiēi erguvanların da açmasıyla İstanbul'un ana arterleri, sahiller ve özellikle Boēazii, canlı ve renkli bir görünüm kazanmıştır. Bu baēlamda 2006 yılında 30 bin erguvan aēacı dikilmiş, Boēaz'da erguvan seyir turları düzenlenmiştir (Anonim, 2008a). 6 Mayıs 2006 tarihinde erguvan konulu bir de sergi açılmış, sergide erguvanla ilgili suluboya, ebru ve katı sanatı sergilenmiştir. 2009 yılında sekizincisi yapılacak olan etkinliklerle Erguvan zamanında geziler düzenlenerek erguvan turizmi canlı tutulmaya çalışılmaktadır.



şekil II.1. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (yaprak)



şekil II.2 *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (iek)

II.3.4. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Biomonitor Bitki Olarak Seçilmesinin Nedenleri

Biomonitor olarak kullanılacak türün sahip olması gereken başlıca özellikleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Markert, 1993; Aksoy ve Öztürk, 1997; Coşkun, 2003):

1. Toplama alanında bol olarak bulunmalıdır,
2. Geniş coğrafik alanda yayılış göstermelidir,
3. Örneklenmesi ve tanınması kolay olmalıdır,
4. Genetik kimliğinin varyasyonları olmamalıdır,
5. Yetiştirilmesi kolay olmalıdır,
6. Standart analiz metodlarına uygun olmalıdır,
7. Ağır metalleri ortamdan alıp biriktirebilmelidir,
8. Pestisit ve hastalıklara karşı kontrol problemleri olmamalıdır.

Bu özellikler çalışma bitkisi olarak seçtiğimiz *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'da bulunmaktadır. İstanbul'da özellikle boğaz sahil şeridinde doğal olarak bol miktarda bulunan bitkinin, endüstriyel kirletici kaynak ve anayol kenarlarında bulunmalarının yanı sıra, kontrol amaçlı olarak kirleticilerden uzak bölgelerde de bulunması (Adalar) ve peyzaj açısından da güzel olan bu bitkiyi çalışmamız için tercih etmemizde etkili olmuştur.

II.4. KONU İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ağır metal kirliliğinin, ekosistem üzerinde olumsuz etkilerinin fazlalığı ve çeşitliliği nedeniyle, trafikten ve endüstrileşmeden kaynaklanan kirliliklerle ilgili yapılan çalışmalar da artmıştır. Bu konuda farklı amaçlarla sayısız çalışma bulunmaktadır. Böylece antropojenik etki sonucu ortaya çıkan kirliliğin; hayvanlar, toprak ve bitkiler üzerindeki etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ayrıca kirlilikten etkilenen bitkilerin biomonitor (gösterge bitkisi) olarak kullanımlarına ve kirliliği izlemeye yönelik olarak yapılan çalışmalar bulunmaktadır (Aksoy ve Öztürk, 1997; Güler, 2006). Ağır metal kirliliği ile ilgili yapılan çalışmalarda, liken, karayosunu, çeşitli hayvan ve bitkiler kullanılmıştır. Konumuz gereği, özellikle yüksek yapılı bitkilerle ilgili yapılan bazı çalışmalar irdelenmiştir.

Ülkemizde konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalar kronolojik olarak aşağıda özetlenmiştir:

Türkan (1986), “İzmir İl Merkezi ve Çevre Yolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Pb, Zn ve Cd Kirlenmesinin Araştırılması” adlı çalışmada, İzmir ve çevre yolları kenarında yetişen farklı bitki türlerinde Pb, Zn ve Cd birikimleri incelenmiştir. Trafik yoğunluğundaki artışa bağlı olarak bitkilerdeki Pb, Cd ve Zn birikiminin de arttığı, yoldan uzaklaştıkça birikimin azaldığı belirlenmiştir. En yüksek birikimin olduğu türlerin tüylü yapraklı bitkiler olduğu gözlenmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesinde yetiştirilen çayda AAS yöntemi ile kurşun, kadmiyum ve civa gibi bazı toksik eser metallerin analizleri yapılmıştır. (Tüfekçi, 1989).

“Eskişehir’de Trafik Orjinli Ağır Metal Kirliliği” adlı çalışmada, Eskişehir’de farklı bölgelerdeki karakavak (*Populus nigra* subsp. *nigra*) yapraklarından yararlanarak Pb, Cd ve Zn gibi ağır metallerin etkileri izlenmiştir. Pb değerleri ile trafik yoğunlukları arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğu ve maksimum Pb değerinin istenilen değerden çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Bereket ve Yücel, 1990).

Ankara’nın bazı kavşaklarına ekilen İngiliz çimi (*Lolium* sp.), yumak otu (*Festuca* sp.) ve karahindiba (*Taraxacum* sp.) türlerindeki Pb birikimi araştırılmıştır. 1991 yılında yapılan bu çalışmayla en yüksek Pb birikimi *Gramineae* familyası üyesi bitki yapraklarında saptanmıştır. Bu türlerde, yağışla birlikte yapraklardaki Pb miktarının azaldığı, buna karşın köklerde artış olduğu belirlenmiştir. Karahindiba bitkisinde ise, yağış ile yapraklardaki kurşunun azalmadığı saptanmış; bu türün yapraklarının daha geniş ve tüylü olmasından dolayı kurşunu tutabildiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca belirli aralıklarla biçim işleminin köklerde olduğu gibi yapraklardaki Pb değerinin düzenli artışına izin vermediği belirtilmiştir. Çim türlerinin saçak köklü olması nedeniyle, kazık köklü karahindiba bitkisine oranla fazla Pb biriktirdiği ortaya konulmuştur (Karademir ve Toker, 1998).

Bingöl (1992), “Ankara Cadde Ağaçlarından *Aesculus hippocastanum* L.’da Pb Birikimi” adlı yüksek lisans çalışmasında, Ankara’da trafiğin çok yoğun olduğu caddelerde karşılıklı dikilmiş olan atkestanesinin yaprak, dal ve kabuk dokularındaki Pb birikiminin aylık periyotlarda değişimini izlemiştir. Bu çalışmayla bitki organlarındaki Pb birikiminin aydan aya farklılık gösterdiği, yapraklardaki birikimin

diğer organlara göre daha geniş yüzeyli ve atmosferle doğrudan gaz alışverişi yapabilmesi gibi nedenlerle en yüksek olduğu, bunu pürüzlü yüzeye sahip kabuk dokusunun takip ettiği ve en az birikimin dallarda olduğu tespit edilmiştir. 1994 yılının ekim, kasım ve aralık aylarında ise, Ankara’da cadde ağaçlarından *Sophora japonica* L.’nin dal ve kabuklarında Pb ve Ni miktarları ölçülmüştür. Trafik ışıklarının yakın olduğu kavşaklarda ve yağmurlu mevsimlerde ağır metal birikiminin daha yoğun olduğu gözlenmiştir (Bingöl ve ark., 2008).

1993 yılında, İstanbul E-5 Otoyolu kenarlarındaki on değişik yerde yetişen *Ailanthus altissima* bitkisinin yaprakları ve bitkilerin bulunduğu bölgedeki toprak örneklerinde Cd ve Pb miktarları Bayçu ve Önal tarafından incelenmiştir. *Ailanthus altissima* bitkisinin ağır metallere dayanıklı olduğu ve yol kenarlarına dikilebileceği tespit edilmiştir.

1992-1994 yılları arasında, Sivas kentinde antropojenik etki sonucu ortaya çıkan ağır metal kirliliği, kentin karakteristik özelliklerine sahip yedi istasyonunda yerel ve zamansal olarak izlenmiştir. *Pinus sylvestris* L. (*Pinaceae*) ve *Robinia pseudoacacia* L. (*Fabaceae*) sürgünlerinin üzerinde biriken ağır metaller (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Fe ve Al) ölçülerek incelenmiştir. Araştırmada trafik yoğunluğuyla Pb kirliliği; çimento fabrikası emisyonlarıyla da Fe ve Al kirliliği; endüstriyel emisyonlarla da Cd arasında bir paralellik olduğu tespit edilmiştir (Elik ve Akçay, 2000).

1995 yılında ise, Yücel ve arkadaşları Eskişehir’de Porsuk çayının farklı noktalarından toprak ve *Phragmites australis* ve *Sparganium erectum* yaprak örneklerini toplayarak, Cu, Pb, Zn ve Cd konsantrasyonları incelemişlerdir.

Ankara Etimesgut’ta yapılan bir çalışmada, yol boyunca toprak örnekleri alınmıştır. Yola dik olarak her 0, 10, 40 ve 500 m içerideki noktalardan ve 0-5 ve 5-15 cm toprak derinliklerinden örnekler alınarak, topraktaki Pb, Cd ve Cu miktarı değişimi araştırılmıştır. Çalışmalar sonunda; yoldan 0-2 m uzaklıkta ve 0-5 cm derinlikteki topraklarda Pb değerinin en yüksek olduğu, yolla mesafe arttıkça Pb miktarının önemli derecede azaldığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, her üç elementin kaynağının trafik olduğunu tespit etmişlerdir (Haktanır ve ark., 1995).

Ankara caddelerinde *Acer negundo* L. ve *Platanus orientalis* L. ile yapılan çalışmalarda da ağır metal birikiminin trafik kökenli olduğu gözlenmiştir (Önalan, 1995; Topa, 1995).

Kütahya’da Asya Serve Kavağı (*Populus usbekistanica* Kom. subsp *usbekistanica* cv. “Afghanica”) bitkisinin yapraklarında Pb, Cd ve Zn elementlerinin trafik kökenli etkileri incelenmiştir (Yücel, 1996).

Antalya’da şehir merkezi, şehir merkezi anayolları, kenar semtler ve kırsal bölgelerden olmak üzere 36 farklı lokaliteden *Phoenix dactylifera* yıkanmış ve yıkanmamış yaprakları ile yetiştikleri toprakların ağır metal içerikleri araştırılmıştır (Aksoy ve Öztürk, 1996).

Antalya’da diğer bir çalışma da *Nerium oleander* (zakkum) bitkisiyle yapılmıştır. Bu çalışmada da kent merkezi, anayol kenarı, kenar semt ve kırsal bölgeler olarak sınıflandırılmış 53 farklı lokaliteden, *Nerium oleander* yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) ve yettiği topraklardan örnek alınarak ağır metal içerikleri AAS ile ölçülmüştür (Aksoy ve Öztürk, 1997).

Kayseri-Kırşehir Karayolu kenarında yetişen bitkilerden *Cichorium intybus* L. (*Compositae*) ve *Rumex pulcher* L. (*Polygonaceae*) ile yapılan çalışmada bu bitkilerin yol kenarına uzaklıklarına göre Pb, Cd ve Zn biriktirme kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Yol kenarından uzaklaştıkça bitki bünyesindeki ağır metal miktarında azalma olduğu ve yaprakları tüylü olan *C. intybus*’un tüysüz yapraklı *R. pulcher*’e oranla atmosferden gelen ağır metalleri daha çok tuttuğu tespit edilmiştir (Aksoy, 1997).

İstanbul’da *Cedrus libani* A. Rich. ve *Pinus pinea* L. türlerinin Cd ve Pb birikimine bağlı olarak klorofil içeriği ve peroksidaz aktivitesi incelenmiştir. Sedir ve fıstık çamında ağır metal stresinin etkileri, kirlenmiş ve kontrol bölgesindeki yapraklarda kirlenme ise; hem yaprak hem de toprakta izlenmiştir. Araştırmada, yıkanmış ibrelerde Cd ve Pb’un yıkanmamış yapraklardan daha düşük olduğu gözlenmiştir. En yüksek Pb ve Cd yoğunluklarının iki yıllık yıkanmamış ibrelerde bulunduğu ve trafiğin yoğun olduğu bölge topraklarında da bu değerlerin çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Genel olarak iki yıllık yapraklarda bir yıllık olanlara göre daha yüksek klorofil olduğu, ancak kirlilik yoğunluğunun artmasına bağlı olarak tüm yaprak örneklerinde azaldığı, peroksidaz aktivitesinin ise kirlilik ile arttığı, kirliliğe daha uzun süre maruz kalmaları nedeniyle özellikle iki yıllık ibrelerde bu artışın daha yüksek olduğu ortaya konmuştur (Bayçu ve ark., 1999a, 1999b).

Ağır metal kirlenmesinin biomonitörü olarak, Kayseri’de *Elaeagnus angustifolia* L.ve *Robinia pseudoacacia* L. bitkilerinin yaprakları incelenmiştir. Yıkanmış ve yıkanmamış bitki ve toprak örneklerindeki Pb, Cd, Cu, ve Zn

konsantrasyonları AAS yardımıyla ölçülmüştür. Yıkanmış ve yıkanmamış bitki örnekleri arasında metal kirlenme düzeyleri ile, yıkanmış bitki yapraklarında ve yüzey topraklarındaki ağır metal konsantrasyonları arasındaki farklar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Aksoy ve Şahin 1999; Aksoy ve ark., 2000).

Elaeagnus angustifolia ağaçlarıyla ilgili bir başka çalışma da Kırıkkale-Ankara karayolu üzerinde yapılmıştır. İğde ağacının yapraklarındaki kurşun kirliliği incelenmiştir (Çavuşoğlu, 2002).

İstanbul'da yol kenarlarındaki *Picea abies* bitkisindeki Cd ve Pb kirliliği ve etkileri incelenmiştir (Bayçu ve ark., 2003).

Tuna ve Yağmur 2004 yılında yol kenarındaki *Pinus brutia* Ten. ve *Olea europaea* L. ağaçlarının, trafik kaynaklı kirleticilerden etkilenmeleri incelenmiştir. Muğla-Marmaris karayolu güzergahından toplanan çam ve zeytin ağaçlarının yaprak, kabuk ve yetiştikleri toprak örneklerindeki Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Fe ve Mn metallerinin miktarları AAS metodu ile ölçülerek kirlilik düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır.

Phaseolus vulgaris L. fidelerine klor tuzları şeklinde verilen kurşun ve bakır gibi ağır metal katyonlarının ($PbCl_2$ ve $CuCl_2$); kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine olan etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu parametrelerin, metalin çeşidine, konsantrasyonuna ve metale maruz kalma durumuna göre değişimi gözlenmiştir. Ayrıca çeşitli dozlarda bakır çözeltilerine maruz kalan iki yıllık bitki fidelerinin (*Pinus resinosa*, *Lonicera tatarica*, *Lolium perenne*) kök, gövde, yaprak yapısının büyüme ve gelişmesindeki etkiler de incelenmiştir (Zengin ve Munzuroğlu, 2004).

Kayseri'de kırsal alan ve kent merkezinde yetişen çeşitli sebzelerde ve yetiştikleri topraklarda Cu, Zn, Ni, Pb ve Cd konsantrasyonları ölçülerek, yiyeceklerdeki güvenli sınırlarla karşılaştırılmıştır (Demirezen ve Aksoy, 2006).

Bayçu ve arkadaşlarının 2006 yılında İstanbul'da yaptıkları bir çalışmada kent içinden ve kontrol bölgelerinden ilkbahar ve sonbaharda yedi yaprak döken bitki türünün yapraklarında, Cd, Pb, Zn ve Ni birikimleri tespit edilmiştir.

İsparta ili şehir merkezi girişi ile Süleyman Demirel Üniversitesi arasındaki 10 km'lik yol boyunca sıralanan, *Cupressus sempervirens* ve *Cedrus libani* ağaçlarının yapraklarında, taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliği araştırılmıştır. Her iki bitki türünde de şehre yaklaştıkça kurşun kirliliğinin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca *Cupressus sempervirens* bitkisinin yaprağının anatomik yapısından dolayı *Cedrus*

libani'ye göre bünyesinde daha fazla kurşun biriktirdiği gözlenmiştir (Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu, 2005).

Denizli'de Çelik ve arkadaşları (2005) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, şehirdeki ağır metal kirliliğinin araştırılması amacıyla, *Robinia pseudo-acacia* türünün yaprakları kullanılmıştır. Trafiğin yoğun olduğu bölgelerden toplanan yalancı akasyalarda kurşun ve bakır değerlerinin; endüstriyel bölgelerden toplanan örneklerde ise, demir, çinko, mangan ve kadmiyum değerlerinin yoğun olarak biriktiği tespit edilmiştir. Kirlilikle bitki yapraklarında biriken element değerleri arasında önemli bir ilişki olması nedeniyle, türün biomonitor olarak kullanılabileceği düşünülmüştür.

Güleryüz ve arkadaşları 2006 yılında ağır metallerin *Verbascum olympicum* Boiss. bitkisi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada Bursa'da yol kenarları, şehir merkezi, kayak merkezi ve kırsal alanları gibi farklı derecede kirlenmeye maruz kalmış *Verbascum olympicum* Boiss bitkilerinin çeşitli organlarında (kök, gövde, yaprak ve çiçeklerde) ve yetiştiği toprakta Pb, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn elementleri AAS ile analiz edilmiştir.

Kırıkkale il merkezinin çeşitli bölgelerinden toplanan *P. nigra* subsp. *nigra* var. *caramanica* türünün yapraklarında kurşun (Pb) birikiminin trafik yoğunluğuna göre arttığı gözlenmiştir (Çavuşoğlu ve ark., 2006).

Adana'da yapılan bir başka çalışmada da ulaşımdan kaynaklanan kirliliğin toprak ve bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koymak için, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Bermuda çimi), *Nerium oleander* L. (Zakkum) ve *Pinus pinea* L. (Fıstık çamı) türlerinin ağır metal analizi yapılmıştır. Bu çalışmayla kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) birikimini belirlemek ve bu bitkilerin çevre kalitesini artırma yönünden etkilerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Trafik yoğunluğu ile Pb ve Cd miktarları arasında pozitif bir ilişkinin bulunduğu ve her iki metalin de trafik kaynaklı olduğu belirlenmiştir (Güler, 2006).

Yener, 2007 yılında yaptığı doktora tez çalışmasında İstanbul'da *Alcea pallida* Waldst. et Kit. ile *Hibiscus syriacus* L.'nin (*Malvaceae*) yaprak, dal, kök, çiçek ve yetiştikleri topraklardaki ağır metal içeriklerini AAS ile analiz etmiş ve biomonitor olarak kullanılıp kullanılmayacaklarını incelemiştir.

Muğla'da 2006 vejetasyon periyodunda, dört farklı mevkide bulunan toplam 34 lokaliteden *Pyracantha coccinea* örnekleri toplanmıştır. Yıkanmış ve yıkanmamış

yaprak örnekleri ve dal örneklerinde ICP-OES ile ağır metal analizi yapılarak biomonitor özelliği incelenmiştir (Akgüç ve ark., 2008).

2004–2007 yılları arasında İstanbul’da farklı lokalitelerden *Celtis australis* bitkisinin yaprak, dal, kabuk örnekleri toplanmıştır. Ayrıca yetiştikleri topraklardan da örnekler alınarak, bu bitkinin ağır metal kirliliğinde biomonitor olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Kirlilik kaynaklarının çeşitleri ve uzaklıklarının önemi, ağır metallerin hava ve toprak yolu ile kontamine olma oranları, İstanbul’da Pb, Cd, Cu ve Zn ağır metallerin oluşturduğu kirlilik boyutu ortaya konmuştur (Öztürk, 2008).

Ülkemiz dışında da bu konuda yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları kronolojik olarak aşağıda özetlenmiştir:

Yeni Zellanda’da yapılan bir çalışmada, otomotiv emisyonlarından kaynaklanan ağır metal kirliliği ve bu kirliliğin yol kenarı toprak ve bitki türlerine etkisi araştırılmıştır. Çalışılan Cd, Cr, Cu, Pb, Ni ve Zn elementlerinin bitkilerde yüksek oranda biriktiği ve bu değerlerin trafik yoğunluğu ile ilişkili olduğu, topraktaki birikimin ise derinlik arttıkça azaldığı belirlenerek, oluşan kirliliğin motorlu araçlardan kaynaklandığı ortaya konulmuştur (Ward ve ark., 1977).

Davis ve Beckett (1978), genç arpa, buğday, kolza, marul ve çavdardaki bakırın kritik seviyeleri ile nikel ve çinkonun genç arpa ve çavdardaki düzeylerini incelemişlerdir. Davis ve arkadaşları (1978) bir başka çalışmalarında da 20 potansiyel toksik elementin arpada verimin düşmesine neden olacak kritik düzeylerini araştırmışlardır.

1976 yılında Mısır’da yapılan bir çalışmada, yol kenarlarındaki farklı bitkilerden alınan yaprak örneklerinde Pb miktarı değişiminin 1.35-18.60 ppm arasında olduğu, Pb kirliliğinin yoğunluğu ile birikim miktarı arasında aynı yönde bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir (Belal ve Saleh; 1978).

1981 yılında Kovács ve arkadaşları Macaristan’da *Robinia pseudoacacia*, *Acer platanoides* ve *Tilia tomentosa* bitkilerinde Ca, Mg, K, Na, P, Fe, Sr, Mn, Pb, Zn, Cu metallerinin içeriklerini incelemişlerdir. Bu çalışmayla endüstri kenti Budapeşte ve kırsal şehir olan Vacratot’ta analiz edilerek kirlilik düzeyleri ve hangi türün hangi element için biyolojik indikatör olduğu araştırılmıştır.

Festuca rubra bitkileri kontrol bölgesi, otoyol kenarı ve maden bölgelerinden alınarak analiz edilmiş ve Pb toleransları incelenmiştir (Atkins, 1982) .

Danimarka’da, *Achillea millefolium* indikatör olarak kullanılmıştır. Cd, Cu, Ni ve Pb metallerinin *Achillea millefolium* ve *Hordeum vulgare* tarafından, havadan ve topraktan alınımı incelenmiş, Cu ve Pb’un bitkideki konsantrasyonun, havadaki konsantrasyonla ilişkili, toprak ile ilişkili olmadığı anlaşılmıştır. Diğer yandan, bitkide Ni ve Cd içeriğinin topraktaki konsantrasyon ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Pilegaard ve Johnsen; 1984).

Belçika’da, bitkilerde ve toprakta bulunan Cu, Zn, Mn ve Pb konsantrasyonlarının, otoyollara olan uzaklıklarıyla ters orantılı olduğu belirlenmiştir (Albasel ve Cottenie, 1985).

Madrid’de farklı ortamlardaki metal kirliliği, *Nerium oleander* yapraklarındaki Pb ve Cd düzeyleri ölçülerek ortaya konmuştur. Yıkanmış ve yıkanmamış *Nerium oleander* yapraklarında Pb analizleri yapılmış, yıkama prosedürünün, ağır metal içeriğine etkisi gözlenmiştir (Hernandez ve ark., 1987).

Hong Kong’da yol kenarı kent parklarında ve bahçelerde ağır metal kirliliği üzerine bir çalışma yapılmıştır. Trafiğin yoğun olduğu yol kenarındaki parklar ile kontrol amaçlı yoldan uzak mesafedeki parklardan olmak üzere, 13 şehir parkında orkide ağacı (*Bauhinia variegata*) yaprakları, toprak ve kaldırım tozlarında Cd, Pb, Ni, Zn, Cu, Mn ve Fe değişimi araştırılmıştır. Sonuçlarda; yol kenarına yakın parklardan alınan örneklerde kontrol bölgesine kıyasla element içeriğinin daha yüksek olduğu; trafik yoğunluğu ile bitki yaprağı, toprak ve tozların element içeriği arasında önemli bir ilişkinin bulunduğu ortaya konulmuştur. Yaprak örneklerinin yıkanması ile azalan Cu, Mn, Zn ve Fe miktarlarının ise, kirlilik kaynağının motorlu araçlardan kaynaklanan tortular olduğu sonucuna varılmıştır (Tam ve ark.; 1987).

Atina civarı yol kenarı topraklarında yapılan ağır metal analizi çalışmalarında, Pb, Cd, Zn ve Ni elementlerinin topraktaki birikimi araştırılmıştır. Sonuçlarda; trafiğin yoğun olduğu yol boyunca toprağın 0-5 cm derinliğinde Pb değerinin yüksek olduğu, çalışma alanı merkezinin en yüksek Pb birikimini gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak yol kenarından uzaklaştıkça azalmanın başladığı ve yaklaşık 50 m. uzaklıkta doğal değerine ulaştığı belirlenerek Pb kirliliğinde, ana kaynağın otomobilden kaynaklanan egzoz gazı olduğu ortaya konulmuştur. Cd ve Zn değerlerinin de yüksek olmasına karşın, Pb’dan daha düşük olduğu, bu elementlerin

değerlerinin yoldan olan mesafe arttıkça düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Ni elementi ile ilgili ise herhangi bir kanıt elde edilememiştir (Yassoglou ve ark.; 1987).

Ağır metallerin yaprak ve köklerine hava yolu ile bulaşması gözlenerek, *Taraxacum officinale*'nin biyoindikatör olarak kullanılabileceği belirlenmiştir (Kabata-Pendias ve Dudka, 1991).

Quercus ilex L. bitki yapraklarının hava kirliliğinin bir monitörü olarak kullanılabilirliği üzerine yapılan bir çalışmada trafik orjinli kirlilik ortaya konmuştur (Capannesi ve ark.; 1993).

Farmer 1993 yılında “Toz Partiküllerin Vejetasyona Etkileri” adlı bir derleme çalışmasında çim, ağaç ve likenlerde yapılan incelemelerde; bitkinin gaz kirleticilerin içerisine girmesine izin verdiğini, toz partiküllerinin bitkilerdeki solunum ve terlemeyi etkilediğini, üretimde azalma ve vejetasyon topluluk yapısında değişimlere neden olduğunu vurgulamıştır.

Kahire'nin kuzeyindeki Shoubra Elkheima'da, endüstriyel alanlarda, toprak ve vejetasyon arasındaki ağır metal bulaşması incelenmiştir. Ortam kirliliğinin artması ile bitkilerdeki klorofil miktarının ve büyüme oranının azalması arasında korelasyon tespit edilmiştir (Ali, 1993).

Norveç'te 1982'den 1992'ye kadar ki on yıllık süreçte bitki ve toprakta Zn, Cu, Pb ve Cd konsantrasyonlarının ülkenin güney ve orta bölgelerindeki değişimleri incelenmiştir (Berthelsen, 1995).

ABD Utah kentinde otoyol boyunca motorlu taşıtların egzoz gazından kaynaklanan Mn birikimi araştırılarak, yol kenarındaki toprak ve bitkilerde Mn ve Pb birikim miktarları incelenmiştir. Analizlerde; trafiğin yoğun olduğu yol kenarlarındaki topraklarda Mn değerinin Pb'dan 100 kat daha fazla olduğu ve bu değer yola olan mesafe ile ilgili olduğu belirlenmiştir. Yol kenarındaki su bitkilerinin yaprak dokularının çimlerden daha yüksek Mn içerdiği ve bu nedenle su bitkilerinin Mn kirliliğine duyarlı bir biomonitor olabileceği sonucuna varılmış, kirleticilerin bitkilerdeki birikiminde bitki türü, trafik yoğunluğu ve mikrohabitatın yola olan uzaklıktan daha etkili olduğu belirlenmiştir (Lytle ve ark., 1995).

Selanik (Yunanistan) kentinde *Ligustrum vulgare* (kurtbağrı), *Nerium oleander* (zakkum), *Olea europaea* (zeytin), *Pinus brutia* (kızılçam), *Platanus orientalis* (çınar), *Populus alba* (akkavak), *Populus nigra* (karakavak), *Robinia pseudo-acacia* (yalancı akasya) ağaçları biyolojik indikatör olarak kullanılarak, yapraklarında Cu, Zn ve Pb birikim miktarı incelenmiştir. Kirliliğin oluşmasında

kavşakların, trafik yoğunluğundan daha etkili olduğu belirlenmiş ve bitkinin bulunduğu yerin önem kazandığı vurgulanmıştır. Sonbaharda alınan yaşlı yapraklarda, ilkbahardaki genç yapraklara göre kirlilik miktarının daha fazla olduğu, dış yaprak yüzeylerindeki pürüzlülüğün partiküllerin tutulmasına katkısı olduğu, bu durumun bitki türlerindeki birikim farklarının oluşmasında etkili olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, liken ve karayosunlarından elde edilen sonuçlarla kıyaslanmıştır (Sawidis ve ark., 1995).

Suudi Arabistan'ın başkenti Riyad'da yapılan bir çalışmada, Pb, Zn, Cu, Ni, Cr ve Li metallerinin hava yolu ile dağılımını incelemek için, Bağdat hurması yaprakçıkları biyomonitor olarak kullanılmıştır. Yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örnekleri analiz edilerek çalışma bölgesinde havadan bulaşan metal kirliliği gösterilmiştir (Al-Shayeb ve ark., 1995).

İtalya'nın Napoli kentinde *Quercus ilex*'in ağır metal kirliliğine maruz kalan yaprak yüzeyleri ve dokularında ve toprakta Cu, Pb, Mn ve Fe kirlilik düzeyleri tespit edilmiştir (Alfani ve ark., 1996).

1997 yılında Chronopoulos ve arkadaşları Yunanistan'ın Atina şehrindeki kent parklarında Cd ve Pb birikiminin bitki ve topraktaki değişimlerini incelemişlerdir. İki bitki türü (*Pittosporum sinensis*, *Nerium oleander*) ve toprak örneklerinde yoldan uzaklaştıkça ortaya çıkan Cd ve Pb birikimini analiz etmişlerdir. Araştırmacılar bitki ve toprakta belirlenen kirlilik derecesinin sadece mesafeye değil, vejetasyonun strüktürü ve yoğunluğu, yaprak yüzey durumu, trafik yoğunluğu ve rüzgarın hızı ile de ilişkili olduğunu gözlemlemişlerdir.

Çoklu değişim analizinden yararlanılarak Bergen (Norveç) kentinde yol kenarlarındaki *Rhododendron* yapraklarında Pb ve Cd değerleri ölçülmüştür. Yapılan çalışmada; 10 farklı bölgedeki (5 bölge kirli, diğer 5 bölge az kirli) trafik yoğunluğu, yoldan uzaklık ve yaprakların bitkideki konumu ile element birikimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Trafik yoğunluğu ile Pb birikimi arasındaki ilişkinin çok önemli olduğu, bu nedenle bu bitkinin yol kenarında oluşan Pb kirliliği için çok iyi bir biyoindikatör olabileceği belirtilmiştir. Cd için bu tip bir ilişki saptanmamıştır (Hol ve ark., 1997).

Nijerya'nın Ibadan Şehrindeki Yol Kenarı Su Yolu Sedimentlerindeki Ağır Metal İçeriklerinin incelendiği bir çalışmada, nüfus ve trafiğin yoğun olduğu ve endüstriyel alanların da bulunduğu 40 farklı bölgede sedimentlerde Zn, Pb, Cu, Ni, Co ve Cd yoğunlukları gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kontrol bölgesindeki

değerlerle karşılaştırıldığında, nüfus ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde Pb yoğunluğunun yaklaşık 10 kat daha yüksek, fakat diğer elementlerin genel olarak tüm bölgelerde düşük ve benzer değerlerde olduğu belirlenmiştir (Onianwa ve Adoghe, 1997).

Almanya’da yetişen 60 yaşındaki sarı çam (*Pinus sylvestris* L.) kabukları ile ormanlık bölgelerdeki sarı çam kabukları arasındaki ağır metal akümüasyonu ICP analiziyle karşılaştırılmıştır (Huhn ve arkadaşları., 1995). Sarı çam kabukları, Finlandiya’da da toplanarak ağır metal kirliliği tesbitinde kullanılmıştır (Poikolainen, 1997).

Trafiğin yoğun olduğu yol kenarlarından toplanan *Citrus limon* L. bitkisinin Pb ve diğer element değerleri incelenmiştir. Yoldan 0-500 m mesafelerden alınan yaprak örneklerinde Pb, Cu, Mn ve Zn birikimindeki değişimler araştırılmıştır. Yapraklardaki Pb konsantrasyonu ile yola olan mesafe arasında bir ilişki olduğu; birikimin yoldan uzaklaştıkça azaldığı belirlenmiştir (Caselles, 1998).

Kent çevresindeki ağaçların hava kirliliği belirleyicisi olarak kullanımı ve peroxidaz aktiviteleri konulu bir çalışmada 530 bitkinin analizi yapılmıştır. Farklı trafik yoğunluklarına sahip yollar ile evsel ısınma kaynaklı kirliliğin olduğu yerleşim bölgelerinde her dem yeşil ve yaprak döken bitki türlerinin yapraklarında peroxidaz aktivite ve spektrometrik analiz yapılan çalışmada; bu aktivitenin kontrol bölgesine göre kirlenmiş bölgelerde daha yüksek ve bunun trafik yoğunluğuyla ilişkili olduğu belirlenmiştir. Hava kalitesini belirten haritaların düzenlenmesinde peroxidaz aktivitesinin de kullanılabileceği ileri sürülmüştür (Puccinelli ve ark., 1998).

İngiltere’de Bradford kentinde, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. bitkisi ağır metal kirliliğinde muhtemel biomonitor bitki olarak test edilmiş ve 42 ayrı noktadan alınan toprak (0-10 cm) ve bitki örneklerindeki kirlilik oranları, daha önce aynı ekolojik bölgede çalışılmış *Poa annua* biomonitor bitkisi ile karşılaştırılmıştır (Aksoy ve ark., 1999).

Avustralya’nın Brisbane kentinde yol kenarındaki topraklarda oluşan Pb kirliliğinin ana kaynağının araç emisyonları olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Al-Chalabi ve Hawker, 2000).

Jesus ve arkadaşları (2000), Brezilya’nın Rio de Janerio kentinin trafik yoğunluğu olan farklı caddelerinde, “Kirliliğin İzlenmesinde Sinkrotron Yayılımı X-İşını Flüoresans Analizi Kullanılarak *Nerium oleander* L. Yapraklarındaki Eser Elementlerin Belirlenmesi” konulu bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Nisan ve Aralık

aylarında alınan örneklerde yapılan analizlerde; Ti, V, Fe ve Zn içeriklerinin trafiğin yoğun olduğu bölgelerin yıkanmış yaprak örneklerinde bile çok yüksek olduğu, bununla birlikte, Mn, Co, Cu ve Ni yönünden örnekler arasında önemli bir fark oluşmadığı belirlenmiştir. Brezilya’da uzun yıllardır kurşunsuz benzin kullanılması nedeniyle Pb değerinde bir değişime rastlanmadığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, bu sonuçlar ışığında *Nerium oleander* L. yapraklarının havadan elementleri emme yeteneğinde olduğu için bir çevresel indikatör olarak kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Hava kalitesinin belirlenmesinde polenlerin yaşam kabiliyetinin biyoindikatör olarak kullanılması konulu bir çalışmada, Perugia (İtalya) kentinde farklı yoğunluktaki trafikle (çok yüksek, orta ve düşük) bazı bitki *Convolvulus sepium* L. (çit sarmaşığı), *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (bermuda çimi), *Daucus carota* (havuç), *Hedera helix* L. (orman sarmaşığı), *Parietaria diffusa* (yapışkan otu), *Quercus ilex* L. (pırnal meşesi), *Tilia cordata* Miller. (küçük yapraklı ıhlamur) ve *Dactylis glomerata* L. (ayrık otu) polenlerinin yaşam yetenekleri arasındaki ilişkiyi araştırılmıştır. Araştırmacılar; polen yaşam yeteneğinin genel olarak kirlilikle ters orantılı olduğunu, bölgeler arasında en büyük farkın ıhlamurda ortaya çıktığını, ancak meşede önemli bir fark oluşmadığını, *Parietaria diffusa* M. et K. türünde ise tam tersine polen yaşam yeteneğinin kirli alanlarda en yüksek düzeyde olduğunu belirlemişlerdir (Iannotti ve ark., 2000).

Trondheim’de (Norveç), 1990-1994 yılları arasında 314 bölgeden (bahçe, park ve endüstriyel alan) alınan şehir topraklarında 31 farklı elementin miktarları ve kaynakları tespit edilerek insan sağlığına etkileri araştırılmıştır (Ottesen ve Langedal, 2001).

Kuveyt kurak ekosisteminde *Phoenix dactylifera* L. bitkisiyle ilgili çalışmada 12 farklı bölgedeki bitkinin yıkanmış-yıkanmamış yaprak, kabuk ve meyvelerinde, Pb değişimi araştırılmıştır. Araştırmada Pb yoğunluğunun yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda önemli farklar gösterdiği belirlenmiştir. Bütün örneklerde en yüksek Pb değeri sırasıyla endüstriyel bölge, otoyol ve şehir merkezinde izlenmiştir. Bitki organlarında en yüksek kurşun değeri yıkanmamış yapraklarda gözlenmiştir. Bunu yıkanmış yapraklar, meyve ve kabuk izlemiştir. Toprak yüzeyindeki Pb değeri ise diğer örneklerden daha yüksek tespit edilmiştir (Bu-Olayan ve Thomas, 2002).

Ürdün-Amman’da 2001 yılında insan etkisiyle kirlenmiş üç farklı bölgede, 36 servi ağacının kabuk örnekleri, hava kirliliği için biyoindikatör olarak incelenmiştir.

Pb elementi trafiğin yoğun olduğu yerlerde yüksek seviyede gör÷lmüştür. Servi ağacının kabuklarının özellikle kurak bölgelerde Pb, Zn, Mn, Cr, Ni, Cd, ve Cu kirliliği için iyi bir indikatör olduğu belirlenmiştir (El-Hasan, 2002).

Yol kenarlarındaki *Tithonia diversifolia* türünün yaprak ve köklerindeki bazı elementlerin (Pb, Cr, Al, Fe, Cu ve Ni) miktarı ile yapraklardaki klorofil, karotin miktarları ve yağ peroksidasyonundaki değişimleri incelenmiştir. Trafiğin yoğun olduğu yerlerdeki bitkilerde yaprak ve köklerde Pb miktarının yüksek olduğu; Cr, Al, Fe, Cu ve Ni miktarlarının yapraklarda yüksek olduğu, köklerde ise farklılık göstermediği belirlenmiştir. Yaprak klorofil ve karotin miktarları, klorofil a/b oranları ve yağ peroksidasyonları arasında ise önemli bir fark bulunmamış, fakat Pb kirliliği ile yaprak ve köklerde, bazı aktivite farklılıkları olduğu belirlenmiştir (Olivares, 2003).

Taraxacum officinale ile yapılan bir başka çalışma da Polonya’da yapılmıştır. Bitki ve toprak örnekleri alınarak Zn, Cu, Pb, Cd ve Ni gibi ağır metallerin varlıkları ve mobiliteleri incelenmiştir (Królak, 2003).

Rusya’da iki şehirde (Nizhny Novgorod ve Dzerzhinsk) bahçe bitkilerinde ağır metal kirliliği analiz edilerek metal değerlerinin diğer Avrupa şehirlerinden (Berlin, Hamburg, Moskova veya Londra) daha düşük çıktığı tespit edilmiştir (Savoskul ve Drechsel, 2003).

Sevilla (İspanya) ve Palermo (İtalya) da *Citrus aurantium* meyvesinde Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, V ve Zn analizi ICP-MS’te yapılmış ve yıkamanın metal içeriklerine etkisi araştırılmıştır (Oliva ve Valdes, 2003).

Belgrad’ta (Sırbistan) kent merkezindeki parklarda yetişen *Aesculus hippocastanum* ve *Tilia amurensis* ağaçlarının Cu, Pb ve Cd konsantrasyonları ölç÷lmüş ve at keşanesi ağaçlarının biomonitor olarak kullanılabilirliği tespit edilmiştir (Tomasevic ve ark., 2004).

As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn iz elementlerinin toprak ve atmosferdeki içeriklerini tespit etmek için, İspanya’daki Guadiamar Nehri kenarındaki ormanlardan, maden yatağı yakınlarından kontamine olmuş 25 *Populus alba* ile kontamine olmamış 10 ağacın yaprak ve gövdeleri analiz edilmiştir. Kavak yapraklarının, topraktaki Cd ve Zn ve kısmen As elementleri için biomonitor olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir (Madejón ve ark., 2004).

Petrokimya fabrikası yakınlarındaki bitkilerin partik÷l halindeki inorganik kirleticilerden nasıl etkilendiğini belirlemek için, İtalya’nın Gela bölgesinde *Pinus*

halepensis Mill. (halep çamı) ibrelerinden yararlanılmıştır. İbrelerde As, Mo, Ni, S, Se, V ve Zn birikim değerlerinin artmasında petrokimya fabrikalarının, Cu, Pb, Pt, Pd, Sb ve kısmen Zn değerlerinde ise trafik emisyonlarının etkili olduğu belirlenmiştir. İbreler tarafından emilen fenoller ve çam ibrelerinde oluşan morfolojik değişimlerin yoğun trafik ve endüstriyel faaliyetlerin sonucu ortaya çıktığı görülmüştür (Bosco ve ark., 2005).

Sevilla (İspanya) kent merkezi ve kontrol bölgelerinde solunan atmosferik partiküller ile *Nerium oleander* L. ve *Lantana camara* L. yaprakları arasındaki eser elementlerin (Ba, Cu, Fe, Mn, Pb, Ti ve V) düzeyleri ve aralarındaki ilişkiler incelenmiştir (Espinosa ve Oliva, 2005).

Akabe (Ürdün) kentinde *Phoenix dactylifera* L.'da ağır metal pollusyonu için biomonitor olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Şehrin farklı yerlerinden toplanan yaprakların içerdiği Fe, Pb, Zn, Cu, Ni ve Cr konsantrasyonları FAAS ile analiz edilmiş ve ağır metal kirlilik miktarları karşılaştırılmıştır (Al-Khlaifat ve Al-Khashman, 2007).

Ürdün'de yapılan bir başka çalışmada da petrol rafinerileri ve termal güç istasyonlarının bulunduğu endüstri alanlarında çam kabukları biomonitor olarak kullanılmıştır. Cu, Pb, Cd, Mn, Co, Ni, Zn, Fe ve Cr konsantrasyonları analiz edilerek çam kabuklarının kurak ortamlarda biyoindikatör olarak kullanılmasının uygunluğu araştırılmıştır (Al-Alawi ve ark., 2007).

Çin'de trafik aktivitelerinin büyük artış göstermesi, çevre kalitesini ve insan sağlığını tehlikeye sokmaktadır. Bu nedenle bölgede doğal yetişen *Sophora japonica* L. bitkisi yaprakları ve yetiştikleri topraklarda Zn, Cd, Hg, Pb, Cu ve Cr konsantrasyonları analiz edilmiştir. Ülkenin kuzeybatısında trafiğin yoğun yaşandığı yol kenarları ile parklardaki ağır metal miktarları karşılaştırılmış ve trafiğin neden olduğu kirlilik boyutları ortaya konmuştur (Li ve ark., 2007). Çin'de benzer bir çalışmada demiryolu yakınlarında yapılmıştır. Ni, Pb, Cr, Zn, Cu ve Cd gibi ağır metallerin topraktaki değerleri analiz edilerek kirlilik durumları ortaya konmuştur (Ma ve ark., 2009).

Kanuda (Nijerya) kentinde, *Sida acuta burm* F. ve yetiştiği topraklarda, 24'ü otoyol kenarından, 30 farklı lokaliteden örnekler toplanmış ve Pb, Cd, Zn, Cu ve Mn içerikleri FAAS ile analiz edilerek Avrupa Birliği limit değerlerini aşp aşmadığı belirlenmiştir (Okunola ve ark., 2007).

Japonya Okayama’da trafikle bağlantılı olarak *Rhododendron pulchrum* yapraklarındaki ağır metal miktarı ölçülmüştür. Pb, Ni ve Zn sonuçlarında yaprak ve bitkinin bulunduğu toprak arasında ağır metal biriktirme açısından bir korelasyon olduğu görülmüştür. Bitkinin biyoindikatör olarak kullanılabileceği gözlenmiştir (Suzuki ve ark., 2009).

Ağır metal kirliliği ve bitkilerin biyomonitor olarak kullanılmasıyla ilgili bilimsel çalışmalar hiç kuşkusuz yukarıda adı geçen çalışmalarla sınırlı değil. Konumuzla alakalı olarak özellikle yüksek yapılı bitkilerle yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Teknolojinin, nüfusun ve endüstrileşmenin çok arttığı bir dönemde yaşamaktayız. Her şeyin kolay tüketildiği bir ortamda yaşam alanımızın daha kaliteli olmasının yolu, bu tür bilimsel çalışmalardan ve elde edilen sonuçlara göre alınacak tedbirlerin uygulanmasından geçmektedir.

II.5. ARAŞTIRMA BÖLGESİNİN TANITIMI

İstanbul, 41° N, 29° E koordinatlarında, Türkiye’nin kuzey-batısında yer almaktadır. Kuzeyinde Karadeniz, güneyinde ise Marmara Denizi bulunan İstanbul, Avrupa yakasında Tekirdağ ile Anadolu yakasında ise Kocaeli ile komşudur. Yapılan son düzenlemelerle daha önce 32 olan ilçe sayısı, Eminönü’nün kaldırılması ve 8 yeni ilçeyle birlikte 39’a yükselmiştir (Anonim, 2009b) (Şekil II.3.).

İstanbul’un yazları sıcak ve nemli; kışları soğuk, yağışlı ve bazen karlıdır. Karadeniz ile Akdeniz arasında bir geçiş iklimine sahip olan İstanbul, Marmara Bölgesinin en çok yağış alan şehirlerinden birisidir. Yıllık yağış miktarı 870 mm/m²’dir. Nem yüzünden, hava olduğundan daha sıcak ya da olduğundan daha soğuk hissedilebilir. Kış aylarında ortalama ısı 7 °C ile 9 °C civarındadır ve kar yağışı görülür. Yazın ortalama sıcaklık 28 °C dir. Şehir biraz rüzgarlıdır, ortalama rüzgar hızı saatte 17 km/h’dir (Anonim, 2009c, 2009d, 2009e).

İstanbul, Türkiye’nin ve Avrupa’nın en kalabalık kentidir. Adrese dayalı nüfus kayıt sistemine göre; 31 Aralık 2008 tarihinden itibaren İstanbul’un nüfusu 12 milyon 697 bin 164’tür. Ülke nüfusunun % 17.8’i İstanbul’da ikamet etmektedir. Nüfusun yaklaşık üçte ikisi Avrupa yakasında üçte biri ise Anadolu yakasında yoğunlaşmaktadır (Anonim, 2009e, 2009f). İstanbul eğitim, sağlık ve iş olanakları gibi sebeplerle de göç almaya devam etmekte ve her geçen gün nüfusu artmaktadır.



Şekil II.3. İstanbul İli İlçe Sınırları Haritası Genel Görünüş (www.ibb.gov.tr)

Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan iki köprü (Boğaziçi ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü) aynı zamanda uluslararası transit taşımacılıkta önemli rol oynamaktadır. İstanbul'da motorlu kara taşıt sayısı 2007 Aralık ayı itibarıyla 2 milyon 456 bin 399'a ulaşmıştır. Trafiğe kayıtlı bu araçların 1.695.643'ü otomobildir. Ülkemizde 8 kişiye 1 araç düşerken İstanbul'da 4 kişiye 1 araç düşmektedir. Kent içi ulaşımında; özel oto kullanımı % 32, toplu taşıma araçları % 60, diğer taşıma türleri ise % 8 oranındadır. 2007 yılı Aralık sonu itibarıyla her iki köprüden karşılıklı 416.073 aracın geçiş yaptığı tespit edilmiştir. Boğaziçi Köprüsünden tek yönde ve PİK saatlerde (16.00-22.00) geçen araç sayısı 38.176, Fatih Sultan Mehmet Köprüsünden tek yönde ve PİK saatlerde (12.00-21.00) geçen araç sayısı 59.873'tür. Karayolu toplu taşıma araçları ile günde ortalama 7 milyon 300 bin yolcu taşınmaktadır. Kent içi raylı ulaşım araçları ile günde 737.000, deniz ulaşımı ile 312.000 yolcu taşınmaktadır (Anonim, 2009e). Şehir içi deniz trafiğinin yanında boğazdan transit gemi geçişi de yapılmaktadır. 2008 yılında İstanbul Boğazından yaklaşık 10 bini tanker olmak üzere 54 bin 396 gemi geçiş yapmıştır (Anonim,2009g). Ayrıca İstanbul'da uluslararası iki havalimanıyla yurtiçi ve yurtdışına çok sayıda yolcu taşınmaktadır. İstanbul için trafik kökenli ağır metal kirliliği söz konusudur.

1950'li yıllarda 750 olan 50 ve daha yukarı sayıda işçi çalıştıran büyük sanayi kuruluşu sayısı 2004 yılında 3.413'e ulaşmıştır. 2007 yılında yaklaşık 400.000 kişi bu kuruluşlarda çalışmaktadır (Anonim, 2009e). Marmara bölgesinde, özellikle İzmit-İstanbul-Tekirdağ arasında endüstrileşme çok yoğunudur. Hızlı, dağınık bir yerleşim ve endüstriyel yayılma görülen İstanbul ve çevresinde doğal kaynaklar tehdit altındadır. Kaynakların bilinçsizce kullanılması, yol yapımının artması (asfalt miktarının artması), yüksek ve geniş binalar, kesilen ağaçlar, kurutulan göl ve dereler, yok olan park ve bahçeler ciddi çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bu nedenle, bölgede hava kirliliği önemli boyutlara erişmiştir.

İstanbul'da özellikle tarihi yarımada, Kağıthane ve Haliç çevresine yayılan ve çıkardıkları atık, duman, gürültü v.b. ile insan sağlığına zararlı unsurlarla çevreyi kirleten, bu suretle kent ve kent insanına zarar veren, ayrıca şehircilik açısından olumsuzluklara neden olan küçük ve orta boy sanayi işletmelerini, meskun alanlar dışında şehircilik ilkelerine uygun ve her türlü altyapısı hazırlanmış alanlarda toplayarak, çevreye zarar vermeden faaliyetlerini sürdürmelerini sağlamak maksadıyla İkitelli'de organize sanayi bölgesi kurulmuştur (Anonim, 2009h).

İstanbul'da çevre düzenleme ve yeşillendirme çalışmaları yapılması, kurşunsuz benzin kullanımının zorunlu hale getirilmesine karşın, yoğun nüfus, sanayileşme ve trafik nedeniyle insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşan ağır metal kirliliği ile ilgili araştırmaların önemli olduğu kanaatindeyiz.

İstanbul gerek coğrafi konumu ve tarihi itibarıyla gerekse iktisadi ve kültürel açıdan özel bir öneme sahiptir. Roma, Latin, Doğu Roma ve Osmanlı İmparatorluğuna yüzyıllarca başkentlik yapan İstanbul, 2010 yılında Avrupa kültür başkenti ilan edilmiştir.

BÖLÜM III

ÇALIŞMALAR

III.1. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Çalışma alanının, 2006–2007 yılları arasında, ağır metal kirliliğine maruz kalmış bölgeler ve kontrol bölgelerinden olmak üzere 5 istasyonda (şehir içi, şehir park, şehir yol kenarı, Boğaz sahil şeridi ve kontrol bölgesi), 59 farklı lokaliteden *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* bitkisinin yaprak ve kabukları ile yetiştikleri topraklardan örnekler alınmıştır.

Farklı lokalitelerden toplanan örnekler, analize hazır hale getirilip, 3 tekrarlı olarak 7 element için (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) okunmuştur. Ağır metal analiz işlemleri Varian marka Liberty ICP-OES Sequential cihazında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm datalar, SPSS (15.0) istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar arasında anlam ya da önemin ölçülmesi ve istatistiksel değerlendirmeler *t*-test, *F*-test ve korelasyon (*r*) analizlerine göre yapılmıştır. Grafik çizimlerinde office programı (Excel-2003), harita çiziminde office programı (Photoshop, Paint) ve Google Earth kullanılmıştır.

III.2. ARAŞTIRMA MATERYALİ

Araştırma materyali *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* ve bitkinin yetiştiği topraktır. Bunun yanında, arazi çalışmalarında çelik bahçe küreği, çakı, bahçe kazması, çelik bitki budama makası, kilitli plastik poşetler, aşı macunu, Canon S2 IS marka dijital fotoğraf makinesi, kurutma kağıdı, zarflar ve etiketler kullanılmıştır.

Toplanan bitkiler havada kurutulup, kağıt zarflarda muhafaza edilmiştir.

Laboratuvar çalışmalarında Heraeus marka etüv, Shimadzu- Libror marka hassas terazi, Yazıcılar marka bitki öğütme makinesi, ALC marka pk 130 model

santrifüj cihazı, Schleicher & Schuell (589/2) marka filtre kağıtları, pamuk, eldiven, cam kalemi, ince elek, santrifüj tüpleri, 50 ml’lik erlenmayerler, 10 ml’lik cam pipet, Ependorf mikro pipetler (20–200, 100–1000, 500–5000 µl), 25 ml’lik mezür, 50 ml’lik balon jojeler, 50 ml’lik polietilen şişeler, piset, çeker ocak, CEM marka Mars5 model mikrodalga, teflon mikrodalga numune kapları, ve Varian model ICP-OES cihazı kullanılmıştır.

Kimyasal madde olarak ise, derişik HNO₃ (% 65 Merck), aseton, %96’lık etil alkol, potasyum bikromat, her bir elementin kalibrasyonu için standart stok çözelti ve bidistile su kullanılmıştır. Ayrıca temizleme malzemesi olarak, potasyum bikromat ve % 20’lik nitrik asit kullanılmıştır.

Tez yazım sırasında ise, Toshiba marka bilgisayar, Microsoft Office 2003, SPSS 15.0 istatistik programı, HP yazıcı, internet explorer kullanılmıştır.

III.3. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Cercis siliquastrum L. subsp. *siliquastrum* bitki örnekleri, 2006 ve 2007 Ağustos–Eylül tarihleri arasında, İstanbul’un Anadolu Yakasında 37, Avrupa Yakasında 18 ve Adalar’da 4 farklı lokaliteden toplanmıştır. Toplam 59 lokaliteden toplanan bitki ve toprak örneklerinin 15’i şehir içinden, 11’i şehir parktan, 12’si şehir yol kenarından, 17’si Boğaz sahil şeridinden ve 4’ü kontrol bölgesinden alınmıştır. Toprak numuneleri yüzeyindeki döküntü temizlendikten sonra, yüzeyin 10 cm. derinliğinden kontaminasyonlardan korunarak yaklaşık 500 g. olarak alınmıştır. Yaprakların, çok sayıda ve farklı dallardan alınmasına özen gösterilmiştir. Kabuk için de, gövde üzerinde toprak seviyesinden 1 m. yükseklikten paslanmaz çelik kesici bir aletle yaklaşık 10×2 cm. boyutlarında örnek alınmıştır. Numuneler alınırken, bulundukları istasyonun lokalitesi, trafik yoğunlukları (taşıt sayısı/dak.), varsa sanayi tesisleri, günün tarihi de not edilerek ayrı ayrı etiketli kilitli plastik poşetlere konulmuştur. Kabuk örneği alınan kısım aşı macunuyla kapatılarak bitkinin mantar ve haşerat gibi zararlara karşı savunmasız kalması önlenmiştir. Kontrol grubu için de trafik ve sanayiden uzak alanlardan örnekler toplanmıştır. Toplanan bitki ve toprak örnekleri hava kurusu ile kurutulmuştur. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* örnekleri Flora of Turkey (Cilt 3)’den teşhis edilmiş ve MÜFE herbaryumundaki örneklerle karşılaştırılarak teyit edilmiştir.

Şekil III.1.’de kabuk, toprak ve yaprak örnekleri gösterilmektedir.



Şekil III.1. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* kabuk, toprak ve yaprak örnekleri

III.4. BİTKİ ÖRNEKLERİNİN TOPLANDIĞI LOKALİTELER

Farklı ekolojik ortamlara adapte olduğu, hastalıklara ve zararlılara karşı dayanıklı olduğu için, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından başta yol kenarları, parklar, mezarlıklar ve refüjler olmak üzere İstanbul'un hemen her tarafına dikilmiştir. Ayrıca özellikle boğaz hattı boyunca doğal bir yayılım göstermektedir. Kontrol grubu olarak, Akdeniz iklim özelliklerinin hakim olduğu Adalar gibi, motorlu taşıt trafiğinden uzak yerlerde de erguvanın bulunması örnek toplanma açısından avantaj oluşturmuştur.

İstanbul'un Anadolu ve Avrupa yakasından toplanan, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* bitki-toprak örneklerinin lokaliteleri ve GPS koordinatları tablo halinde verilmiştir (Tablo III.1.). Lokaliteler harita üzerinde de sunulmuştur (Şekil III.2., Şekil III.3., Şekil III.4., Şekil III.5., Şekil III.6.).

Tablo III.1. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* 'un ve Yetiştirdiği Toprakların Alındığı Lokalitelerin GPS Koordinatları

Lokalite No	Lokalite Grupları	Lokalite Adı	Lokalite Mevki GPS (derece dakika saniye)
1	Şehir İçi	Kartal Lisesi civarı, Kartal	40° 53' 26" K - 29° 11' 37" D
2	Şehir İçi	Çavuşoğlu mah., Kartal	40° 53' 13" K - 29° 11' 54" D
3	Şehir Yol Kenarı	Kaynarca D-100 Karayolu, Pendik	40° 52' 04" K - 29° 16' 15" D
4	Şehir İçi	C. Süer Kavş. Alt Kaynarca, Pendik	40° 52' 32" K - 29° 15' 45" D
5	Şehir Park	Kaynarca Parkı, Pendik	40° 52' 48" K - 29° 15' 01" D
6	Şehir İçi	Yakacık, Kartal	40° 56' 07" K - 29° 13' 09" D
7	Şehir İçi	Maltepe Belediyesi önü, Maltepe	40° 55' 54" K - 29° 07' 41" D
8	Şehir İçi	Ş. Günaltay cad. Bostancı, Kadıköy	40° 57' 33" K - 29° 05' 42" D
9	Şehir İçi	Erenköy minibüs cad., Kadıköy	40° 58' 29" K - 29° 04' 50" D
10	Şehir Yol Kenarı	Cevizli D-100 Yan yol, Kartal	40° 55' 04" K - 29° 10' 15" D
11	Şehir Yol Kenarı	Küçükyalı D-100, Maltepe	40° 57' 13" K - 29° 07' 02" D
12	Şehir Yol Kenarı	Acıbadem D-100, Kadıköy	41° 00' 10" K - 29° 02' 31" D
13	Şehir Park	Millet Parkı Altunizade, Üsküdar	41° 01' 23" K - 29° 03' 08" D
14	Şehir Park	Büyük Çamlıca Tepesi, Üsküdar	41° 01' 40" K - 29° 04' 10" D
15	Şehir İçi	Mühürdar cad. Moda, Kadıköy	40° 59' 09" K - 29° 01' 17" D
16	Şehir İçi	Erguvan sok. Fenerbahçe, Kadıköy	40° 58' 29" K - 29° 02' 35" D
17	Şehir İçi	Cemil T. cad. Caddebostan, Kadıköy	40° 57' 55" K - 29° 03' 39" D
18	Şehir İçi	Erenköy, Kadıköy	40° 58' 46" K - 29° 04' 25" D
19	Boğaz Sahil Şeridi	Harem-Salacak Üsküdar	41° 00' 50" K - 29° 00' 41" D
20	Boğaz Sahil Şeridi	Mihrimah Sultan Hastanesi, Üsküdar	41° 01' 36" K - 29° 00' 56" D
21	Şehir Park	Fethi Paşa Korusu, Üsküdar	41° 02' 15" K - 29° 02' 03" D
22	Şehir Park	Fethi Paşa Korusu, Üsküdar	41° 02' 17" K - 29° 02' 02" D
23	Boğaz Sahil Şeridi	Beylerbeyi, Üsküdar	41° 02' 36" K - 29° 02' 39" D
24	Boğaz Sahil Şeridi	Çengelköy, Üsküdar	41° 02' 55" K - 29° 03' 15" D
25	Boğaz Sahil Şeridi	Kuleli Askeri Lisesi civarı, Üsküdar	41° 03' 42" K - 29° 03' 11" D

26	Boğaz Sahil Şeridi	Kandilli, Üsküdar	41° 04' 32" K - 29° 03' 46" D
27	Boğaz Sahil Şeridi	Anadoluhisarı, Beykoz	41° 05' 05" K - 29° 04' 02" D
28	Boğaz Sahil Şeridi	FSM Köprü altı (sahil yolu), Beykoz	41° 05' 30" K - 29° 03' 59" D
29	Şehir Park	Mihrabat Korusu, Beykoz	41° 05' 42" K - 29° 04' 21" D
30	Şehir Park	Hıdiv Kasrı karşı, Beykoz	41° 06' 18" K - 29° 04' 24" D
31	Boğaz Sahil Şeridi	Çubuklu, Beykoz	41° 06' 36" K - 29° 05' 03" D
32	Boğaz Sahil Şeridi	Paşabahçe, Beykoz	41° 07' 00" K - 29° 05' 47" D
33	Boğaz Sahil Şeridi	Belediye binası karşı, Beykoz	41° 07' 36" K - 29° 05' 49" D
34	Şehir Yol Kenarı	Barbaros cad., Beşiktaş	41° 02' 50" K - 29° 00' 23" D
35	Boğaz Sahil Şeridi	Kuruçeşme GS Adası karşı, Beşiktaş	41° 03' 41" K - 29° 02' 16" D
36	Şehir Park	Aşiyen Mezarlığı, Beşiktaş	41° 04' 57" K - 29° 03' 17" D
37	Boğaz Sahil Şeridi	Rumelihisarı, Sarıyer	41° 05' 10" K - 29° 03' 22" D
38	Şehir Park	Emirgan Korusu, Sarıyer	41° 06' 36" K - 29° 03' 22" D
39	Boğaz Sahil Şeridi	Emirgan, Sarıyer	41° 06' 41" K - 29° 03' 26" D
40	Boğaz Sahil Şeridi	Tarabya, Sarıyer	41° 08' 07" K - 29° 03' 38" D
41	Şehir Yol Kenarı	Astsubay Orduevi Maslak, Şişli	41° 07' 06" K - 29° 01' 28" D
42	Şehir Yol Kenarı	FSM Köprü çıkışı-TEM, Beykoz	41° 05' 29" K - 29° 04' 14" D
43	Şehir Yol Kenarı	Libadiye cad., Üsküdar	40° 59' 59" K - 29° 04' 24" D
44	Şehir Park	M.Ü. Göztepe Kampüsü, Kadıköy	40° 59' 07" K - 29° 03' 08" D
45	Şehir Yol Kenarı	Fındıklı, Beşiktaş	41° 01' 40" K - 28° 58' 57" D
46	Şehir Park	Gülhane Parkı, Fatih	41° 00' 53" K - 28° 59' 03" D
47	Boğaz Sahil Şeridi	Gülhane Parkı giriş, Fatih	41° 00' 57" K - 28° 59' 07" D
48	Boğaz Sahil Şeridi	Yedikule sur dibi, Zeytinburnu	40° 59' 20" K - 28° 55' 13" D
49	Şehir İçi	Ataköy girişi, Bakırköy	40° 58' 35" K - 28° 51' 59" D
50	Şehir İçi	İncirli Caddesi, Bakırköy	40° 59' 06" K - 28° 52' 20" D
51	Şehir Yol Kenarı	D-100 İncirli kavşak, Bakırköy	40° 59' 53" K - 28° 52' 19" D
52	Şehir İçi	Florya, Bakırköy	40° 57' 53" K - 28° 48' 03" D
53	Şehir İçi	Dr. Sadık Ahmet cad.Avcılar	40° 58' 36" K - 28° 44' 44" D

54	Şehir Yol Kenarı	Oyak S.Civ.Sefaköy, Küçükçekmece	41° 01' 56" K - 28° 47' 22" D
55	Kontrol	Heybeliada, Adalar	40° 52' 40" K - 29° 05' 57" D
56	Kontrol	Burgazada sahil, Adalar	40° 53' 04" K - 29° 04' 08" D
57	Kontrol	Burgazada iç kesim, Adalar	40° 53' 06" K - 29° 03' 36" D
58	Kontrol	Burgazada Öğretmenevi, Adalar	40° 53' 01" K - 29° 04' 06" D
59	Şehir Yol Kenarı	FSM Köprü çıkışı-TEM, Beykoz	41° 05' 29" K - 29° 04' 16" D

K: Kuzey Paraleli **D:** Doğu Meridyeni



Şekil III.2. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un ve Yetiştığı Toprakların Alındığı Lokalitelerin Bölgesel Genel Görünüşü (Googleeearth)



Şekil III.3. Avrupa Yakasından Örnek Alınan Lokaliteler (A)



Şekil III.4. Boğaz Sahil Şeridinden Örnek Alınan Lokaliteler (B)



Şekil III.5. İstanbul Anadolu Yakasından Örnek Alınan Lokaliteler (C)



Şekil III.6. İstanbul Adalar Kontrol Bölgesinden Örnek Alınan Lokaliteler (D)

III.5. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Laboratuvar çalışmalarından önce, ağır metal analizinde kullanılan temel cihaz ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometers) ve ICP tekniği kısaca açıklanmıştır.

III.5.1. ICP- OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi)

Spektroskopi, ışının madde ile etkileşimini inceler. Spektrometri ise özellikle elektromanyetik ışın şiddetinin çeşitli detektörlerle ölçülmesini ifade eder (Eroğlu ve Aksoy, 2003). Temel haldeki bir maddenin atomları, uyarılarak uyarılmış enerji düzeyine çıkar. Uyarılmış kararsız haldeki atomun ömrü kısadır. Emisyon spektrometresi, uyarılmış enerji düzeyine çıkan atomların daha düşük enerjili düzeylerine geçişlerinde yaydıkları UV ve görünür bölge ışımasının ölçülmesi ilkesine dayanır. Tabiattaki elementlerin atom numaraları ve elektron sayısı farklı olduğu için, enerji seviyeleri ve yaydıkları ışının dalga boyu da farklıdır (Anonim, 2009a). Spektrometrik yöntemler ışının absorpsiyon, emisyon, lüminesans (floresans-fosforesans), saçılma şiddetinin ölçülmesi prensibine dayanır (Eroğlu ve Aksoy, 2003). Atomik emisyon spektrometrisi (AES), uyarmayı sağlayan enerji kaynağının türüne göre isimlendirilir. Örneğin atomlaştırmak ve uyarmak için alevin kullanıldığı yöntemle alev emisyon spektroskopisi, elektriksel boşalım ve plazma gibi yüksek enerji kaynağı kullanılan yöntemle ise **atomik emisyon spektroskopisi(AES)** denir (Anonim, 2009a).

Atomik emisyon spektroskopisi(AES) ilk geliştirildiğinde alev, elektrik arkı ve kıvılcım atomlaştırmaya ve uyarmaya dayanmaktaydı. Günümüzde plazma kaynakları kullanılan en önemli ve yaygın kaynaklardır. Üç plazma kaynağından **indüktif eşleşmiş plazma kaynağı (ICP)**, doğru akım plazma (DCP) ve mikrodalga-eşleşmiş plazma(MIP) kaynağına göre daha önemlidir (Skoog ve ark., 2007).

Plazma, nötr gaz, katyon ve elektron içeren iletken bir gaz karışımı olarak tanımlanabilir. Alevin kullanıldığı absorpsiyon ve emisyon spektroskopisi yöntemlerinde, oksijenin yüksek kısmi basıncı nedeniyle, toprak alkali elementleri, nadir toprak elementleri ve bor, silisyum gibi bozunmayan oksit ve hidroksit radikaller oluşturan elementlerin analizinde duyarlılık düşüktür. Fakat argon gazı ile oluşturulan plazmada böyle bir sorun yoktur (Skoog ve ark., 2007). ICP tekniğinde plazma gazı olarak argon (Ar) kullanıldığından, indüktif eşleşmiş plazmada Argon,

iyonlaşmış Argon ve elektron bulunduğunu söyleyebiliriz. İndüktif eşleşmiş plazma kaynağı iç içe geçmiş üç kuvars tüpten (torch) yapılmıştır. Argon, en dış ve ara borudan helezonik bir şekilde geçerek borunun ucuna, genellikle bakırdan yapılmış su soğutmalı indüksiyon bobininin sardığı bölüme ulaşır. Radyo indüksiyon jeneratörünün gücü 27 veya 41 Mhz de 0.5-2 kw tır. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması, bir elektron kaynağı ile sağlanır ve argon atomları ile çarpışır böylece argon iyonları daha fazla sayıda elektronun oluşmasını sağlar. Bu etkileşim sonucunda iyonlar ve elektronlar aynı yöne doğru akmaya başlar. Ortamın bu akmaya karşı gösterdiği direnç ile ortamın sıcaklığı 10000 K'e (+273= °C) kadar yükselir. Bu güç sayesinde hamlacın ucunda manyetik alan yaratılır. Numune, en içteki kuvars borudan geçen argon gazı akışıyla plazma içerisinde taşınır. Numune cihaza aerosol (argon gazı yardımıyla), buhar (elektro termal buharlaştırıcılarla) ve ince toz halinde (lazerle) olmak üzere üç şekilde ilave edilebilir (Eroğlu ve Aksoy, 2003; Anonim, 2009a).

Plazmada oluşan atom ve iyonların emisyonu değişik şekillerde ölçülebilir. ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi) cihazları, sırayla, ölçüm yapanlar (ing: sequential) ve aynı anda ölçüm yapanlar (ing: simultaneous) olmak üzere iki bölümde incelenebilir (Eroğlu ve Aksoy, 2003).

Alevli ve elektrotermal absorpsiyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında plazma ark ve kıvılcım emisyon spektrometri bazı üstünlüklere sahiptir.

- 1- Uygulanan yüksek sıcaklıkların doğrudan sonucu olarak, elementler arası girişimin daha yüksek olmasıdır.
- 2- Belirli uyarma koşullarında, birçok element için iyi emisyon spektrumları elde edilmesi ve bunun sonucunda düzinelerce elementin spektrumu, aynı anda kaydedilebilmesidir. Bu özelliğin çok küçük numunelerde, çok sayıda elementin analizinde özel bir önemi vardır. Alevli kaynaklar bu yönden daha yetersizdir. Çünkü en uygun uyarma koşulları elementten elemente büyük ölçüde değişir. Bazı elementlerin uyarılması için yüksek sıcaklıklar bazıları için ise düşük sıcaklıklar gereklidir. Böylece en uygun çizgi şiddetinin olduğu alev bölgeleri elementten elemente değişir.
- 3- Refrakter bileşikler (bor, fosfor, tungsten, uranyum, zirkonyum ve niyobyumun oksitleri gibi bileşiklerdir. Bu bileşikler termal bozunmaya karşı direnç oluşturma eğiliminde olan elementlerin düşük derşimlerin tayin edilebilmesidir.

Plazma kaynaklarına dayanan yöntemler diğer absorpsiyon yöntemlerinin aksine daha geniş derişim aralıklarında çalışabilir (Skoog ve ark., 2007).

Atomik emisyon spektrometri (AES) ile atomik absorpsiyon spektrometri (AAS) arasındaki en önemli fark, absorpsiyon analizlerindeki atomlaştırıcının görevi sadece atomlaştırma iken, emisyon analizlerindeki atomlaştırıcının hem atomlaştırma hem uyarma işlevi görmesidir. Herhangi bir analitin tayininde kullanılacak metodun seçiminde, analitin derişimi, olası girişim etkileri, numune miktarı, istenen duyarlık-kesinlik, analiz masrafı vb. gibi birçok parametre göz önünde bulundurulur (Eroğlu ve Aksoy, 2003).

Kısaca özetleyecek olursak; ICP-OES tekniğinin AAS tekniklerine kıyasla, çok sayıda elementin aynı anda veya çok kısa sürede ölçülmesi yani multielement ölçüm yapma özelliği, inert Argon atmosferinde daha etkin bir atomlaştırma yapması ve lineer çalışma aralığının daha geniş olması, düşük dedeksiyon limitte çalışması önemli avantajlarından (Eroğlu ve Aksoy, 2003). Çok az miktardaki numunelerle bile hassas sonuçlar elde edilmektedir (Lara ve ark., 2001). Bizim çalışmamızda ICP-OES Sequential Varian model kullanılmıştır.

III.5.2. Laboratuvar Çalışmaları

Toplanan bitki örnekleri, Marmara Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Botanik Laboratuvarına getirildikten sonra yapraklar ikiye ayrılmıştır. Her yaprak örneğinin yarısı bidistile su ile yıkanarak tozlar ve muhtemel hava kaynaklı ağır metal partikülleri arındırılmaya çalışılmıştır. Yaprakların yıkanmayan diğer yarısı ve kabuk örnekleri, herhangi bir işlemde geçirilmeden kurutulmuştur. Daha sonra mikrobiyal çürüme ve kontaminasyonu önlemek için yıkanmamış-yıkanmış yaprak ve kabuk örnekleri zarflara konularak 80°C’de etüvde 24 saat bekletilmiştir. Kurutma işleminden sonra örnekler, ağır metal dağılımını homojenize etmek için blender ile öğütölüp 1.5 mm’lik elekten geçirilmiştir. Her işlem öncesi, blender bıçakları, haznesi ve ince elek muhtemel bir kontaminasyonu engellemek için, aseton ve etil alkolle temizlenmiş, daha sonra distile sudan geçirilerek kurulanmıştır. Öğütölün örnekler, etiketlenerek kilitli plastik poşetlere konulmuştur (Şekil III.7.).

Toprak örnekleri plastik torbalar ile laboratuara getirilerek oda sıcaklığında 2 hafta kurutularak, 2 mm.’lik elekten geçirilmiştir. Kontaminasyona engel olmak için her defasında elek saf su ve %96’lık etil alkolle yıkanmıştır. Elde edilen toprak

örnekleri etiketlendirilerek kilitli plastik poşetlerde analiz edilinceye kadar muhafaza edilmiştir (Şekil III.7.).



Şekil III.7. Bitki Öğütme Makinesi ve Öğütülmüş Bitki-Toprak Örnekleri

Ağır metal tayini için analiz çalışmaları, Erciyes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Laboratuvarında yapılmıştır. Bitki ve toprak örnekleri hassas terazide 0.5 g tartılarak teflon hücrelere konulmuştur (Şekil III.8.).



Şekil III.8. Örneklerin Hassas Terazide Tartılması

Çalışmalarda kullanılan cam ve plastik malzemeler deterjanlı suda bir gün bekletilmiştir. Çeşme suyuyla durulanan malzemeler %20'lik nitrik asit (HNO_3) içinde bir gece bekletilmiştir. Bekleme sonunda çift distile su ile yıkanarak 60 °C'de etüvde kurutulmuştur. Ayrıca teflon hücreleri temizlemek için bikromat temizleme solusyonu da kullanılmıştır.

Organik ve inorganik değişik matristeki örneklerin çözülmesi için farklı yöntemler vardır. Son yıllarda, yaş çözme yöntemindeki gelişmeler kapalı sistemlerde, yüksek basınç ve sıcaklıkta mikrodalga ısıtmaya dayandırılmıştır. Kapalı sistemde yaş çözme açık sistemlere göre daha avantajlıdır. Kapalı sistemlerde, elementlerin uçuculukla kaybolması ve dış kaynaklı bir kontaminasyonun olması engellenir. Yüksek sıcaklıktan dolayı reaksiyon daha hızlı gerçekleşir. Birçok çözme işlemi için yüksek saflıkta nitrik asit (HNO_3) kullanılmaktadır.

Çalışmamızda CEM Mars5 model kapalı mikrodalga çözme sistemi kullanılarak, hassas terazide tartılan bitki ve toprak örnekleri sıvılaştırılmıştır. Yüksek sıcaklığa ve basınca dayanıklı kaplarda, aynı anda 12 numune çözeltiye geçirilebilmektedir. Çözme işleminde, XP-1500 model teflon kaplar kullanılmıştır (Şekil III.9.).



Şekil III.9. Örneklerin Mikrodalga Fırın Kabına Konulması

CEM marka Mars5 mikrodalgada örnekler içine 10 ml % 65 (w/w'lık) Merck marka nitrik asit (HNO_3) ilave edildikten sonra mikrodalga ısıtma programı kullanılmıştır (Tablo III.2.). 300 PSI basınçta ve 210°C 'de çözme işlemi yapılan bitki ve toprak numuneleri, mikrodalga fırında 1200W maksimum güçte 20 dakika %100' lük güçte ışına maruz kalmıştır. 15 dakikalık beklemeden sonra hücreler mikrodalgadan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır (Şekil III.10.).

Tablo III.2. Mikrodalga Isıtma Programı (Toplam 35 dakika)

Program adı	Parametreler					
Isıtma Programı	Mak. Güç (w)	% Güç	Isıtma (dk.)	Basınç (atm)	Sıcaklık ($^\circ\text{C}$)	Bekleme (dk.)
	1200	100	20	300	210	15



Şekil III.10. CEM marka Mars5 Mikrodalga Fırın

Bitkinin çeper yapısından dolayı hücrelerdeki örnekler santrifüj tüplerine aktararak, 5 dakika 3000 rpm’de santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örnekler Schleicher & Schuell (589/2) marka filtre kağıdıyla süzölmüştür. 50 ml’lik tüplere aktararak bidistile su ile üstleri 25 ml’ye tamamlanmıştır. ICP-OES’te analiz edilinceye kadar saklanmak üzere polietilen şişelere aktarılmıştır (Şekil III.11.). Her örnek üç tekrarlı olarak hazırlanmıştır.



Şekil III.11. ICP-OES’te Okunmaya Hazır Polietilen Şişelerdeki Örnekler

Ağır metal tayini işlemleri, Erciyes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde Varian model ICP-OES ile yapılmıştır. Çalışmamızda kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) metallerinin analizleri yapılmıştır. Analizler için kullanılan dalga boyları, Cd için 228.802 nm, Cr için 267.716 nm, Cu için 324.754 nm, Fe için 259.940 nm, Ni için 221.647 nm, Pb için 220.353 nm ve Zn için 206.200 nm'dir (Şekil III.12.).

Hassas ölçüm gereçlerinin her kullanımda daha etkin ve doğru sonuç vermesi için belirli aralıklarla kalibre edilmesi gerekmektedir. Kalibrasyon grafiklerini çizmek için her bir element için ayrı ayrı stok standart çözeltiler hazırlanmıştır. Hazırlanan standart çözeltilerden çözeltilerin derişimleri 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 ve 10 µg/ml ve hacimleri 25 ml olacak şekilde standartlar hazırlanmıştır. (Her element için farklı oranlarda çözelti kullanılarak kalibrasyon yapılmıştır).



Şekil III.12. Ağır Metal Analizinde Kullanılan ICP-OES Cihazı

Her bir metal analizi için üçer örnek hazırlanmış ve böylece standart sapma değerleri hesaplanmıştır. İstanbul'da 59 farklı lokaliteden toplanan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (erguvan) bitkisinin yıkanmamış-yıkanmış yaprak, kabuk ve yetiştikleri toprak olmak üzere 4 parametrede ve 3 referans örneğinde (üçer defa) 7 ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) analizi yapılmıştır. Çıkan ICP sonuçları standardize edilmiştir. Ölçüm değerleri µg/g (ppm) olarak verilmiştir.

III.6. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

Yaptığımız çalışmanın sonucunda elde edilen veriler kullanılarak çeşitli analizler yapılmıştır. Ortalamaların istatistiksel karşılaştırılmasında $p \leq 0,05$ değeri anlamlı olarak değerlendirilmiştir. %95'lik güven aralığında ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda, farklılığın belirlenmesi için Tukey HSD ve Dunnett t (2-sided) testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerin amaçları ve değerlendirme kriterleri kısaca açıklanmıştır:

a- Karşılaştırma için farklı kirlenme ortamlarındaki **standart hata değerleri** hesaplanmıştır. Genel olarak, standart hatanın küçük olması; kitle (popülasyon) parametresine ait yapılacak tahminlerin isabetli, büyük olması ise; ortalamadan sapmaların, riskin çok olduğunun ve oynaklığın göstergesidir. Standart hata, ortalamanın dağılımındaki varyasyonu (değişimini) gösterir (Özbek ve Keskin, 2007).

b- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklardaki kirlilik farkının anlamlılığını ve farklı iki lokalite arasında anlam farklılığını belirlemek için **t - test analizi** yapılmıştır. İki grubun ortalamalarını karşılaştırmak için t - testi kullanılır. Ortalamalar arasındaki farkın rastlantısal mı, yoksa istatistiksel olarak anlamlı mı olup olmadığına karar verilir. İki ya da daha fazla örneklemin ortalamalarının farklı olup olmadığını belirlemek için **Anova (F -testi)** yapılmıştır (Bekiroğlu, 1998; Özdamar, 1999).

c- Toprak-*Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* 'un farklı organları, yıkanmış-yıkanmamış yapraklar arasındaki ilişkilerin hangi yönde olduğunu ve artıp azaldığını belirlemek amacıyla her bir metal için **korelasyon analizi** yapılmıştır. Korelasyon katsayısı, bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve büyüklüğünü belirleyen katsayıdır (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 2000). Değişkenlerin birbiri arasındaki etkileşim olup olmadığı, varsa etkileşimin kuvvetli mi olduğu ve gözlem gruplarından birinin gözlem değerleri artarken diğerinin azalıyor mu yoksa aynı yönde mi değerleri değişiyor olduğu gözlenebilir. Korelasyon katsayısı (r), -1 ile +1 arasında değişen değerler alır. Katsayı, etkileşimin olmadığı durumda 0, tam ve kuvvetli bir etkileşim varsa 1, ters yönlü ve tam bir etkileşim varsa -1 değerini alır (Bekiroğlu, 1998, Akdeniz, 2002). Genellikle, 0-0.25 arasında ise korelasyon çok zayıf, 0.26-0.49 arasında ise korelasyon zayıf, 0.50-0.69 arasında ise orta derecede,

0.70-0.85 arasında ise kuvvetli ilişki, 0.85-1 arasında ise çok kuvvetli ilişki vardır denilmektedir (Anonim, 2008c; 2008d).

d- Bitkideki ağır metal kontaminasyonunun toprak yolu ve hava yolu ile bulaşma oranlarını belirlemek için yıkama sonucu yapraktan uzaklaşan metal yüzdeleri hesaplanmıştır.

İstatistiksel hesaplamalarda ve grafik çizimlerinde SPSS 15.0 ve Microsoft Office (Excel-2003) programları kullanılmıştır.

BÖLÜM IV

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

IV.1. SONUÇLAR

Bu çalışmada beş farklı kirlenme ortamı kabul edilerek *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* bitkisinde ağır metal analizi yapılmıştır;

- a- Yerleşim yerlerine yakın, şehir yol kenarına oranla daha az trafik yoğunluğu olan şehir içinden,
- b- Yerleşim yerleri ve yol kenarlarına da yakın, İstanbul'da bulunan başlıca dinlenme merkezleri olan şehir parklardan,
- c- Yoğun trafiğin yaşandığı, ağır metallerin emisyonunun yoğun görüldüğü D-100 ve Tem otoyolu gibi şehir yol kenarlarından,
- d- İstanbul'un sembolü olan erguvanların yoğun olarak bulunduğu, Boğaz sahil şeridinden,
- e- Kirlilik düzeyinin karşılaştırılması amacıyla şehir merkezinden ve trafikten uzak olan kontrol bölgesinden örnekler alınmıştır.

Ağır metal konsantrasyonu % 95'lik güven aralığında hesaplanmıştır.

Yıkanmış ve yıkanmamış yaprak, kabuk ve topraktaki ağır metal konsantrasyonları hem farklı kirlenme ortamlarında hem de bitkinin farklı organlarında karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Yıkanmamış ve yıkanmış yaprak örneklerinde de analiz edilen metallerin farklılık gösterdiği tespit edilmiş, yıkama sonucunda metallerin miktarlarında azalma yüzdesi belirlenmiştir .

Toprak ve bitki organları (yıkanmamış-yıkanmış yaprak ve kabuk) arasındaki korelasyonlar hesaplanmıştır. Böylece metallerin hangi yolla bitki bünyesine alındığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Analizi yapılan kadmiyum, krom, bakır, demir, nikel, kurşun ve çinko sonuçları aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.

IV.1.1. Kadmiyum Değerleri

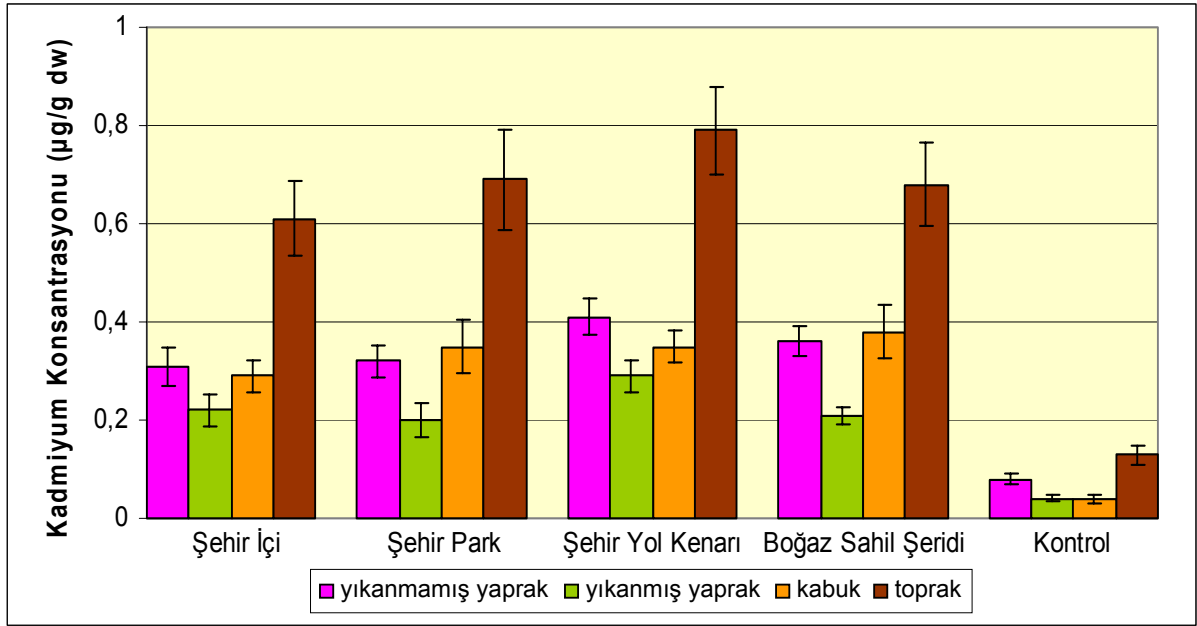
59 farklı lokaliteden toplanan ve analiz edilen *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un organlarının ve bu bitkilerin yetiştiği toprakların içerdikleri Cd konsantrasyonları ölçülmüştür. Erguvanın çeşitli organlarına göre, toprakta daha fazla kadmiyuma rastlanmıştır. Toprakta ölçülen en düşük–en yüksek kadmiyum miktarı 0.07–1.36 µg/g dw'dir. Bu değerler sırasıyla; şehir içi için 0.25–1.21 µg/g dw, şehir park için 0.39–1.18 µg/g dw, şehir yol kenarı için 0.31–1.19 µg/g dw, boğaz sahil şeridi için 0.34–1.36 µg/g dw ve kontrol bölgesi için 0.07–0.16 µg/g dw olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük ve en yüksek Cd konsantrasyon değerleri, yıkanmamış yapraklarda 0.06–0.64 µg/g dw, yıkanmış yapraklarda 0.03–0.51 µg/g dw ve kabuklarda ise 0.02–0.83 µg/g dw olarak bulunmuştur.

Farklı kirlenme ortamlarından toplanan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un organları ve yetiştiği topraklardaki ortalama kadmiyum kirlilik düzeyleri Tablo IV.1.'de görülmektedir.

Tablo IV.1. Farklı Kirlenme Ortamları İçin *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştği Topraklardaki Ortalama Kadmiyum Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri (µg/g dw)

Kirlenme Ortamı	Yıkanmamış Yaprak (Cd)	Yıkanmış Yaprak (Cd)	Kabuk (Cd)	Toprak (Cd)
Şehir İçi	0.31±0.04	0.22±0.03	0.29±0.03	0.61±0.08
Şehir Park	0.32±0.03	0.20±0.04	0.35±0.05	0.69±0.10
Şehir Yol Kenarı	0.41±0.04	0.29±0.03	0.35±0.03	0.79±0.09
Boğaz Sahil Şeridi	0.36±0.03	0.21±0.02	0.38±0.05	0.68±0.09
Kontrol	0.08±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01	0.13±0.02

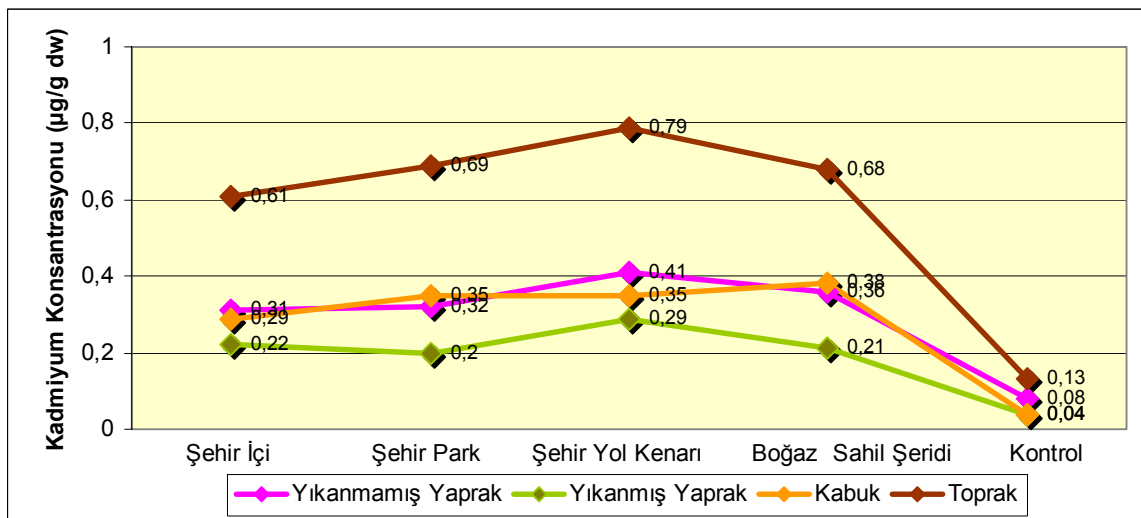
Tablo IV.1.'deki değerler için dağılım histogramı Şekil IV.1.'deki gibidir.



Şekil IV.1. Farklı Kirlenme Ortamlarında *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organ ve Yetiştği Topraklardaki Kadmiyum Konsantrasyonlarının Histogramı

Şekil IV.1.'e göre kadmiyum birikiminin; kontrol bölgesinde, araç trafiğinin yoğun olduğu yerlere oranla daha az olduğu açıkça görülmektedir.

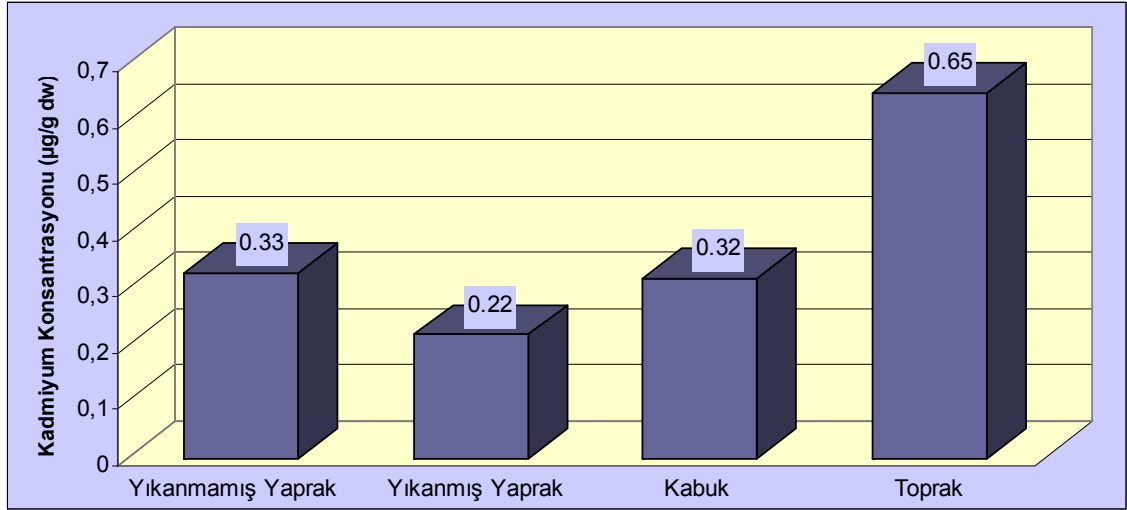
Şekil IV.2.'de farklı kirlilik ortamları ile çeşitli bitki organları ve topraktaki kadmiyum konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği gösterilmiştir.



Şekil IV.2. Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Kadmiyum Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon

Görüldüğü gibi, toprak örneklerinde ölçülen değerler, bitki organlarına göre daha yüksektir.

Kadmiyumun *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un farklı organlarında ve yetiştiği topraklarda birikim miktarları kıyaslanmıştır. Yıkanmamış ve yıkanmış yaprak, kabuk ve topraktaki kadmiyum konsantrasyonları karşılaştırmalı olarak Şekil IV.3.'te gösterilmiştir.



Şekil IV.3. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştirdiği Topraktaki Kadmiyum Miktarları

Çift distile su ile yıkanmış yapraklarda, yaprak yüzeyine kontamine olmuş kadmiyumun uzaklaşma oranları Tablo IV.2.'de verilmiştir.

Tablo IV.2. İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* Yapraklarından Uzaklaşan Kadmiyum Oranı (%)

Şehir İçi	Şehir Park	Şehir Yol Kenarı	Boğaz Sahil Şeridi	Kontrol
29.03	37.50	29.27	41.67	50.00

Kadmiyum sonuçlarına göre yapılan *t* -test analizlerinde;

1- Yıkanmamış yaprak, yıkanmış yaprak, kabuk ve toprak ile yapılan çoklu karşılaştırmada (Tukey HSD, Dunnett *t* -test) kontrol grubu ile diğer lokaliteler (şehir içi, şehir park, şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi) arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.001$) bulunmuştur.

2- Toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk Cd miktarları karşılaştırıldığında, anlamlı ($p < 0.001$) bulunmuştur.

3- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklardaki Cd miktarları karşılaştırıldığında, $p < 0.001$ (anlamlı) olduğu görülmüştür.

Kadmiyum sonuçlarına göre yapılan **korelasyon analizlerinde** ise;

a- Korelasyon değeri, toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk arasında sırasıyla 0.57, 0.60 ve 0.56 (pozitif yönde, orta derecede ve kuvvetli bir ilişki),

b- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda $r = 0.81$ (pozitif yönde kuvvetli bir ilişki) bulunmuştur.

IV.1.2. Krom Değerleri

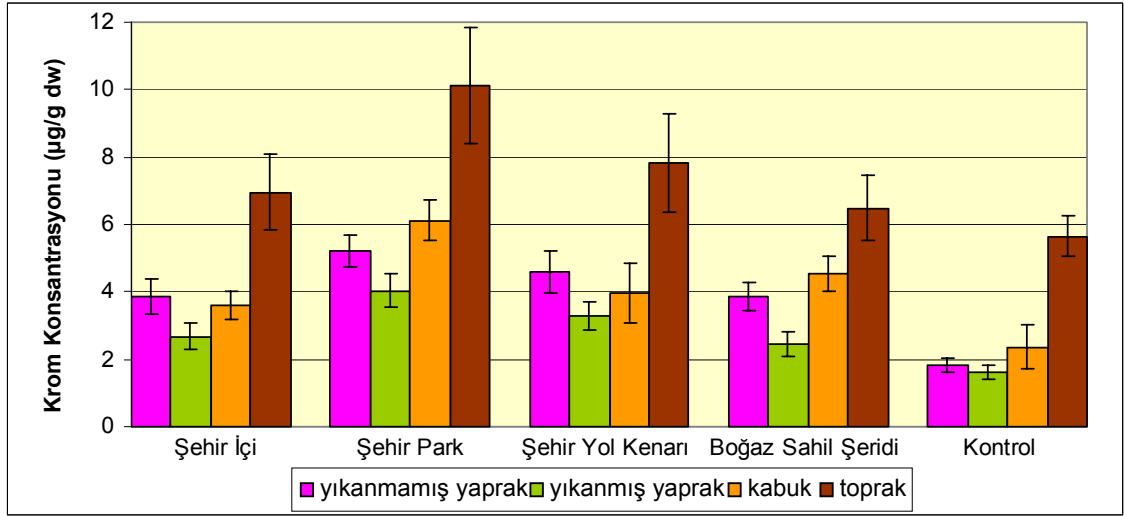
59 farklı lokaliteden toplanan ve analiz edilen *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*' un organlarının ve bu bitkilerin yetiştiği toprakların içerdikleri Cr konsantrasyonları ölçülmüştür. Erguvanın çeşitli organlarına göre, toprakta daha fazla kroma rastlanmıştır. Toprakta ölçülen en düşük–en yüksek krom miktarı 2.13–19.35 $\mu\text{g/g dw}$ 'dir. Bu değerler sırasıyla; şehir içi için 2.13–15.61 $\mu\text{g/g dw}$, şehir park için 3.46–17.15 $\mu\text{g/g dw}$, şehir yol kenarı için 3.12–19.35 $\mu\text{g/g dw}$, boğaz sahil şeridi için 2.38–17.28 $\mu\text{g/g dw}$ ve kontrol bölgesi için 3.95–6.29 $\mu\text{g/g dw}$ olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük ve en yüksek Cr konsantrasyon değerleri yıkanmamış yapraklarda 1.36–8.68 $\mu\text{g/g dw}$, yıkanmış yapraklarda 0.69–6.91 $\mu\text{g/g dw}$ ve kabuklarda ise 1.02–9.63 $\mu\text{g/g dw}$ olarak bulunmuştur.

Farklı kirlenme ortamlarından toplanan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un organları ve yetiştiği topraklardaki ortalama krom kirlilik düzeyleri Tablo IV.3.'te görülmektedir.

Tablo IV.3. Farklı Kirlenme Ortamları İçin *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştigi Topraklardaki Ortalama Krom Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri ($\mu\text{g/g dw}$)

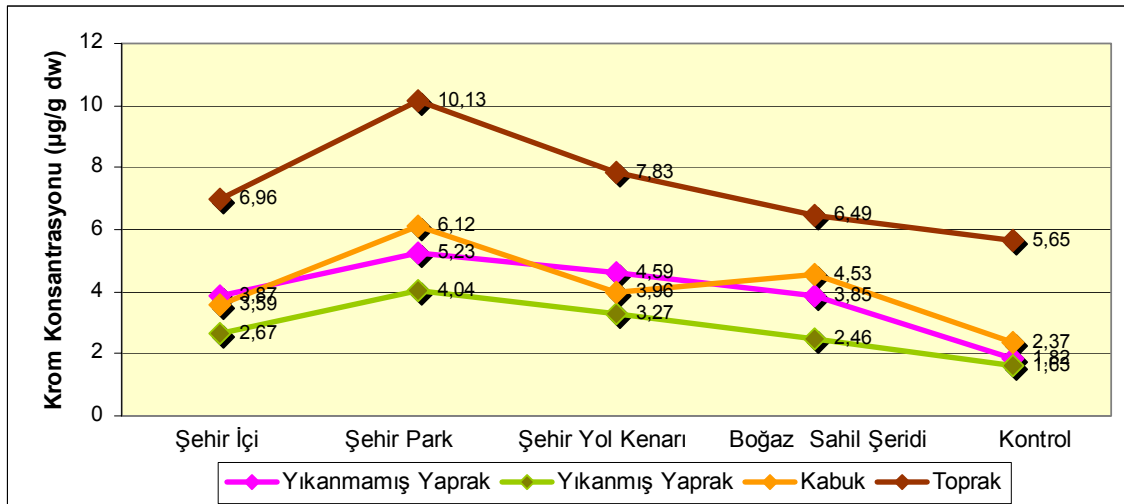
Kirlenme Ortamı	Yıkanmamış Yaprak (Cr)	Yıkanmış Yaprak (Cr)	Kabuk (Cr)	Toprak (Cr)
Şehir İçi	3.87±0.51	2.67±0.39	3.59±0.41	6.96±1.12
Şehir Park	5.23±0.47	4.04±0.51	6.12±0.59	10.13±1.71
Şehir Yol Kenarı	4.59±0.61	3.27±0.41	3.96±0.88	7.83±1.45
Boğaz Sahil Şeridi	3.85±0.43	2.46±0.37	4.53±0.51	6.49±0.98
Kontrol	1.82±0.20	1.63±0.20	2.37±0.65	5.65±0.59

Tablo IV.3.'teki değerler için dağılım histogramı Şekil IV.4.'teki gibidir.



Şekil IV.4. Farklı Kirlenme Ortamlarında *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un çeşitli Organ ve Yetiştii Topraklardaki Krom Konsantrasyonlarının Histogramı

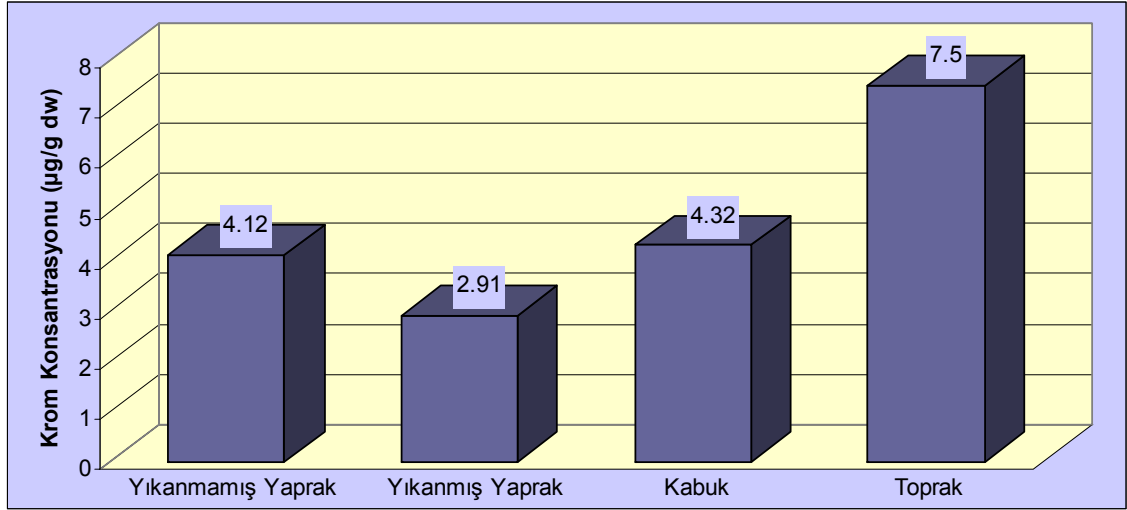
Şekil IV.5.'te farklı kirlilik ortamları ile çeşitli bitki organları ve topraktaki krom konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği gösterilmiştir.



Şekil IV.5. Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Krom Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon

Görüldüğü gibi, toprak örneklerinde ölçülen değerler, bitki organlarına göre daha yüksektir.

Kromun *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un farklı organlarında ve yetiştiği topraklarda birikim miktarları kıyaslanmıştır. Yıkanmamış ve yıkanmış yaprak, kabuk ve topraktaki krom konsantrasyonları karşılaştırmalı olarak Şekil IV.6.'da gösterilmiştir.



Şekil IV.6. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştirdiği Topraktaki Krom Miktarları

Çift distile su ile yıkanmış yapraklarda, yaprak yüzeyine kontamine olmuş kadmiyumun uzaklaşma oranları Tablo IV.4.'te verilmiştir.

Tablo IV.4. İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* Yapraklarından Uzaklaşan Krom Oranı (%)

Şehir İçi	Şehir Park	Şehir Yol Kenarı	Boğaz Sahil Şeridi	Kontrol
31.01	22.75	28.76	36.10	10.44

Krom sonuçlarına göre yapılan *t* -test analizlerinde;

1- Yıkanmamış yaprak, yıkanmış yaprak, kabuk ve toprak ile yapılan çoklu karşılaştırmada (Tukey HSD, Dunnett *t* -test) kontrol grubu ile diğer lokaliteler (şehir içi, şehir park, şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi) arasındaki farklılık istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

a- Yıkanmamış yaprakta

Kontrol grubu ile diğer lokaliteler arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.001$) bulunmuştur.

b- Yıkanmış yaprakta

Kontrol grubu ile şehir park ve şehir yol kenarı arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

Kontrol grubu ile şehir içi arasındaki farklılık, istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).

c- Kabukta

Kontrol ile şehir park arasındaki farklılık, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

Kontrol grubu ile boğaz sahil şeridi arasındaki farklılık, istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.01$).

Kontrol grubu ile şehir yol kenarı arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).

d- Toprakta

Kontrol grubu ile şehir park arasındaki farklılık toprak için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$).

2- Toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk Cr miktarları karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

3- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklardaki Cr miktarları karşılaştırıldığında, anlamlı ($p < 0.001$) olduğu görülmüştür.

Krom sonuçlarına göre yapılan **korelasyon analizlerinde** ise;

a- Korelasyon değeri, toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk arasında sırasıyla 0.50, 0.64 ve 0.52 (pozitif yönde, orta derecede ve kuvvetli bir ilişki),

b- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda $r = 0.81$ (pozitif yönde kuvvetli bir ilişki) olarak bulunmuştur.

IV.1.3. Bakır Değerleri

59 farklı lokaliteden toplanan ve analiz edilen *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un organlarının ve bu bitkilerin yetiştiği toprakların içerdikleri Cu konsantrasyonları ölçülmüştür. Erguvanın çeşitli organlarına göre, toprakta daha fazla bakıra rastlanmıştır. Toprakta ölçülen en düşük–en yüksek bakır miktarı 7.78–37.29 $\mu\text{g/g dw}$ 'dir. Bu değerler sırasıyla; şehir içi için 10.66–21.72 $\mu\text{g/g dw}$, şehir

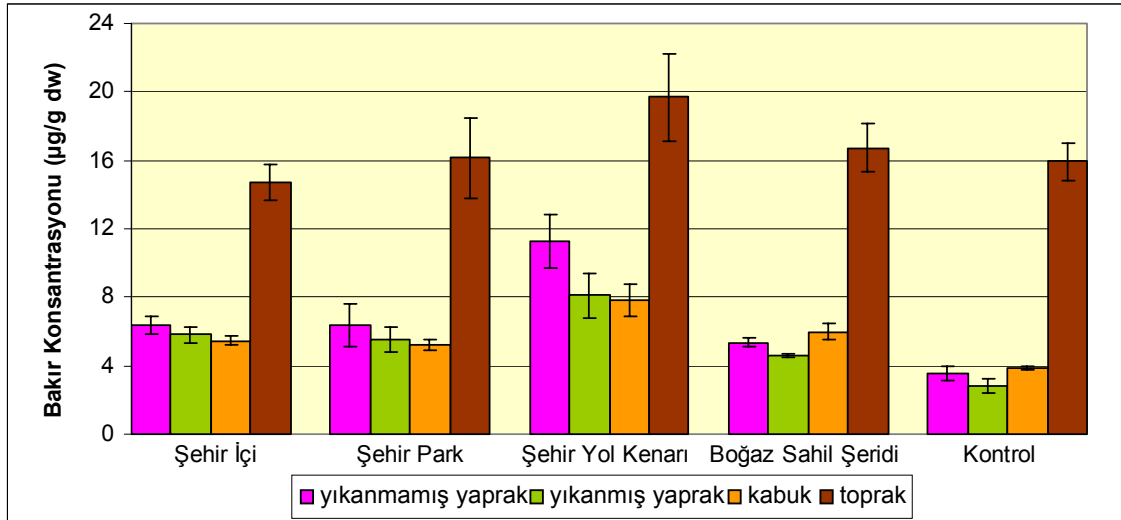
park için 7.78–27.21 µg/g dw, şehir yol kenarı için 10.09–37.29 µg/g dw, boğaz sahil şeridi için 8.56–28.85 µg/g dw ve kontrol bölgesi için 13.69–18.46 µg/g dw olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük ve en yüksek Cu konsantrasyon değerleri yıkanmamış yapraklarda 2.59–18.93 µg/g dw, yıkanmış yapraklarda 2.31–16.43 µg/g dw ve kabuklarda ise 3.56–16.36 µg/g dw olarak bulunmuştur.

Farklı kirlenme ortamlarından toplanan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un organları ve yetiştiği topraklardaki ortalama bakır kirlilik düzeyleri Tablo IV.5.'te görülmektedir.

Tablo IV.5. Farklı Kirlenme Ortamları İçin *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştigi Topraklardaki Ortalama Bakır Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri (µg/g dw)

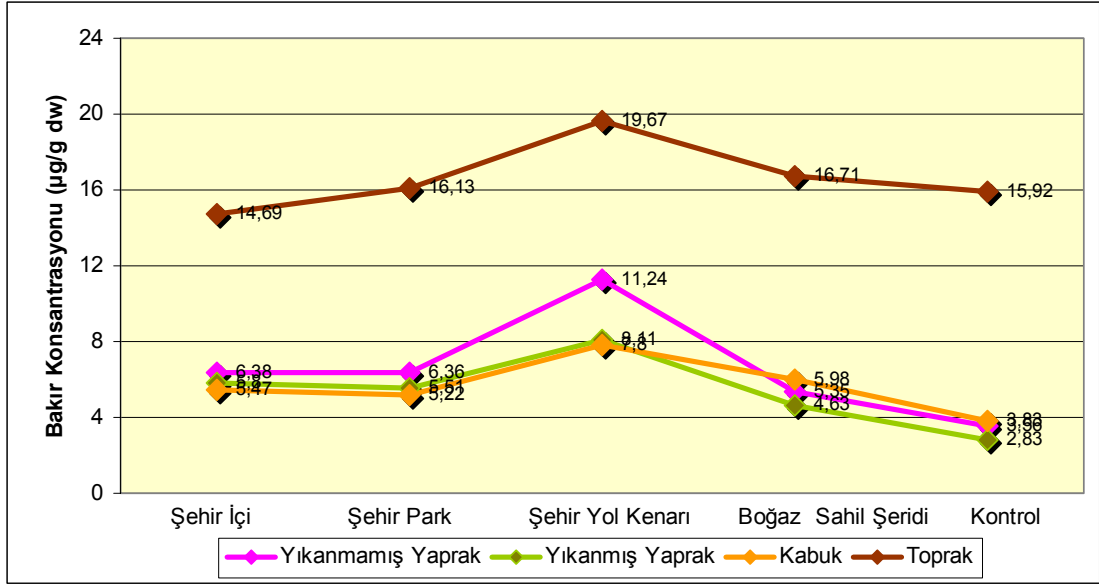
Kirlenme Ortamı	Yıkanmamış Yaprak (Cu)	Yıkanmış Yaprak (Cu)	Kabuk (Cu)	Toprak (Cu)
Şehir İçi	6.38±0.53	5.80±0.49	5.47±0.24	14.69±1.04
Şehir Park	6.36±1.22	5.51±0.73	5.22±0.31	16.13±2.31
Şehir Yol Kenarı	11.24±1.59	8.11±1.29	7.80±0.94	19.67±2.61
Boğaz Sahil Şeridi	5.35±0.24	4.63±0.10	5.98±0.49	16.71±1.41
Kontrol	3.56±0.43	2.83±0.39	3.83±0.12	15.92±1.14

Tablo IV.5.'teki değerler için dağılım histogramı Şekil IV.7.'deki gibidir.



Şekil IV.7. Farklı Kirlenme Ortamlarında *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organ ve Yetiştigi Topraklardaki Bakır Konsantrasyonlarının Histogramı

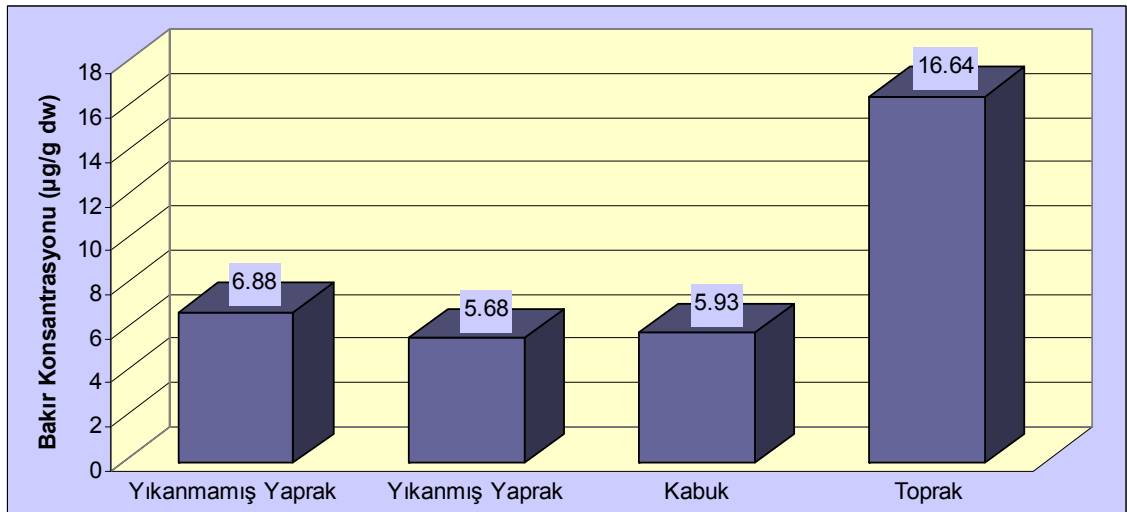
Şekil IV.8.'de farklı kirlenme ortamları ile çeşitli bitki organları ve topraktaki bakır konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği gösterilmiştir.



Şekil IV.8. Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Bakır Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon

Görüldüğü gibi, toprak örneklerinde ölçülen değerler, bitki organlarına göre daha yüksektir.

Bakırın *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un farklı organlarında ve yetiştiği topraklarda birikim miktarları kıyaslanmıştır. Yıkanmamış ve yıkanmış yaprak, kabuk ve topraktaki bakır konsantrasyonları karşılaştırmalı olarak Şekil IV.9.'da gösterilmiştir.



Şekil IV.9. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştirdiği Topraktaki Bakır Miktarları

Çift distile su ile yıkanmış yapraklarda, yaprak yüzeyine kontamine olmuş bakırın uzaklaşma oranları Tablo IV.6.'da verilmiştir.

Tablo IV.6. İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* Yapraklarından Uzaklaşan Bakır Oranı (%)

Şehir İçi	Şehir Park	Şehir Yol Kenarı	Boğaz Sahil Şeridi	Kontrol
9.09	13.36	27.85	13.46	20.51

Bakır sonuçlarına göre yapılan *t* -test analizlerinde;

1- Yıkanmamış yaprak, yıkanmış yaprak, kabuk ve toprak ile yapılan çoklu karşılaştırmada (Tukey HSD, Dunnett *t* -test) kontrol grubu ile diğer lokaliteler (şehir içi, şehir park, şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi) arasındaki farklılık istatistiksel olarak değerlendirildi.

a- Yıkanmamış yaprakta

Kontrol ile şehir yol kenarı arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

Kontrol grubu ile şehir içi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.01$).

Kontrol grubu ile şehir park arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

b- Yıkanmış yaprakta

Kontrol grubu ile şehir içi, şehir park ve şehir yol kenarı arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

Kontrol grubu ile boğaz sahil şeridi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).

c- Kabukta

Kontrol grubu ile şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

Kontrol grubu ile şehir içi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$).

Kontrol ile şehir park arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

2- Toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk Cu miktarları karşılaştırıldığında, anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

3- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklardaki Cu miktarları karşılaştırıldığında, anlamlı ($p < 0.001$) olduğu görülmüştür.

Bakır sonuçlarına göre yapılan **korelasyon analizlerinde** ise;

a- Korelasyon değeri, toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk arasında sırasıyla 0.58, 0.52 ve 0.55 (pozitif yönde, orta derecede ve kuvvetli bir ilişki),

b- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda $r = 0.88$ (pozitif yönde çok kuvvetli) olarak bulunmuştur.

IV.1.4. Demir Değerleri

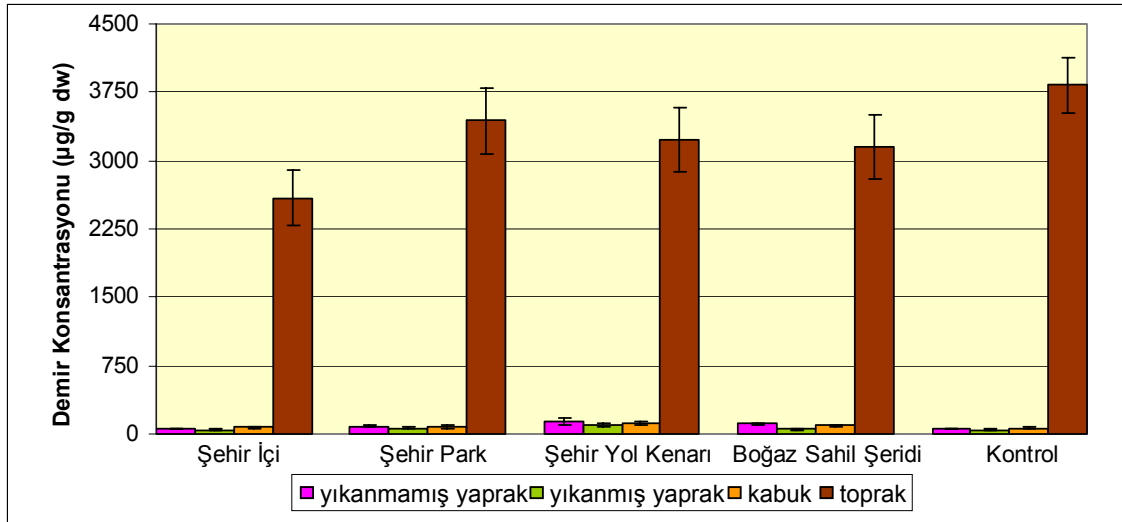
59 farklı lokaliteden toplanan ve analiz edilen *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* 'un organlarının ve bu bitkilerin yetiştiği toprakların içerdikleri Fe konsantrasyonları ölçülmüştür. Erguvanın çeşitli organlarına göre, toprakta çok daha fazla demire rastlanmıştır. Toprakta ölçülen en düşük–en yüksek demir miktarı 1125.97–5848.84 $\mu\text{g/g dw}$ 'dir. Bu değerler sırasıyla; şehir içi için 1268.09–4178.38 $\mu\text{g/g dw}$, şehir park için 2054.52–4761.59 $\mu\text{g/g dw}$, şehir yol kenarı için 1812.87–5848.84 $\mu\text{g/g dw}$, boğaz sahil şeridi için 1125.97–5621.39 $\mu\text{g/g dw}$ ve kontrol bölgesi için 2977.47–4405.39 $\mu\text{g/g dw}$ olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük ve en yüksek Fe konsantrasyon değerleri yıkanmamış yapraklarda 27.96–463.59 $\mu\text{g/g dw}$, yıkanmış yapraklarda 19.81–337.23 $\mu\text{g/g dw}$ ve kabuklarda ise 29.08–245.96 $\mu\text{g/g dw}$ olarak bulunmuştur.

Farklı kirlenme ortamlarından toplanan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* 'un organları ve yetiştiği topraklardaki ortalama demir kirlilik düzeyleri Tablo IV.7.'de görülmektedir.

Tablo IV.7. Farklı Kirlenme Ortamları İçin *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştği Topraklardaki Ortalama Demir Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri (µg/g dw)

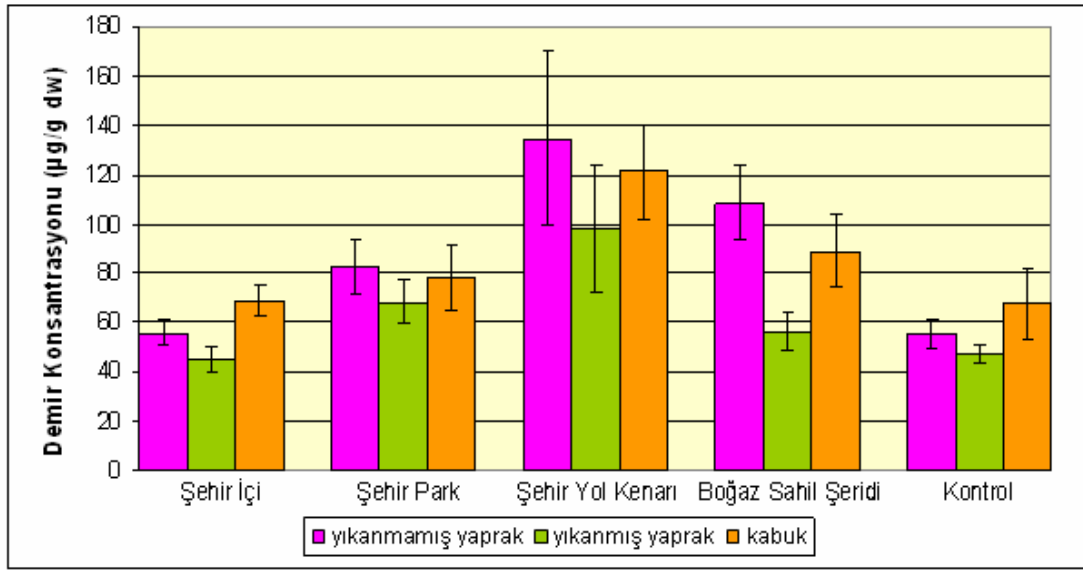
Kirlenme Ortamı	Yıkanmamış Yaprak (Fe)	Yıkanmış Yaprak (Fe)	Kabuk (Fe)	Toprak (Fe)
Şehir İçi	55.72±4.98	44.97±5.15	68.64±5.98	2589.35±306.39
Şehir Park	82.52±11.02	68.20±8.96	78.08±13.11	3437.41±363.38
Şehir Yol Kenarı	134.74±35.06	97.99±25.32	121.00±18.82	3229.56±344.53
Boğaz Sahil Şeridi	108.54±14.90	56.22±7.66	89.03±15.05	3151.52±354.60
Kontrol	55.31±6.06	47.25±3.88	67.82 ±14.23	3825.42±311.50

Tablo IV.7.'deki değerler için dağılım histogramı Şekil IV.10.'daki gibidir.



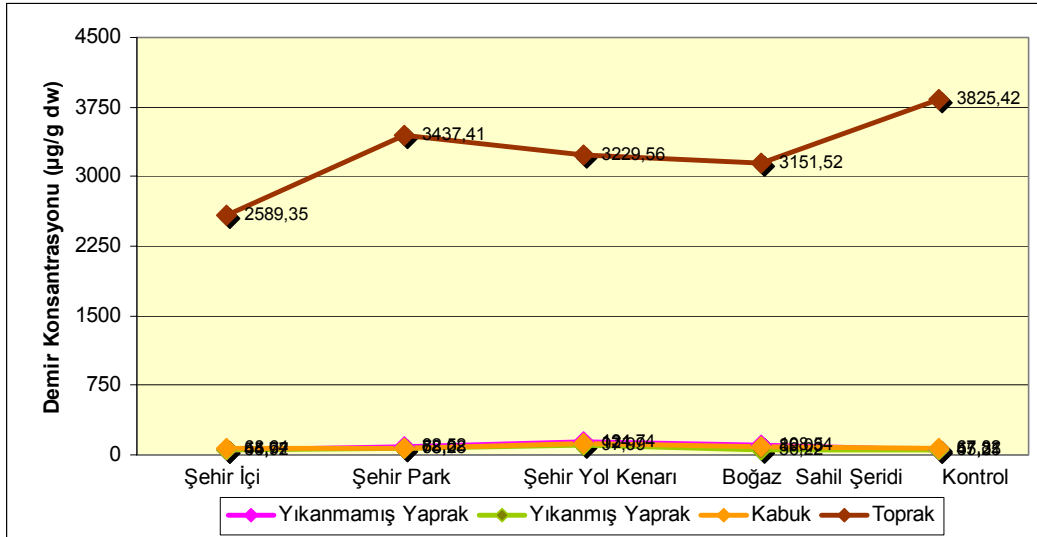
Şekil IV.10. Farklı Kirlenme Ortamlarında *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organ ve Yetiştği Topraklardaki Demir Konsantrasyonlarının Histogramı

Topraktaki demir miktarı, bitkinin yaprak ve kabuğunda tespit edilen miktardan çok daha fazla olduğu için toprak değerleri dikkate alınmadan yeni bir histogram çizilmiştir. Böylelikle bitkide tespit edilen demir miktarları daha net ortaya konmuştur (Şekil IV.11.).



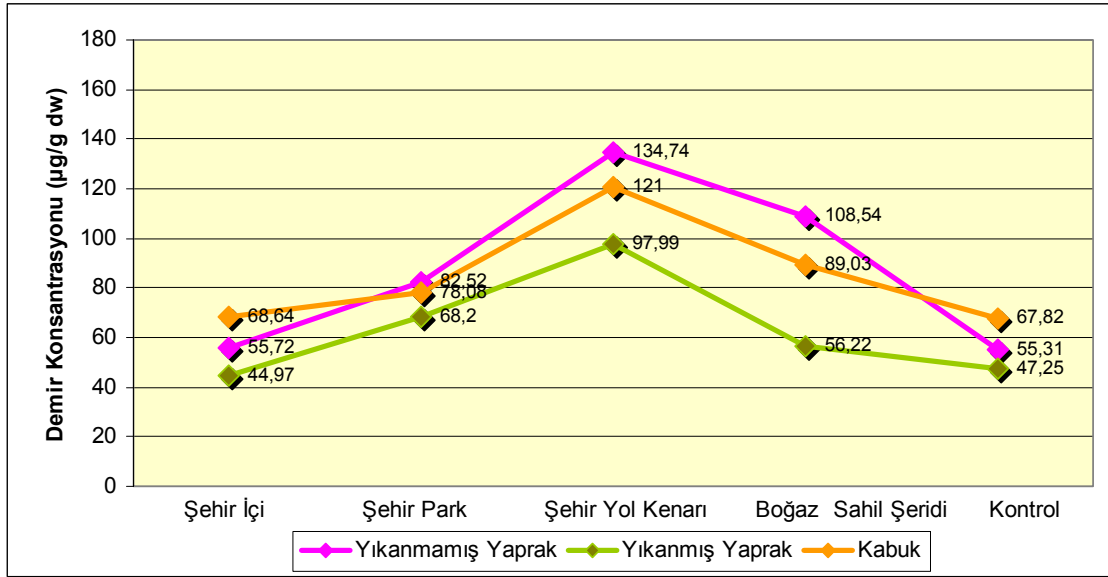
Şekil IV.11. Farklı Kirlenme Ortamlarında *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Yıkanmamış-Yıkanmış Yaprak ve Kabuklarında Demir Konsantrasyonlarının Histogramı

Şekil IV.12.'de farklı kirlenme ortamları ile çeşitli bitki organları ve topraktaki demir konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği gösterilmiştir.



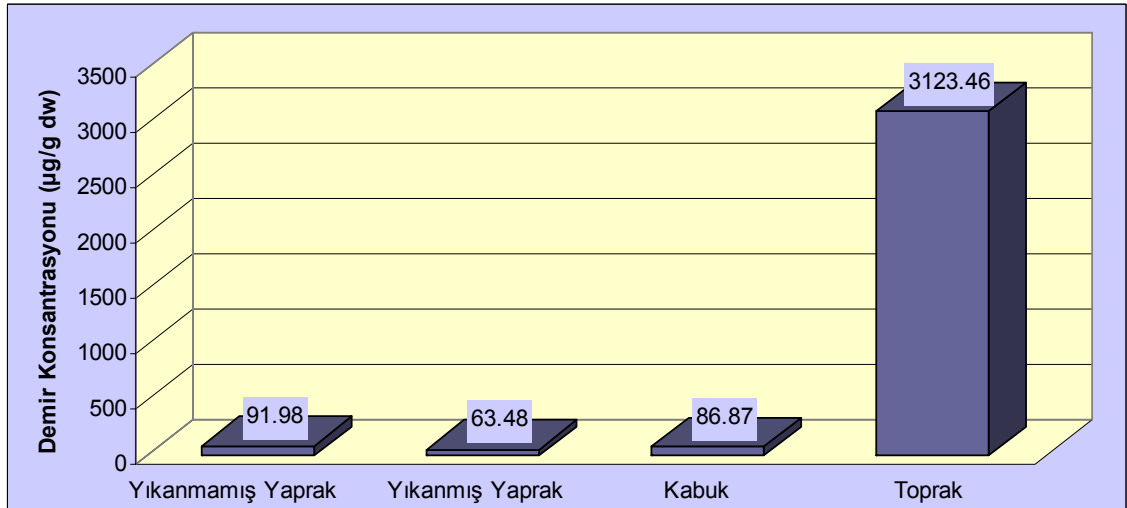
Şekil IV.12. Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Demir Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon

Görüldüğü gibi, toprak örneklerinde ölçülen değerler, bitki organlarına göre çok daha yüksektir. Toprak değerleri dikkate alınmadan lokalitelere bağlı olarak bitki organları arasındaki korelasyon yeniden çizilmiştir (Şekil IV.13.).



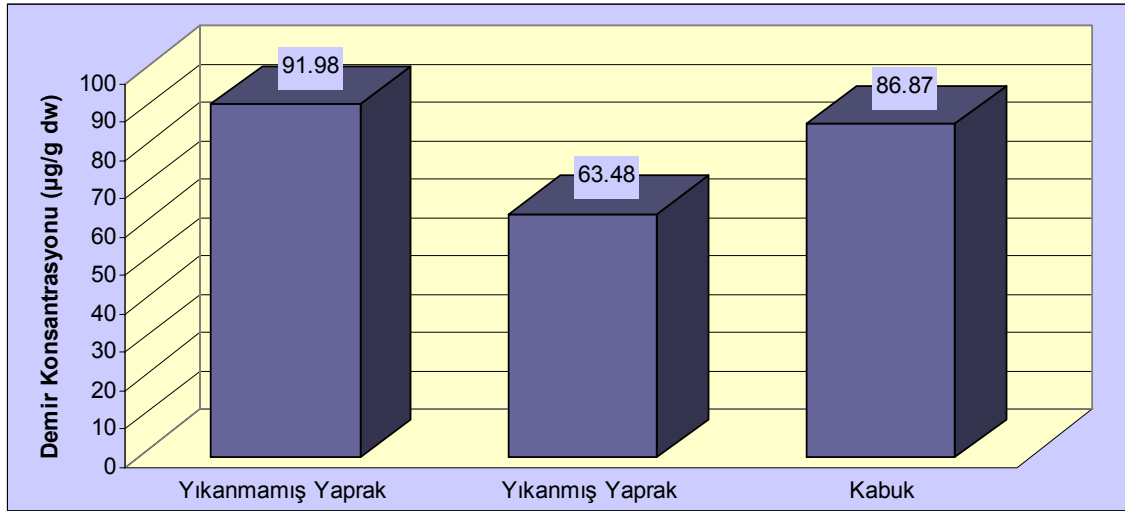
Şekil IV.13. Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak ve Kabuk Demir Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon

Demirin *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un farklı organlarında ve yetiştiği topraklarda birikim miktarları kıyaslanmıştır. Yıkanmamış ve yıkanmış yaprak, kabuk ve topraktaki demir konsantrasyonları karşılaştırmalı olarak Şekil IV.14.'de gösterilmiştir.



Şekil IV.14. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştirdiği Topraktaki Demir Miktarları

Toprak miktarı dikkate alınmadan lokalitelerden bağımsız demirin bitkide birikme oranı histogram şeklinde yeniden ortaya konmuştur (Şekil IV.15.).



Şekil IV.15. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak ve Kabuk Demir Miktarları

Çift distile su ile yıkanmış yapraklarda, yaprak yüzeyine kontamine olmuş demirin uzaklaşma oranları Tablo IV.8.'de verilmiştir.

Tablo IV.8. İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* Yapraklarından Uzaklaşan Demir Oranı (%)

Şehir İçi	Şehir Park	Şehir Yol Kenarı	Boğaz Sahil Şeridi	Kontrol
19.29	17.35	27.27	48.20	14.57

Demir sonuçlarına göre yapılan *t* -test analizlerinde;

1- Yıkanmamış yaprak, yıkanmış yaprak, kabuk ve toprak ile yapılan çoklu karşılaştırmada (Tukey HSD, Dunnett *t* -test) kontrol grubu ile diğer lokaliteler (şehir içi, şehir park, şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi) arasındaki farklılık istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

a- Yıkanmamış yaprakta

Kontrol ile şehir yol kenarı arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

Kontrol ile boğaz sahil şeridi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

b- Yıkanmış yaprakta

Kontrol ile şehir yol kenarı arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

c- Kabukta

Kontrol ile şehir yol kenarı arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

d- Toprakta

Kontrol grubu ile şehir içi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$).

2- Toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk Fe miktarları karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

3- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklardaki Fe miktarları karşılaştırıldığında, yapılan analiz sonucu anlamlı ($p < 0.001$) olduğu görülmüştür.

Demir sonuçlarına göre yapılan **korelasyon analizlerinde** ise;

a- Korelasyon değeri, toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk arasında sırasıyla 0.32, 0.43 (pozitif yönde, zayıf bir ilişki) ve 0.22 (pozitif yönde, çok zayıf bir ilişki),

b- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda $r = 0.86$ (pozitif yönde çok kuvvetli) olarak bulunmuştur.

IV.1.5. Nikel Değerleri

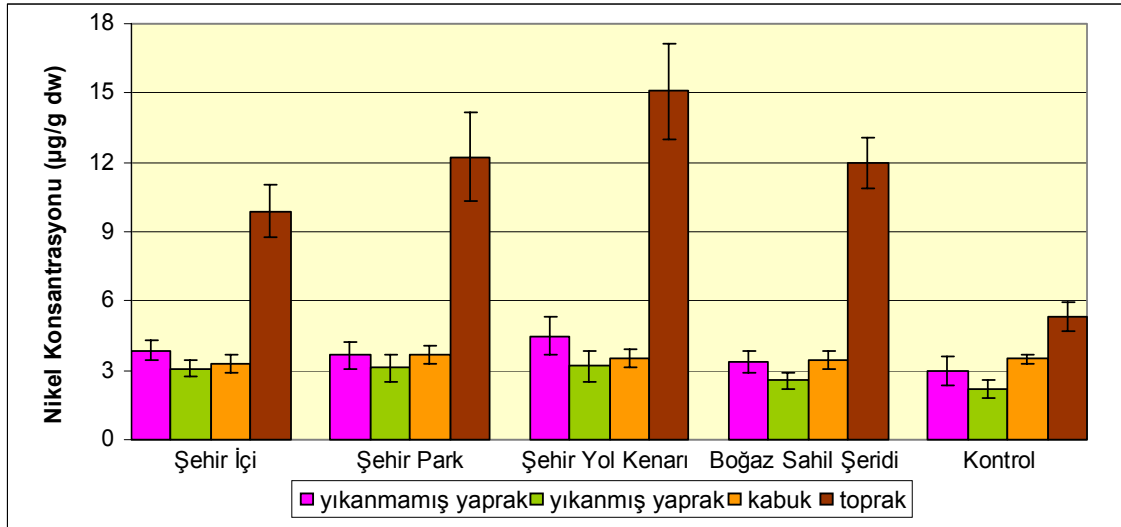
59 farklı lokaliteden toplanan ve analiz edilen *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un organlarının ve bu bitkilerin yetiştiği toprakların içerdikleri Ni konsantrasyonları ölçülmüştür. Erguvanın çeşitli organlarına göre, toprakta daha fazla nikel rastlanmıştır. Toprakta ölçülen en düşük–en yüksek nikel miktarı 3.54–27.82 $\mu\text{g/g dw}$ 'dir. Bu değerler sırasıyla; şehir içi için 3.54–19.41 $\mu\text{g/g dw}$, şehir park için 5.63–23.70 $\mu\text{g/g dw}$, şehir yol kenarı için 6.18–27.82 $\mu\text{g/g dw}$, boğaz sahil şeridi için 4.90–17.24 $\mu\text{g/g dw}$ ve kontrol bölgesi için 4.04–6.90 $\mu\text{g/g dw}$ olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük ve en yüksek Ni konsantrasyon değerleri yıkanmamış yapraklarda 1.08–10.78 $\mu\text{g/g dw}$, yıkanmış yapraklarda 0.67–8.27 $\mu\text{g/g dw}$ ve kabuklarda ise 1.03–6.77 $\mu\text{g/g dw}$ olarak bulunmuştur.

Farklı kirlenme ortamlarından toplanan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un organları ve yetiştiği topraklardaki ortalama nikel kirlilik düzeyleri Tablo IV.9.'da görülmektedir.

Tablo IV.9. Farklı Kirlenme Ortamları İçin *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştği Topraklardaki Ortalama Nikel Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri ($\mu\text{g/g dw}$)

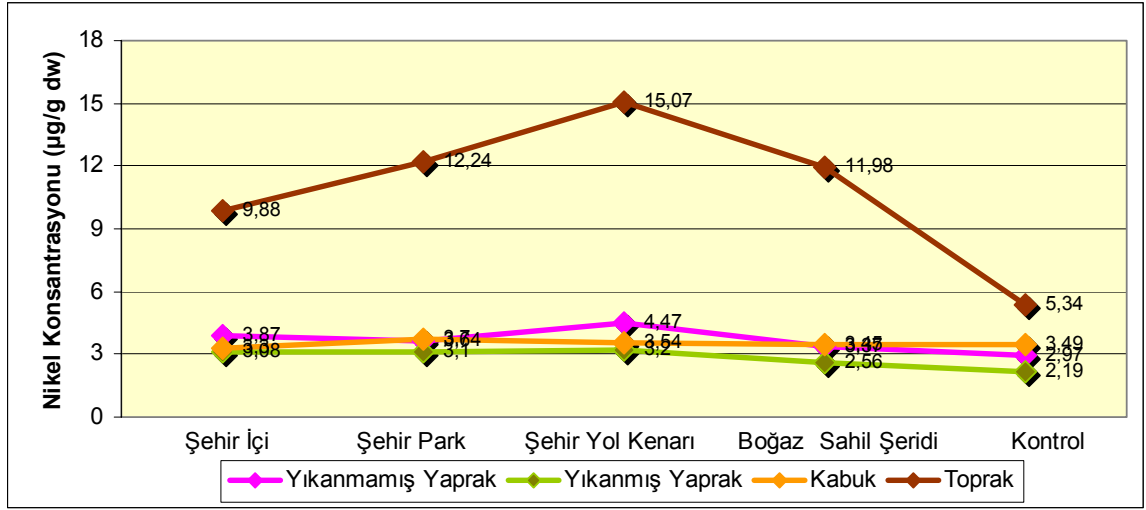
Kirlenme Ortamı	Yıkanmamış Yaprak (Ni)	Yıkanmış Yaprak (Ni)	Kabuk (Ni)	Toprak (Ni)
Şehir İçi	3.87 $\pm$ 0.43	3.08 $\pm$ 0.37	3.30 $\pm$ 0.39	9.88 $\pm$ 1.12
Şehir Park	3.64 $\pm$ 0.61	3.10 $\pm$ 0.57	3.70 $\pm$ 0.39	12.24 $\pm$ 1.92
Şehir Yol Kenarı	4.47 $\pm$ 0.82	3.20 $\pm$ 0.67	3.54 $\pm$ 0.41	15.07 $\pm$ 2.06
Boğaz Sahil Şeridi	3.37 $\pm$ 0.45	2.56 $\pm$ 0.37	3.45 $\pm$ 0.41	11.98 $\pm$ 1.08
Kontrol	2.97 $\pm$ 0.61	2.19 $\pm$ 0.39	3.49 $\pm$ 0.20	5.34 $\pm$ 0.65

Tablo IV.9.'daki değerler için dağılım histogramı Şekil IV.16.'daki gibidir.



Şekil IV.16. Farklı Kirlenme Ortamlarında *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organ ve Yetiştği Topraklardaki Nikel Konsantrasyonlarının Histogramı

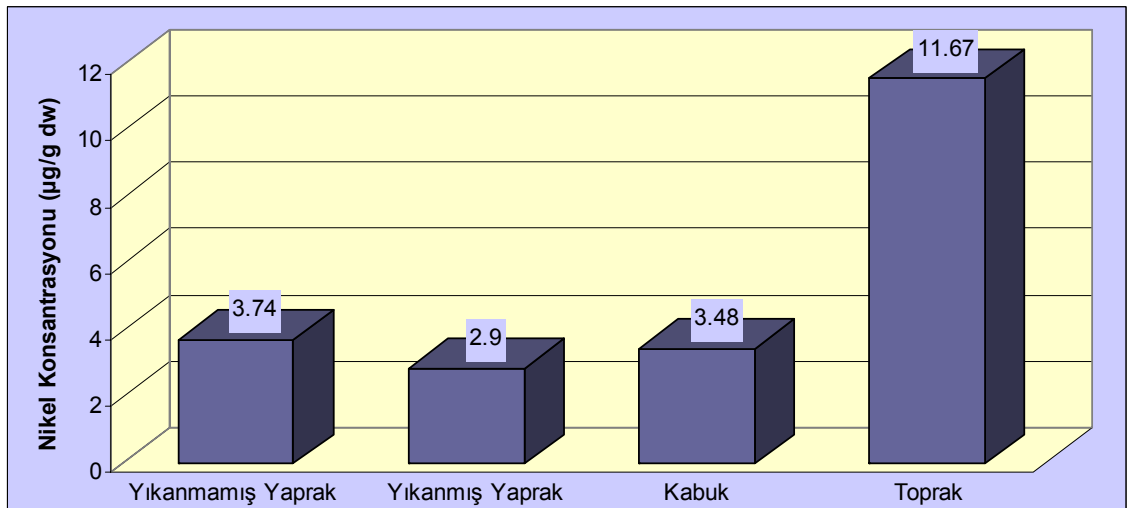
Şekil IV.17.'de farklı kirlenme ortamları ile çeşitli bitki organları ve topraktaki nikel konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği gösterilmiştir.



Şekil IV.17. Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Nikel Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon

Görüldüğü gibi, toprak örneklerinde ölçülen değerler, bitki organlarına göre daha yüksektir.

Nikelin *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un farklı organlarında ve yetiştiği topraklarda birikim miktarları kıyaslanmıştır. Yıkanmamış ve yıkanmış yaprak, kabuk ve topraktaki kadmiyum konsantrasyonları karşılaştırmalı olarak Şekil IV.18.'de gösterilmiştir.



Şekil IV.18. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştirdiği Topraktaki Nikel Miktarları

Çift distile su ile yıkanmış yapraklarda, yaprak yüzeyine kontamine olmuş kadmiyumun uzaklaşma oranları Tablo IV.10.'da verilmiştir.

Tablo IV.10. İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* Yapraklarından Uzaklaşan Nikel Oranı (%)

Şehir İçi	Şehir Park	Şehir Yol Kenarı	Boğaz Sahil Şeridi	Kontrol
20.41	14.84	28.41	24.04	26.26

Nikel sonuçlarına göre yapılan *t* -test analizlerinde;

1- Yıkanmamış yaprak, yıkanmış yaprak, kabuk ve toprak ile yapılan çoklu karşılaştırmada (Tukey HSD, Dunnett *t* -test) kontrol grubu ile diğer lokaliteler (şehir içi, şehir park, şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi) arasındaki farklılık istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

a- Yıkanmamış yaprakta

Kontrol ile şehir yol kenarı arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

b- Toprakta

Kontrol grubu ile şehir park, şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

Kontrol grubu ile şehir içi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$).

2- Toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk Ni miktarları karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

3- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklardaki Ni miktarları karşılaştırıldığında, anlamlı ($p < 0.001$) olduğu görülmüştür.

Nikel sonuçlarına göre yapılan **korelasyon analizlerinde** ise;

a- Korelasyon değeri, toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk arasında sırasıyla 0.56, 0.54 (pozitif yönde, orta derecede ve kuvvetli bir ilişki) ve 0.41 (pozitif yönde zayıf bir ilişki),

b- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda $r = 0.91$ (pozitif yönde çok kuvvetli) olarak bulunmuştur.

IV.1.6. Kurşun Değerleri

59 farklı lokaliteden toplanan ve analiz edilen *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* yıkanmamış yaprak, yıkanmış yaprak ve kabuk örnekleri ile bu bitkilerin yetiştiği toprakların içerdikleri Pb konsantrasyonları ölçülmüştür.

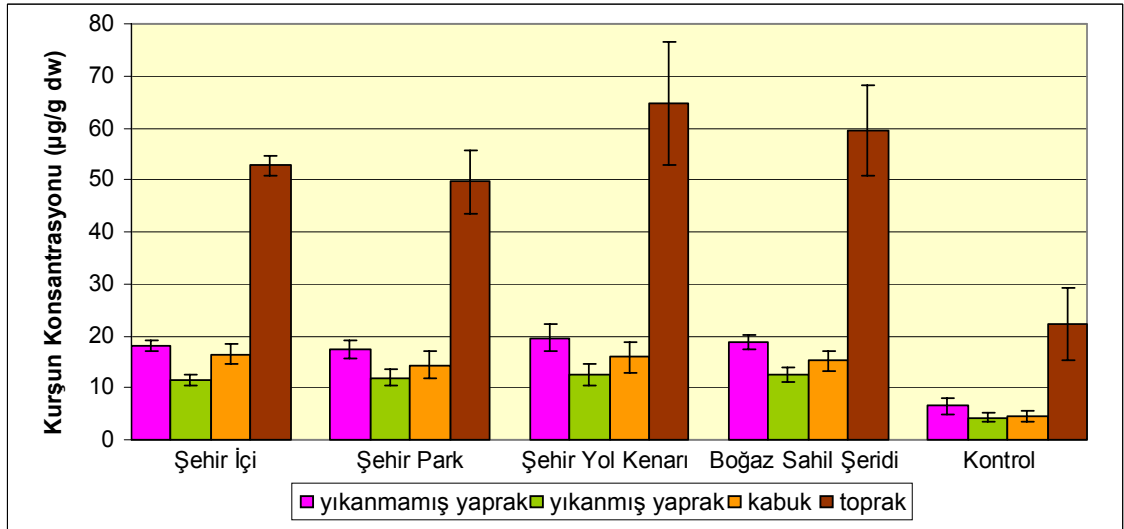
Çalışmamızda erguvan bitkisinin çeşitli organlarında yetiştikleri topraklara göre çok daha az kurşuna rastlanmıştır. Toprakta ölçülen en düşük–en yüksek kurşun miktarı 10.22–136.13 µg/g dw'dir. Bu değerler sırasıyla; şehir içi için 19.05–86.48 µg/g dw, şehir park için 22.50–74.35 µg/g dw, şehir yol kenarı için 23.30–136.13 µg/g dw, boğaz sahil şeridi için 16.68–125.18 µg/g dw ve kontrol bölgesi için 10.22–35.24 µg/g dw olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük ve en yüksek Pb konsantrasyon değerleri yıkanmamış yapraklarda 4.16–31.39 µg/g dw, yıkanmış yapraklarda 2.70–24.70 µg/g dw ve kabuklarda ise 3.43–33.48 µg/g dw olarak bulunmuştur.

Tablo IV.11.'de farklı kirlenme ortamlarında *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un çeşitli organları ve yetiştiği topraklardaki ortalama kurşun kirlilik düzeyleri görülmektedir.

Tablo IV.11. Farklı Kirlenme Ortamları İçin *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştigi Topraklardaki Ortalama Kurşun Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri (µg/g dw)

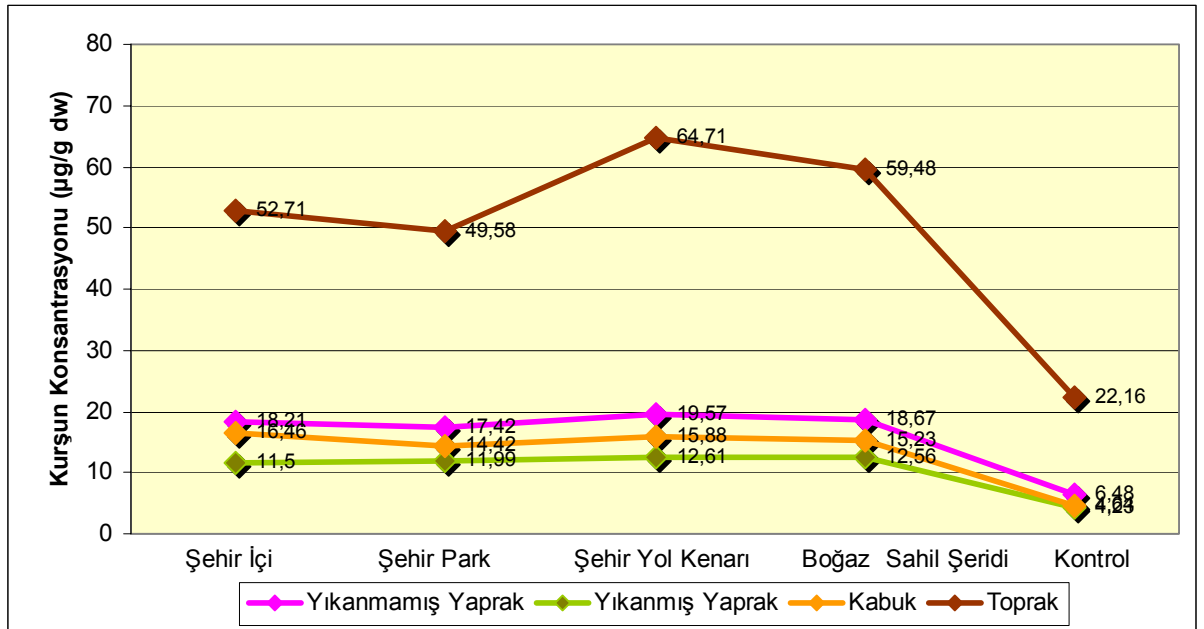
Kirlenme Ortamı	Yıkanmamış Yaprak (Pb)	Yıkanmış Yaprak (Pb)	Kabuk (Pb)	Toprak (Pb)
Şehir İçi	18.21±1.06	11.50±1.10	16.46±2.00	52.71±2.00
Şehir Park	17.42±1.67	11.99±1.69	14.42±2.76	49.58±5.94
Şehir Yol Kenarı	19.57±2.53	12.61±2.14	15.88±2.94	64.71±11.90
Boğaz Sahil Şeridi	18.67±1.45	12.56±1.39	15.23±1.88	59.48±8.82
Kontrol	6.48±1.53	4.23±0.88	4.64±1.02	22.16±6.90

Tablo IV.11.'deki değerler için dağılım histogramı Şekil IV.19.'daki gibidir.



Şekil IV.19. Farklı Kirlenme Ortamlarında *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organ ve Yetiştği Topraklardaki Kurşun Konsantrasyonlarının Histogramı

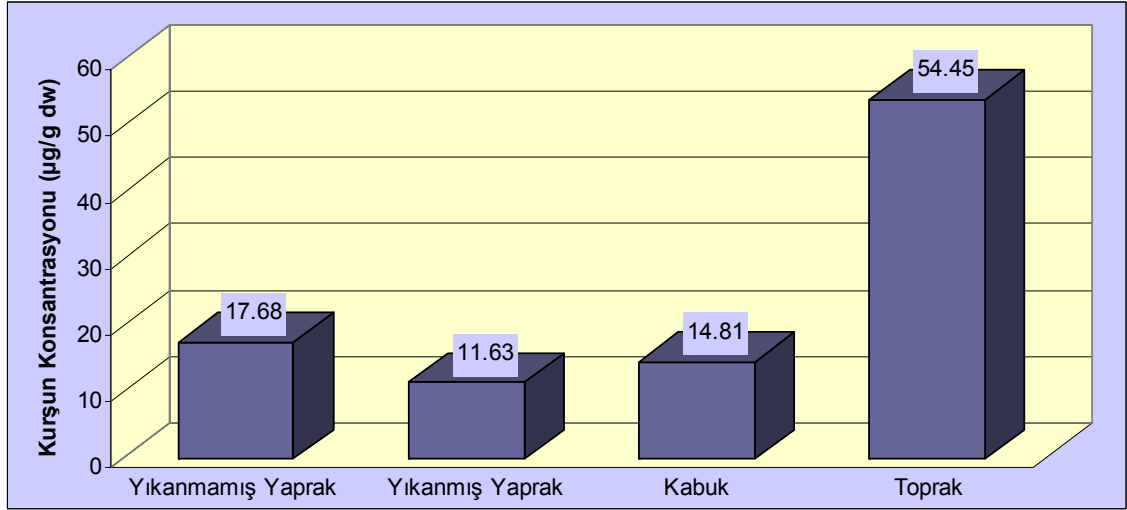
Şekil IV.20.'de farklı kirlenme ortamları ile çeşitli bitki organları ve topraktaki kurşun konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği gösterilmiştir.



Şekil IV.20. Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkınmamış Yaprak, Yıkınmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Kurşun Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon

Görüldüğü gibi, toprak örneklerinde ölçülen değerler, bitki organlarına göre daha yüksektir.

Kurşunun *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un farklı organlarında ve yetiştiği topraklarda birikim miktarları kıyaslanmıştır. Yıkanmamış ve yıkanmış yaprak, kabuk ve topraktaki kadmiyum konsantrasyonları karşılaştırmalı olarak Şekil IV.21.'de gösterilmiştir.



Şekil IV.21. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştirdiği Topraktaki Kurşun Miktarları

Çift distile su ile yıkanmış yapraklarda, yaprak yüzeyine kontamine olmuş kurşunun uzaklaşma oranları Tablo IV.12.'de verilmiştir.

Tablo IV.12. İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü ile *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* Yapraklarından Uzaklaşan Kurşun Oranı (%)

Şehir İçi	Şehir Park	Şehir Yol Kenarı	Boğaz Sahil Şeridi	Kontrol
36.85	31.17	35.56	32.73	34.72

Kurşun sonuçlarına göre yapılan *t* **t-test analizlerinde;**

1- Yıkanmamış yaprak, yıkanmış yaprak, kabuk ve toprak ile yapılan çoklu karşılaştırmada (Tukey HSD, Dunnett *t* -test) kontrol grubu ile diğer lokaliteler (şehir içi, şehir park, şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi) arasındaki farklılık istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

a- Yıkanmamış yaprakta

Kontrol ile diğer lokaliteler arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

b- Yıkanmış yaprakta

Kontrol ile diğer lokaliteler arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

c- Kabukta

Kontrol ile diğer lokaliteler arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

d- Toprakta

Kontrol grubu ile şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.01$).

Kontrol grubu ile şehir içi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.01$).

Kontrol grubu ile şehir park arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).

2- Toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk Pb miktarları karşılaştırıldığında, anlamlıdır ($p < 0.001$)

3- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklardaki Pb miktarları karşılaştırıldığında, anlamlı ($p < 0.001$) olduğu görülmüştür.

Kurşun sonuçlarına göre yapılan **korelasyon analizlerinde** ise;

a- Korelasyon değeri, toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk arasında sırasıyla 0.53, 0.56 (pozitif yönde, orta derecede ve kuvvetli bir ilişki) ve 0.40 (pozitif yönde zayıf bir ilişki),

b- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda $r = 0.85$ (pozitif yönde çok kuvvetli) olarak bulunmuştur.

IV.1.7. Çinko Değerleri

59 farklı lokaliteden toplanan ve analiz edilen *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un organlarının ve bu bitkilerin yetiştiği toprakların içerdikleri Zn konsantrasyonları ölçülmüştür. Erguvanın çeşitli organlarına göre, toprakta daha fazla çinkoya rastlanmıştır. Toprakta ölçülen en düşük–en yüksek çinko miktarı 12.06–158.61 $\mu\text{g/g dw}$ 'dir. Bu değerler sırasıyla; şehir içi için 14.12–108.89 $\mu\text{g/g dw}$, şehir park için 12.06–106.08 $\mu\text{g/g dw}$, şehir yol kenarı için 34.87–158.61 $\mu\text{g/g dw}$, boğaz sahil şeridi için 20.13–126.77 $\mu\text{g/g dw}$ ve kontrol bölgesi için 13.76–

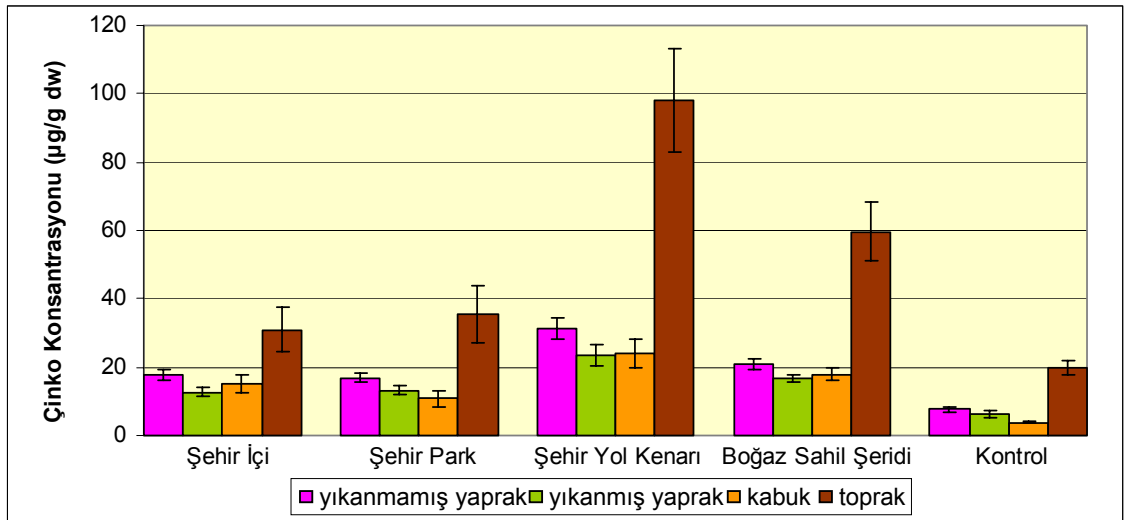
22.52 µg/g dw olarak bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda en düşük ve en yüksek Zn konsantrasyon değerleri yıkanmamış yapraklarda 5.90–49.15 µg/g dw, yıkanmış yapraklarda 4.82–42.81 µg/g dw ve kabuklarda ise 3.00–50.74 µg/g dw olarak bulunmuştur.

Farklı kirlenme ortamlarından toplanan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un organları ve yetiştiği topraklardaki ortalama çinko kirlilik düzeyleri Tablo IV.13.'de görülmektedir.

Tablo IV.13. Farklı Kirlenme Ortamları İçin *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organlarında ve Yetiştigi Topraklardaki Ortalama Çinko Konsantrasyonları ve Standart Hata Değerleri (µg/g dw)

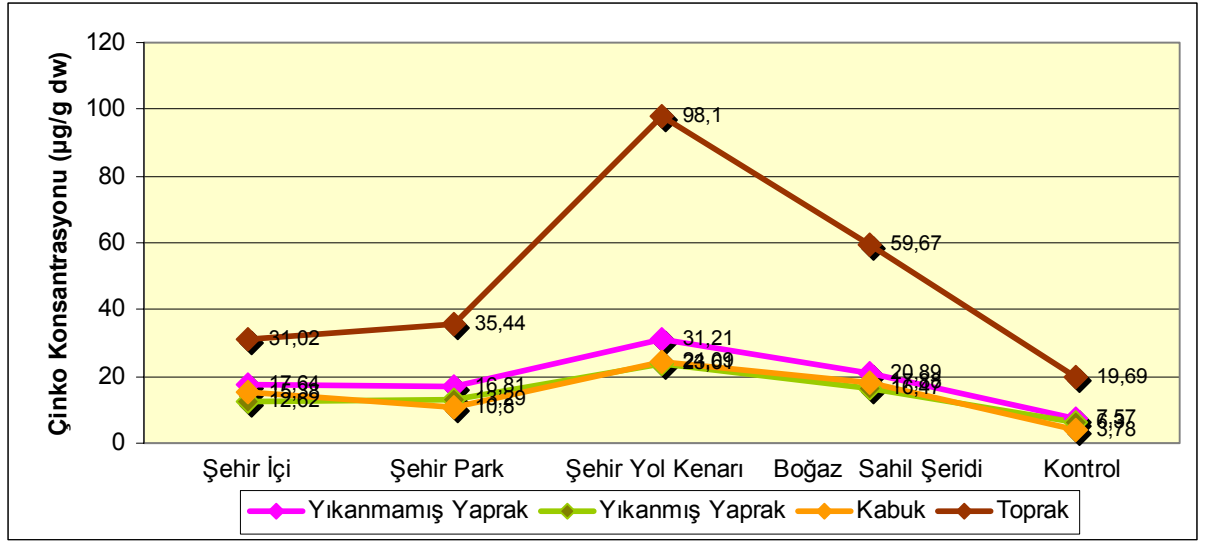
Kirlenme Ortamı	Yıkanmamış Yaprak (Zn)	Yıkanmış Yaprak (Zn)	Kabuk (Zn)	Toprak (Zn)
Şehir İçi	17.64±1.72	12.62±1.29	15.38±2.61	31.02±6.49
Şehir Park	16.81±1.25	13.29±1.55	10.8±2.21	35.44±8.25
Şehir Yol Kenarı	31.21±3.04	23.61±3.21	24.09±4.29	98.1±15.07
Boğaz Sahil Şeridi	20.89±1.35	16.47±1.06	17.88±1.69	59.67±8.57
Kontrol	7.57±0.73	6.3±0.90	3.78±0.27	19.69±2.06

Tablo IV.13.'deki değerler için dağılım histogramı Şekil IV.22'deki gibidir.



Şekil IV.22. Farklı Kirlenme Ortamlarında *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Çeşitli Organ ve Yetiştigi Topraklardaki Çinko Konsantrasyonlarının Histogramı

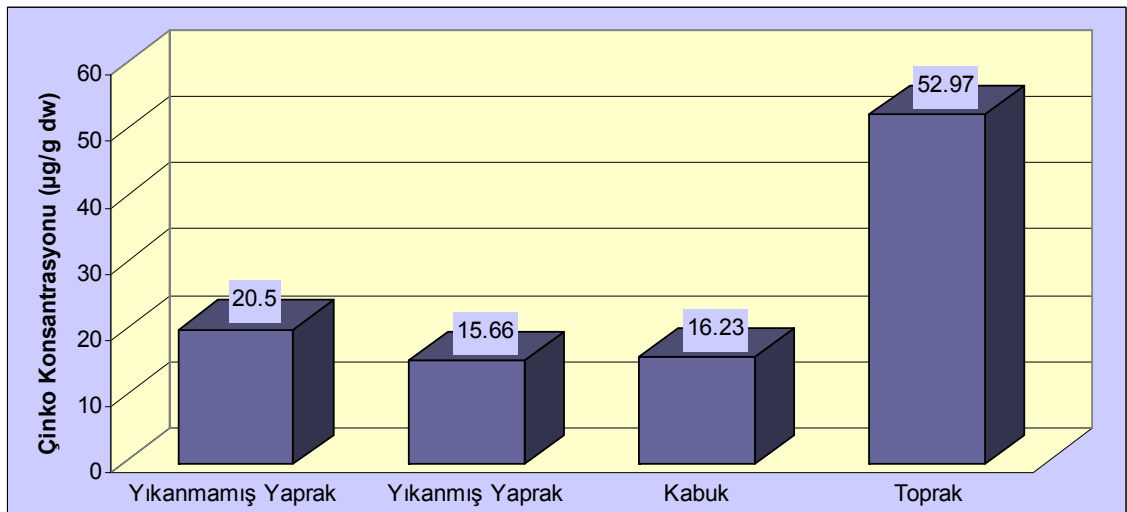
Şekil IV.23.'de farklı kirlenme ortamları ile çeşitli bitki organları ve topraktaki çinko konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği gösterilmiştir.



Şekil IV.23. Farklı Kirlenme Ortamları ile Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Toprak Çinko Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon

Görüldüğü gibi, toprak örneklerinde ölçülen değerler, bitki organlarına göre daha yüksektir.

Çinkonun *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un farklı organlarında ve yetiştiği topraklarda birikim miktarları kıyaslanmıştır. Yıkanmamış ve yıkanmış yaprak, kabuk ve topraktaki çinko konsantrasyonları karşılaştırmalı olarak Şekil IV.24.'te gösterilmiştir.



Şekil IV.24. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Yıkanmamış Yaprak, Yıkanmış Yaprak, Kabuk ve Yetiştirdiği Topraktaki Çinko Miktarları

Çift distile su ile yıkanmış yapraklarda, yaprak yüzeyine kontamine olmuş kadmiyumun uzaklaşma oranları Tablo IV.14.'te verilmiştir.

Tablo IV.14. İstasyonlara Göre Yıkama Prosedürü İle *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* Yapraklarından Uzaklaşan Çinko Oranı (%)

Şehir İçi	Şehir Park	Şehir Yol Kenarı	Boğaz Sahil Şeridi	Kontrol
28.46	20.94	24.35	21.16	16.78

Çinko sonuçlarına göre yapılan *t* -test analizlerinde;

1- Yıkanmamış yaprak, yıkanmış yaprak, kabuk ve toprak ile yapılan çoklu karşılaştırmada (Tukey HSD, Dunnett *t* -test) kontrol grubu ile diğer lokaliteler (şehir içi, şehir park, şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi) arasındaki farklılık istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

a- Yıkanmamış yaprakta

Kontrol ile diğer lokaliteler arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

b- Yıkanmış yaprakta

Kontrol grubu ile şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

Kontrol grubu ile şehir içi ve şehir park arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.01$).

c- Kabukta

Kontrol grubu ile şehir içi, şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

Kontrol grubu ile şehir park arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

d- Toprakta

Kontrol grubu ile şehir yol kenarı ve boğaz sahil şeridi arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

2- Toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk Zn miktarları karşılaştırıldığında, anlamlıdır ($p < 0.001$).

3- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklardaki Zn miktarları karşılaştırıldığında, anlamlı ($p < 0.001$) olduğu görülmüştür.

Çinko sonuçlarına göre yapılan **korelasyon analizlerinde** ise;

a- Korelasyon değeri, toprak-yıkanmamış yaprak, toprak-yıkanmış yaprak ve toprak-kabuk arasında sırasıyla 0.71, 0.71 (pozitif yönde kuvvetli bir ilişki) ve 0.66 (pozitif yönde, orta derecede ve kuvvetli bir ilişki),

b- Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda $r = 0.90$ (pozitif yönde çok kuvvetli) olarak bulunmuştur.

IV. 2. TARTIŞMA

“*Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (Fabaceae)’un Ağır Metal Kirliliğinde Biomonitor Olarak Kullanımı” adlı tez çalışmamız kapsamında, İstanbul’un belirlenen değişik noktalarından toplanan farklı derecelerde ağır metal kirliliğine maruz kalmış bölgelerde erguvan bitkisinin biomonitor olarak kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmıştır. Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn ağır metallerinin kirlilik kaynakları ortaya konmuştur. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* bitkisinin farklı organ ve yetiştikleri toprakların analizlerinden elde edilen sonuçlar, benzer çalışmalarda olduğu gibi, kirliliğin endüstri kaynaklarına, yol kenarlarına yakınlık ve motorlu araç trafiğinin yoğunluğu ile orantılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Yıkanmış yaprakların analizi, yaprak dokusundaki metal konsantrasyonunu verir. Fakat yıkanmamış yaprakların analizleri ise, yaprak dokusu ve yüzeyinde birikmiş metal konsantrasyonunun her ikisini de yansıtır.

Tablo IV.15.’te çalışmamızda elde ettiğimiz bitki ve toprak sonuçları ile literatürde (Ross 1994) bitki ve topraklardaki toksik veya kontamine olarak kabul edilen konsantrasyonların ($\mu\text{g/g dw}$) karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo IV.15. Ağır Metallerin Toprakta Toksik Kabul Edilen ve Kontamine Olmuş Bitkilerdeki Konsantrasyon Aralıkları (Ross, 1994) ile *Cercis* sp. Yıkanmamış Yaprak ve Toprakta Elde Edilen Değerler ($\mu\text{g/g}$)

Element	Toprakta Toksik Kabul Edilen Kons. Aralığı ($\mu\text{g/g}$)(Ross,94)	Kontamine Olmuş Bitkilerde Kons. Aralığı ($\mu\text{g/g}$)(Ross,94)	Çalışmamızda Topraktaki Konsantrasyon Aralığı ($\mu\text{g/g}$)	Çalışmamızda <i>Cercis</i> sp.yaprakta Konsantrasyon Aralığı ($\mu\text{g/g}$)
Cd	3–8	5-30	0.13-0.79	0.08-0.41
Cr	75-100	5-30	5.65-10.13	1.82-5.23
Cu	60–125	20–100	14.69-19.67	3.56-11.24
Fe	-	-	2589.4-3825.4	55.31-134.74
Ni	100	10-100	5.34-15.07	2.97-4.47
Pb	100–400	30–300	22.16-64.71	6.48-19.57
Zn	70–400	100–400	19.69-98.1	7.57-31.21

Tablo IV.15.'te de görüldüğü gibi değerler, bakır, kadmiyum, krom ve kurşun için toprakta ve *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'da toksik sınırların altında görülmektedir. Bitkideki nikel miktarının toksik sınırların altında olduğu tespit edilmiştir. Çinko ve nikelin toprak değerleri ise toksik sınırlar içinde yer almakla birlikte, ciddi bir kontaminasyon olduğu söylenemez. Kontrol grubu örneklerinde kirlilik düzeylerinin oldukça az olması, kirliliğin özellikle endüstri, trafik gibi antropojenik faktörlerden kaynaklandığını göstermektedir. Kirlilik değerlerinin, şehir merkezinde ve anayollara yakın lokalitelerde ve özellikle kavşaklarda (trafik kaynaklı) daha fazla olduğu gözlenmiştir. Şehir kenar semtlerinden alınan örneklerde kirlilik kısmen daha az görülmüştür. Bu araştırma ile, daha önce ülkemizde ve yabancı ülkelerde farklı çalışmalarla (Pilegaard ve Johnsen; 1984, Albasel ve Cottenie, 1985; Tam, 1987; Bereket ve Yücel, 1990; Bayçu ve Önal, 1993; Haktanır ve ark., 1995; Aksoy ve Öztürk, 1996; Aksoy ve Öztürk, 1997; Aksoy ve ark., 1999; Aksoy ve ark., 2000; Çavuşoğlu, 2002; Suziki ve ark., 2009) toprak ve bitkilerin ağır metal içeriklerinin bulundukları bölgedeki trafik hacimleriyle orantılı olduğu ve sonuçların uyumlu olduğu ortaya konmuştur.

Yıkama prosedürü ile *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un yapraklarından uzaklaşan Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn miktarları karşılaştırılarak hangi kirlenme bölgesinde hava yolu ile ne kadar birikimin meydana geldiği açıklanmaya çalışılmıştır. Buna ilişkin değerler Tablo IV.16.'de verilmiştir:

Tablo IV.16. Yıkama Prosedürü ile *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un Yapraklarından Uzaklaşan Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn Oranları (%) ve *F* -testi.

Kirlenme Ortamı	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Şehir İçi	29.03	31.01	9.09	19.29	20.41	36.85	28.46
Şehir Park	37.50	22.75	13.36	17.35	14.84	31.17	20.94
Şehir Yol Kenarı	29.27	28.76	27.85	27.27	28.41	35.56	24.35
Boğaz Sahil Şeridi	41.67	36.10	13.46	48.20	24.04	32.73	21.16
Kontrol	50.00	10.44	20.51	14.57	26.26	34.72	16.78
<i>F</i> -Test	***	***	***	***	*	***	***

(* $p < 0.05$, *** $p < 0.001$ anlamlı)

Cercis siliquastrum L. subsp. *siliquastrum* bitkisinde yıkanmamış ve yıkanmış yaprak; toprak ağır metal konsantrasyonları ve yıkanmamış-yıkanmış yaprak, kabuk konsantrasyonları arasında hesaplanan korelasyon katsayıları (r) Tablo IV.17.'deki gibidir.

Tablo IV.17. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* için Yıkanmamış ve Yıkanmış Yaprak; Toprak Ağır Metal Konsantrasyonları ve Yıkanmamış-Yıkanmış Yaprak, Kabuk Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon Katsayıları (r)

Element	YıkanmamışYaprak Yıkanmış Yaprak	YıkanmamışYaprak Toprak	YıkanmışYaprak Toprak	Kabuk Toprak
Cd	0.81 (***)	0.57 (***)	0.60 (***)	0.56 (***)
Cr	0.81 (***)	0.50 (***)	0.64 (***)	0.52 (***)
Cu	0.88 (***)	0.58 (***)	0.52 (***)	0.55 (***)
Fe	0.86 (***)	0.32 (**)	0.43 (***)	0.22 (*)
Ni	0.91 (***)	0.56 (***)	0.54 (***)	0.41 (**)
Pb	0.85 (***)	0.53 (***)	0.56 (***)	0.40 (**)
Zn	0.90 (***)	0.71 (***)	0.71 (***)	0.66 (***)

(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ anlamlı)

Bitki-toprak arasında elementlerin taşınmasında birçok faktörler etkilidir. Elementlerin mobilitesi ve bitkiye taşınması, jeokimyasal, iklimsel, biyolojik ve antropojenik orjinlidir (Kabata-Pendias, 2004).Yapılan araştırmalarla, birçok elementin toksisite sınır değerleri ortaya konmuştur. Fakat her bitki türü için, bu sınırlar farklılık gösterebilir. Bu farklılıkta bitkinin otsu ya da odunsu özellik göstermesi, bitkinin genetik özelliği ve her element için farklı toleransının olması da etkilidir.

İstanbul'da erguvanla yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn metallerinin sonuçları ile daha önce İstanbul'da, Türkiye'nin farklı şehirlerinde ve dünyada yapılan diğer çalışmaların karşılaştırılması ile *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* bitkisinin ağır metal kirliliğinde biyomonitor olarak kullanılıp kullanılamayacağı irdelenmiştir.

Aşağıda, erguvan bitkisi ve toprakta analizi yapılan elementlerin her biri ayrı ayrı değerlendirilmiştir:

IV.2.1. Kadmiyum

Kadmiyum, canlılar için esansiyel olmayan bir elementtir. Bitki bünyesinde birikimi, toksik sınırları aştığı zaman bitkide bazı hasarlara yol açmaktadır. Ross (1994)'un bazı otörlerden adapte ettiği sonuçlara göre, kadmiyumun topraktaki toksik sınırları ile, tarafımızdan tespit edilen değerler Tablo IV.18.'de verilmektedir.

Tablo IV.18. Çalışmamızda Tespit Edilen Kadmiyum Toprak Değerleri ile Ross (1994)'a Göre Kadmiyumun Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Cd Toprak Değerleri	Ross (1994)
0.13-0.79	3-8

Ross (1994)'a göre, kadmiyumun bitki bünyesinde bulunan kontamine olma sınırları ile, tarafımızdan tespit edilen değerler Tablo IV.19.'daki gibidir.

Tablo IV.19. Çalışmamızda Tespit Edilen Kadmiyum Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Ross (1994)'a Göre Kadmiyumun Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Cd Yıkanmamış Yaprak (<i>Cercis sp.</i>)	Ross (1994)
0.08-0.41	5-30

Allaway (1968), kadmiyumun toksik sınırlarını, toprakta $0.01-7 \mu\text{g/g dw}$ bitkide ise $0.2-0.8 \mu\text{g/g dw}$ olarak belirlemiştir. Allaway'ın kadmiyum değerlerinin 40 yıl önceki veriler olduğu göz önüne alınırsa, kadmiyumun zaman içinde kullanımının yaygınlaşarak çevrede arttığı anlaşılmaktadır.

Ross (1994)'a göre, tarafımızdan tespit edilen bitki bünyesi kadmiyum değerlerinin, kontaminasyon sınırların altında kaldığı görülmektedir. İstanbul'da bazı araştırmacılar tarafından çeşitli bitkiler, daha önce de kadmiyum kirliliğinin tespiti için biomonitor olarak kullanılmıştır. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular, İstanbul'da yapılan başka çalışmalarla karşılaştırmalı olarak Tablo IV.20.'de verilmiştir.

Tablo IV.20. Çalışmamızdaki Kadmiyum Değerlerinin, İstanbul’da Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kadmiyum Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Yıkanmamış Yaprak Cd Değerleri	Toprak Cd Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>	0.08–0.41	0.13–0.79
<i>Ailanthus altissima</i> (Bayçu ve Önal, 1993)	0.5–1.2	0.16–0.72
<i>Picea abies</i> (Bayçu ve ark., 2003)	0.15–0.22	0.46
<i>Quercus robur</i> (Özden ve Bayçu 2004)	0.5–5.8	-----
<i>Acer negundo</i> L. (Özden ve Bayçu 2004)	0.5–19.6	-----
<i>Acer</i> sp. (Baycu ve ark., 2006) *	0.32	-----
<i>Aesculus hippocastanum</i> “	0.08	-----
<i>Ailanthus altissima</i> “	0.13	-----
<i>Fraxinus</i> sp. “	0.19	-----
<i>Platanus</i> sp. “	0.22	-----
<i>Populus</i> sp. “	0.66	-----
<i>Robinia pseudoacacia</i> “	0.16	-----
<i>Alcea pallida</i> (Yener, 2007)	0.47	0.67
<i>Hibiscus syriacus</i> (Yener, 2007)	0.47	0.36
<i>Celtis australis</i> (Öztürk, 2008)	0.25–0.87	0.35–1.41

* Bayçu ve ark., 2006’daki sonbahar değerleri dikkate alınmıştır.

Tablo IV.20.’de görüldüğü gibi, yıkanmamış yaprak ve toprak kadmiyum değerlerimiz ile İstanbul’da yapılan önceki çalışmalarda elde elden değerler genel olarak paralellik görülmektedir. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*’un *Quercus robur* ve *Acer negundo* (Özden ve Bayçu 2004)’dan, *Populus* sp. (Bayçu, 2006)’dan, *Alcea pallida* ve *Hibiscus syriacus* (Yener, 2007)’dan daha az Cd içerdiği görülmektedir. Diğer bitkilerle az da olsa görülen farkların ise *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*’un genetik yapısı ve yaşı, toplanma dönemi ve yeri, iklimsel ve antropojenik etkilerden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

İstanbul dışında, Türkiye’nin değişik bölgelerinde ağır metallerin bitkilere etkisi araştırılmıştır. Çalışmamızın değerlendirilmesine yardımcı olması amacı ile Tablo IV.21’de bu çalışmalarla, bizim çalışmamızın sonuçları karşılaştırılmıştır:

Tablo IV.21. Çalışmamızdaki Kadmiyum Değerlerinin, Ülkemizde İstanbul Dışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kadmiyum Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler		Yıkanmamış Yaprak Cd Değerleri	Toprak Cd Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>		0.08–0.41	0.13–0.79
<i>Phoenix dactylifera</i> , (Aksoy ve Öztürk, 1996)	Antalya	0.24–0.70	1.02–3.30
<i>Nerium oleander</i> , (Aksoy ve Öztürk 1997)	Antalya	0.02–0.72	1.01–3.38
<i>Elaeagnus angustifolia</i> , (Aksoy ve Şahin, 1999)	Kayseri	0.50–3.45	0.69–10.21
<i>Robinina pseudoacacia</i> , (Aksoy ve ark., 2000)	Kayseri	0.47–3.39	0.64–9.88
<i>Olea europaea</i> L. (Tuna ve Yağmur, 2004)	Marmaris	0.26-5.13	0.46-5.46
<i>Pinus brutia</i> Ten. (Tuna ve Yağmur, 2004)	Marmaris	0.35-5.25	0.46-5.46
<i>Robinina pseudoacacia</i> , (Çelik ve ark., 2005)	Denizli	0.37–3.70	0.48–7.37
<i>Fraxinus excelsior</i> , (Aksoy ve Demirezen, 2006)	Kayseri	0.24–0.43	2.02–3.43
<i>Pyracantha coccinea</i> Roem. (Akgüç ve ark., 2008)	Muğla	0.23–0.36	-----

Kayseri’de *Elaeagnus angustifolia*, Kayseri ve Denizli’de *Robinina pseudoacacia* ile Muğla-Marmaris yolunda *Pinus brutia* Ten. ve *Olea europaea* L. yapraklarından elde edilen değerler, çalışmamız sonuçlarından daha yüksektir. Bunun nedeni, Kayseri’de (Aksoy ve Öztürk,1999) Çinkur Sanayi tesislerinin çinko ile birlikte atmosfere kadmiyum vermesi, Denizli’de (Çelik ve ark., 2005), trafik ve endüstri kaynaklı olarak kadmiyumun yayılmasıdır. Ayrıca *Pinus brutia* Ten. ve *Olea europaea* L. (Tuna ve Yağmur, 2004)’da bitki kabuk değerleri de incelenmiş ve sırasıyla; 0.2-5.16 µg/g dw ve 0.2-4.84 µg/g dw sonuçları elde edilmiştir. Kabuk değerleri, bizim bitkimizde 0.04-0.38 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Muğla-

Marmaris yolunda (Tuna ve Yağmur, 2004), bölgede özellikle yazın turizm nedeniyle meydana gelen yoğun trafik akışından dolayı kadmiyum birikimi kabuk ve yıkanmamış yapraklarda açıkça görülmektedir. Literatürlerin değerlendirilmesi kısmında da belirttiğimiz üzere, endüstriyel kaynakların yoğun olması nedeniyle, Eskişehir’de (Bereket ve Yücel, 1990) *Populus nigra* subsp. *nigra* L. yapraklarındaki kadmiyum ortalaması (1.15 µg/g dw) yüksek çıkmıştır.

Toprak değerlerinde ise, Antalya’da *Phoenix dactylifera* ve *Nerium oleander* ile Kayseri’de *Fraxinus excelsior* yapraklarında, çalışmamıza göre kadmiyum birikimi paralellik gösterirken, toprakta çok daha fazladır. Ortaya çıkan farklılıkların, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*’un genetik yapısı ve yaşı, toplanma dönemi ve yeri, iklimsel ve antropojenik etkilerden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Ülkemiz dışında da çeşitli bitkiler biomonitor olarak kullanılmış ve Tablo IV.22.’de elde edilen değerler gösterilmiştir:

Tablo IV.22. Çalışmamızdaki Kadmiyum Değerlerinin, Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kadmiyum Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Yıkanmamış Yaprak Cd Değerleri	Toprak Cd Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>	0.08–0.41	0.13–0.79
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. İngiltere (Aksoy ve ark., 1999)	0.45–1.07	1.02–3.15
<i>Poa annua</i> L. İngiltere (Aksoy ve ark., 1999)	0.27–0.84	1.02–3.15
<i>Taraxacum officinale</i> Varşova, Polonya (Czarnowska ve Milewska, 2000)	0.65–1.25	-----
<i>Taraxacum officinale</i> Web. Polonya (Królak, 2003)	0.02–0.71	0.04–0.27

Yurt dışında yapılan çalışmalar ile bizim çalışmamız karşılaştırıldığında, *Taraxacum Officinale* (Królak, 2003) ile toprak ve bitki sonuçlarımız uygunluk göstermektedir. Polonya’da farklı araştırmacılar tarafından, 3 yıl ara ile aynı bitkide yapılan çalışmada kadmiyum miktarının azaldığı gözlenmiştir. *Capsella bursa-*

pastoris'in *Poa annua*'ya oranla daha fazla kadmiyum bünyesine aldığı açıkça görülmektedir.

Kabukta kadmiyum birikimi, kentleşme ile paralellik göstermektedir. Ağaçların pürüzlü kabuk yüzeylerinde, topraktan ve havadan rüzgarla doğrudan birikim ve pasif olarak taşınma ile ağır metal birikimi görülmektedir.

Yıkama prosedürü ile yapraklarda kadmiyum miktarı belirgin bir şekilde azalmaktadır. Kadmiyum uzaklaşma oranı en çok kontrol bölgesinde (% 50) olmakla birlikte, miktar olarak en fazla Boğaz sahil şeridinde azalma görülmektedir. Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda korelasyon olarak pozitif yönde kuvvetli bir ilişki ($r = 0.81$) bulunmuştur. Yıkanmış yaprak ve toprak arasında ise $r = 0.60$ ile pozitif yönde orta derecede kuvvetli bir ilişki vardır.

Toprakta ve bitki dokularında biriken kadmiyum miktarları istasyon olarak kategorize etmeden sıralayacak olursak, 59 lokalitede genel olarak, toprak> yıkanmamış yaprak> kabuk> yıkanmış yaprak şeklindedir.

Maksimum kadmiyum değeri, şehir park istasyonunda, bitkinin kabuğunda $0.83 \mu\text{g/g dw}$ ile Gülhane park girişinde (47 nolu lokalite); toprakta ise, $1.36 \mu\text{g/g dw}$ ile Emirgan parkında (39 nolu lokalite) ölçülmüştür.

Özetle, İstanbul'da erguvan bitkisinde ve toprakta, kadmiyum kirliliğinin çevre sağlığı için hayati bir tehlike oluşturacak kadar birikim göstermediğini söyleyebiliriz. WHO tarafından 1.derece kanserojen madde olarak kabul edilen ve mobilitesi yüksek olan kadmiyumun; İstanbul'da yapılan diğer toprak ve bitki ölçümleri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir ki bu da oldukça sevindiricidir. Çalışma bitkimiz, kadmiyum için biomonitor özellik göstermektedir.

IV.2.2. Krom

Canlı mekanizmasında önemli fonksiyonu olan krom, daha çok metabolizmada Cr^{+3} , endüstriyel faaliyetlerde ise Cr^{+6} bileşikleri aktif olarak hayatımızda yer almaktadır. Bir çok alaşımı endüstride kullanılmaktadır. Zırh, uçak sanayii, çatal, kaşık, bıçak yapımında kullanılan çelik, korozyona, oksidasyona ve bir çok kimyasal maddenin etkisine dayanıklıdır.

Allen (1989)'a göre ve Ross (1994)'un bazı otörlerden adapte ettiği sonuçlara göre, kromun topraktaki toksik sınırları ile, tarafımızdan tespit edilen değerler Tablo IV.23.'te verilmektedir.

Tablo IV.23. Çalışmamızda Tespit Edilen Krom Toprak Değerleri ile Allen (1989) ve Ross (1994)'a Göre Kromun Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Cr Toprak Değerleri	Allen (1989)	Ross (1994)
5.65-10.13	>10-200	75-100

Shanker ve arkadaşları (2005)'na göre toprakta 10-50 $\mu\text{g/g dw}$ arasındaki krom değerleri normal sınır olarak kabul edilmektedir. Otörlerin sonuçları ile kıyaslandığında, toprakta tespit edilen Cr miktarının normal sınırlarda olduğu ve toksik bir birikimin olmadığı anlaşılmaktadır. Fakat toprakta yapılan çalışmada, maksimum değer 19.95 $\mu\text{g/g dw}$ ile şehir yol kenarında ölçülmüştür. Genelleyecek olursak bu sonucun bile krom için toprakta toksik sınırda olmadığı açıkça görülmektedir.

Ross (1994)'a göre, kromun bitki bünyesinde bulunan kontamine olma sınırları ile, tarafımızdan tespit edilen değerler Tablo IV.24.'teki gibidir.

Tablo IV.24. Çalışmamızda Tespit Edilen Krom Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Ross (1994)'a Göre Kromun Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Cr Yıkanmamış Yaprak (<i>Cercis sp.</i>)	Ross (1994)
1.82-5.23	5-30

Ross (1994)'a göre, tarafımızdan tespit edilen bitki bünyesi krom değerlerinin kontaminasyon sınırların altında kaldığı görülmektedir. Zayed ve Terry (2003)'e göre de 0.006-18 $\mu\text{g/g dw}$ arasındaki değerler, bitkide krom için normal kabul edilmektedir.

Yıkama prosedürü ile yapraklarda krom miktarı belirgin bir şekilde azalmaktadır. Krom uzaklaşma oranı en çok Boğaz sahil şeridinde (% 36.10), en az ise kontrol bölgesinde (% 10.44) görülmektedir. Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda korelasyon olarak pozitif yönde kuvvetli bir ilişki ($r=0.81$) bulunmuştur. Yıkanmış yaprak ve toprak arasında ise $r=0.64$ ile pozitif yönde orta derecede kuvvetli bir ilişki vardır.

Toprakta ve bitki dokularında biriken krom miktarları istasyon olarak kategorize etmeden sıralayacak olursak, 59 lokalitede genel olarak, toprak > kabuk > yıkanmamış yaprak > yıkanmış yaprak şeklindedir.

Maksimum krom değeri, Boğaz sahil şeridinde, bitkinin kabuğunda 8.69 µg/g dw ile Paşabahçe, Beykoz'da (32 nolu lokalite), bitki yaprağında 8.68 µg/g dw ile Kuruçeşme, Beşiktaş'ta (35 nolu lokalite); toprakta ise, 19.35 µg/g dw ile Çubuklu, Beykoz (31 nolu lokalite)'da ölçülmüştür.

Başka araştırmacılar tarafından çeşitli bitkiler, daha önce de krom kirliliğinin tespiti için biomonitor olarak kullanılmıştır. Çalışmamız, başka çalışmalarla karşılaştırmalı olarak Tablo IV.25.'te verilmiştir.

Tablo IV.25. Çalışmamızdaki Krom Değerlerinin, Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Krom Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Yıkanmamış Yaprak Cr Değerleri	Toprak Cr Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>	1.82–5.23	5.65–10.13
<i>Quercus</i> sp. L., Türkiye (Özcan ve Bayçu, 2005)	10.1*	----
<i>Fraxinus excelsior</i> , Kayseri (Aksoy ve Demirezen, 2006)	1.01–1.70	124.42
<i>Tillandsia usneoides</i> L. Sao Paulo, Brezilya (Figueiredo ve ark., 2007)	0.48–3.7	-----

*Bitkinin farklı dokularından alınmıştır.

Cercis siliquastrum L. subsp. *siliquastrum*'da tespit edilen en yüksek krom değerinin bile 8.68 µg/g dw olduğu göz önüne alınırsa, *Quercus* sp. (Özcan ve Bayçu, 2005)'un krom değerlerinin yüksek olması; bitkinin yaşı, genetik yapısı gibi etkenlerle ilişkili olmakla beraber, *Quercus* sp.'taki ölçümün, toprak özelliği ve bitkinin farklı dokularından elde edilmesinden kaynaklandığı düşünülebilir.

Fraxinus excelsior (Aksoy ve Demirezen, 2006)'dan elde edilen sonuçlarda toprak değerlerinde görülen yüksek sonuçlar, Kayseri'de şehir yol kenarından elde edilmiştir. İstanbul'da toprakta görülen en yüksek değer bile Kayseri'dekinin çok çok altındadır.

İstanbul'da bitki ve toprakta krom kirliliğinin sınır değerlerin altında olması sevindiricidir. Bitki ve topraktaki krom değerleri arasında uyum göz önüne alınacak olursa, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un, krom için biomonitor özellik gösterdiğini söyleyebiliriz.

IV.2.3. Bakır

Bakır, kurşun ve kadmiyumdan farklı olarak canlılar için önemli ve gerekli bir elementtir. Fakat, bakır konsantrasyonu belirli sınırların üzerine çıktığında, bitkide olumsuz etkiler görülmektedir.

Ross (1994) ve Shaw (2004)'ün bazı otörlerden adapte ettiği sonuçlara göre, bakırın topraktaki toksik sınırları ile, tarafımızdan tespit edilen değerler Tablo IV.26.'da verilmektedir.

Tablo IV.26. Çalışmamızda Tespit Edilen Bakır Toprak Değerleri ile Ross (1994) ve Shaw (2004)'e Göre Bakırın Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Cu Toprak Değerleri	Ross (1994)	Shaw (2004)
14.69-19.67	60-125	4-15

Toprak örnekleri değerlendirildiğinde, bakır değerleri Shaw (2004)'a göre yüksek görülmektedir. Fakat Shaw (2004)'ün bu sınır değerleri Allaway (1968)'den adapte ettiğini göz önüne alırsak, toprak bakır değerlerinin çok ta yüksek olmadığı anlaşılmaktadır. Allen (1989)'e göre ise toprak bakır değerleri 2.5-25 $\mu\text{g/g dw}$ arasında normal sınırlardadır. Toprakta maksimum bakır değeri 37.29 $\mu\text{g/g dw}$ ile şehir yol kenarı istasyonu olan Barbaros caddesi, Beşiktaş'ta (34 nolu lokalite) gözlenmiştir. Bu değer bile, Ross (1994) ile karşılaştırıldığında, toksik sınırların çok altındadır. Tablo IV.26.'ya göre bir çok yol kenarı ve şehir içi lokalitelerinde ölçülen değerler bitkiler için toksik olmadığı gözlenmiştir.

Tablo IV.27.'de farklı otörler tarafından bitki bünyesinde bulunan bakır kontaminasyon değerleri için öngörülen alt ve üst limitleri verilmiştir. Bitkide ölçülen maksimum değer ise 18.93 $\mu\text{g/g dw}$ ile 33 ve 34 nolu lokalitelerde kaydedilmiştir.

Tablo IV.27. Çalışmamızda Tespit Edilen Bakır Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Farklı Otörlere Göre Bakırın Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Cu Yıkanmamış Yaprak (<i>Cercis sp.</i>)	Allaway (1968) Shaw (2004)	Allen (1989)	Ross (1994)
3.56-11.24	4-15	>2.5-25	20-100

Ross (1994)'a göre, tarafımızdan tespit edilen bitki bakır değerlerinin, kontaminasyon sınırların altında kaldığı görülmektedir.

İstanbul'da bazı araştırmacılar tarafından çeşitli bitkiler, daha önce de bakır kirliliğinin tespiti için biomonitor olarak kullanılmıştır. Çalışmamız, İstanbul'da yapılan başka çalışmalarla karşılaştırmalı olarak Tablo IV.28.'de verilmiştir.

Tablo IV.28. Çalışmamızdaki Bakır Değerlerinin, İstanbul'da Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bakır Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler		Yıkanmamış Yaprak Cu Değerleri	Toprak Cu Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>		3.56–11.24	14.69–19.67
<i>Alcea pallida</i>	(Yener, 2007)	19.37	77.92
<i>Hibiscus syriacus</i>	(Yener, 2007)	15.97	33.66
<i>Celtis australis</i>	(Öztürk, 2008)	3.53–26.51	21.05–111.47

Erguvan bitkisinde ölçülen bakır yaprak değerleri, yakın zamanda İstanbul'da yapılan başka çalışmalarla kıyaslandığı zaman daha düşük tespit edilmiştir. Yener (2007)'in bakır bitki ve toprak sonuçları bizim sonuçlarımızdan daha yüksek çıkmıştır. *Celtis australis* (Öztürk, 2008) bitki değerleri ile *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* sonuçları arasında paralellik mevcutken toprak değerleri Öztürk (2008) tarafından daha yüksek ölçülmüştür. Topraktaki bakır değer farklılığı, İstanbul'un büyük bir şehir olması ve örnek alınan yerlerin farklılık göstermesinden kaynaklanabileceği gibi, Belediye faaliyetleri çerçevesinde peyzaj düzenlemelerle toprak ekleme ve taşımadan da kaynaklanabilir diye düşünmekteyiz.

Yıkama prosedürü ile yapraklarda bakır miktarı belirgin bir şekilde azalmaktadır. Bakır uzaklaşma oranı en çok şehir yol kenarında (% 27.85), en az ise şehir içinde (% 9.09) görülmektedir. Kontrol bölgesinde % 20.51'lik bir uzaklaşma söz konusudur. Adalar mevkiinde atmosferde taşınan bakırın, şehir yol kenarlarındaki bakır değerleriyle miktar olarak olmasa da oran olarak paralellik gösterdiği söylenebilir. Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda korelasyon olarak pozitif yönde çok kuvvetli bir ilişki ($r = 0.88$) bulunmuştur. Yıkanmış yaprak ve toprak arasındaki korelasyon ise orta derecede kuvvetlidir ($r = 0.52$).

Ülkemizde bakır ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda ortaya çıkan sonuçlar Tablo IV.29.'da verilmiştir.

Tablo IV.29. Çalışmamızdaki Bakır Değerlerinin, Ülkemizde İstanbul Dışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bakır Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler		Yıkanmamış Yaprak Cu Değerleri	Toprak Cu Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>		3.56–11.24	14.69–19.67
<i>Phoenix dactylifera</i> , (Aksoy ve Öztürk, 1996)	Antalya	3.04–5.64	16.31–58.33
<i>Nerium oleander</i> , (Aksoy ve Öztürk 1997)	Antalya	3-6	17–60
<i>Robinina pseudoacacia</i> , (Aksoy ve ark., 2000)	Kayseri	8–29.12	11–79
<i>Robinina pseudoacacia</i> , (Çelik ve ark., 2005)	Denizli	5.64–20.81	8.68–54.31
<i>Quercus</i> sp. L., (Özcan ve Bayçu, 2005)	Türkiye	18.3*	-----
<i>Fraxinus excelsior</i> , (Aksoy ve Demirezen, 2006)	Kayseri	6.62–16.21	21.06
<i>Verbascum olympicum</i> Boiss., (Güleryüz ve ark., 2006)	Bursa	106–312	125–1718
<i>Pyracantha coccinea</i> Roem. (Akgüç, 2007)	Muğla	5.34–5.82	-----

*Bitkinin farklı dokularından alınmıştır.

Quercus sp.'de bakırın yüksek çıkması bitkinin karakteristik özelliğinden olabileceği gibi, analizde yaprak dışında, farklı bitki dokularının kullanılması da önemli bir etken olduğu düşüncesindeyiz.

Denizli ve Kayseri'de *Robinina pseudoacacia* ile yapılan araştırmalarda bitki bünyesinde, çalışma bitkimize oranla daha yüksek bakır biriktiği görülmektedir. Tablo IV.29.'da belirtilen çalışmalar arasında en dikkat çekici bakır birikimi Bursa'da *Verbascum* sp. bitkisinde görülmektedir.

Güleryüz ve arkadaşları (2006) tarafından, *Verbascum olympicum* Boiss. bitkisinde bakır konsantrasyonunu oldukça yüksek (594 ppm) bulunmuştur. Bunda en büyük etken örnekleme alanlarının maden yataklarına yakın olmasıdır. Toprak ve havadaki bakır değerleri bitkiye de yüksek oranda geçmiştir.

Ülkemiz dışında da çeşitli bitkiler bakır için biyomonitor olarak kullanılmıştır. Tablo IV.30.'da elde edilen değerler ve çalışmamız analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Tablo IV.30. Çalışmamızdaki Bakır Değerlerinin, Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Bakır Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$)

Biyomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Yıkanmamış Yaprak Cu Değerleri	Toprak Cu Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>	3.56–11.24	14.69–19.67
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. İngiltere (Aksoy ve ark., 1999)	9–26	35–173
<i>Poa annua</i> L. İngiltere (Aksoy ve ark., 1999)	9–26	35–173
<i>Taraxacum officinale</i> Varşova, Polonya (Czarnowska ve Milewska, 2000)	8–21.8	----
<i>Tillandsia usneoides</i> L. Sao Paulo, Brezilya (Figueiredo ve ark., 2007)	2.7–56	-----

Toprakta ve bitki dokularında biriken bakır miktarları istasyon olarak kategorize etmeden sıralayacak olursak, 59 lokalitede genel olarak, toprak > yıkanmamış yaprak > kabuk > yıkanmış yaprak şeklindedir.

Ağaç kabukları, ağır metallerin uzun vadede ölçümlerde kullanılır. Çünkü ağır metaller pasif olarak oyuk, çatlak gibi yerlere girerek zamanla buralarda birikirler. Canlı metabolizmasında aktif rol oynayan bakır; kurşun ve kadmiyum kadar insan sağlığını tehdit eden bir ağır metal olmasa da, en fazla kullanımı olan elementlerden biridir.

Sonuç olarak çalışma alanımız İstanbul'da; Türkiye'de ve yabancı ülkelerde yapılan çalışmalar, konumuz olan *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* bitkisi yaprak ve kabuk örneklerinin bakır konsantrasyonları, kaynakları ve bulaşma yollarının genelde benzerlik gösterdiği görülmektedir. Ortaya çıkan farklılıklar ise, endüstri tesislerine yakınlık, trafik yoğunluğu, iklimsel faktörler (rüzgar yönü, şiddeti, yağış vs.) topoğrafik yapı, yaprak yüzeyinin, kabuk yapısının farklılığı gibi etkenlerden kaynaklandığı düşünülebilir.

Bitki ve topraktaki bakır değerleri arasında uyum göz önüne alınacak olursa, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*’un, bakır için biomonitor özellik gösterdiğini söyleyebiliriz.

IV.2.4. Demir

Yerkabuğunda en çok bulunan metal olan demir, çelik sanayii, otomotiv sektörü, boya endüstrisi ve inşaat gibi br çok alanda hayatımızda yer almaktadır. Demirin aynı zamanda, bitki ve hayvan metabolizmasında da önemli bir yeri vardır.

Allen (1989)’e göre, bakırın topraktaki toksik sınırları ile, tarafımızdan tespit edilen değerler Tablo IV.31.’de verilmektedir. Tabloya göre topraktaki demir miktarı oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir.

Tablo IV.31. Çalışmamızda Tespit Edilen Demir Toprak Değerleri ile Allen (1989)’e Göre Demirin Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Fe Toprak Değerleri	Allen (1989)
2589.35-3825.42	>50-1000

Allen (1989)’e göre, demirin bitki bünyesinde bulunan kontamine olma sınırları ile, tarafımızdan tespit edilen değerler Tablo IV.32.’deki gibidir.

Tablo IV.32. Çalışmamızda Tespit Edilen Demir Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Allen (1989)’e Göre Demirin Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Fe yıkanmamış yaprak <i>Cercis sp.</i>	Allen (1989)
55.31-134.74	>40-500

Allen(1989)’e göre bitkideki demir değerleri normal sınırlar içindedir. Shaw (2004)’a göre de bitkide $140 \mu\text{g/g dw}$ ’a kadar demir değerleri normal sınırlar içinde kabul edilmektedir. Kabata-Pendias ve Pendias (2001)’e göre de normal demir değerleri çimende $43\text{-}376 \mu\text{g/g dw}$; yoncada ise $74\text{-}400 \mu\text{g/g dw}$ arasındadır.

Demir ile ilgili olarak, ülkemizde ve yurtdışında yapılan bazı çalışma sonuçları, Tablo IV.33.’te verilmiştir.

Tablo IV.33. Çalışmamızdaki Demir Değerlerinin, Ülkemizde ve Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Demir Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler		Yıkanmamış Yaprak Fe Değerleri	Toprak Fe Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>		55.31–134.74	2589.4–3825.4
<i>Robinia pseudoacacia</i> ,	Denizli	100.2–3087.0	2695.6–3939.3
(Çelik ve ark., 2005)			
<i>Quercus</i> sp.L.,	Türkiye	77.1*	-----
(Özcan ve Bayçu, 2005)			
<i>Verbascum olympicum</i> Boiss.,	Bursa	71–2018	88–10177
(Güleryüz ve ark., 2006)			
<i>Pyracantha coccinea</i> Roem.	Muğla	4.95-9.53	-----
(Akgüç, 2007)			
<i>Taraxacum officinale</i>	Varşova, Polonya	121–1056	-----
(Czarnowska ve Milewska, 2000)			
<i>Tillandsia usneoides</i> L.	Sao Paulo,	440–1324	-----
Brezilya (Figueiredo ve ark., 2007)			

*Bitkinin farklı dokularından alınmıştır.

Demir toprak değerleri, Denizli’de *Robinia pseudoacacia* ile yapılan çalışmadaki sonuçlarla uygunluk göstermektedir. Fakat Güleryüz ve arkadaşları (2006)’nın Bursa’da elde ettikleri sınır değerler içinde olmakla beraber o kadar yüksek ve düşük değerler elde etmedik. *Verbascum* sp’deki toprakların maden yataklarına yakın olması soncun çok yüksek olmasında etkindir diye düşünmekteyiz. Tarafımızca elde edilen en yüksek toprak demir değeri 5849 µg/g dw ile 34 nolu lokalite olan, trafiğin çok yoğun olduğu, Barbaros caddesi, Beşiktaş’tadır. En yüksek demir değeri bitkide ise yine 34 nolu lokalitede aynı bitkinin yaprağında gözlenmiştir.

Yıkama prosedürü ile yapraklarda demir miktarı belirgin bir şekilde azalmaktadır. Demir uzaklaşma oranı en çok Boğaz sahil şeridinde (% 48.20), en az ise kontrol bölgesinde (% 14.57) görülmektedir. Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda korelasyon olarak pozitif yönde kuvvetli bir ilişki ($r=0.86$) bulunmuştur.

Toprakta ve bitki dokularında biriken demir miktarları istasyon olarak kategorize etmeden sıralayacak olursak, 59 lokalitede genel olarak, toprak> yıkanmamış yaprak > kabuk > yıkanmış yaprak şeklindedir.

Toprak ve yıkanmış yaprak arasında pozitif yönde zayıf bir ilişki ($r = 0.43$) bulunmaktadır. Toprakta tespit edilen yüksek demir miktarı bitkide aynı oranda birikmemiştir. Ayrıca şehir içi, şehir park ve kontrol bölgelerinde gözlenen demir miktarları arasında doğrusal bir ilişki yoktur.

Sonuç olarak, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un, demir için biomonitor özellik gösterdiğini söyleyemeyiz.

IV.2.5. Nikel

Nikel yakıt yanmasıyla, madencilik ve kentsel atıkların külleştirilmesi ile atmosfere yayılmaktadır. Lağım karışmış toprakta ve sigarada da nikel bulunmaktadır. Nikel içerikli takı kullanımında deride etkileşim ve tahriş görülmektedir. Nikel bileşiklerinin kanserojen ve deride alerjik etkisi olduğu gibi, solunum sistemini etkileme özelliği vardır (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Kartal ve ark., 2004).

Cercis siliquastrum L. subsp. *siliquastrum*'un toprak değerleri, kontamine olmuş toprak değerleri ile kıyaslanmıştır. Allen (1989) ve Ross (1994)'e göre, nikelin topraktaki toksik sınırları ile, tarafımızdan tespit edilen değerler Tablo IV.34.'te verilmektedir.

Tablo IV.34. Çalışmamızda Tespit Edilen Nikel Toprak Değerleri ile Allen (1989) ve Ross (1994)'a Göre Nikelin Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Ni Toprak Değerleri	Allen (1989)	Ross (1994)
5.34-15.07	>5-500	10-1000

Cercis siliquastrum L. subsp. *siliquastrum*'un yıkanmamış yaprak değerleri, farklı otörler tarafından belirtilen bitkide nikel kontamine değerleri ile Tablo IV.35'te karşılaştırılmıştır.

Tablo IV.35. Çalışmamızdaki Nikel Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Allen (1989) ve Ross(1994)’e Göre Bitkide Kontamine Olma Sınırları (µg/g dw)

Ni Yıkanmamış Yaprak (<i>Cercis</i> sp.)	Allen (1989)	Ross (1994)
2.97-4.47	>0.5-5	10-100

Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki bitki ve yetiştirme ortamında nikel kirliliği söz konusu değildir. Nikel sonuçlarının normal sınırlarda olduğu Tablo IV.35.’te açıkça görülmektedir. Çalışmamızdaki nikel değerleri, İstanbul’da yapılan farklı çalışmalarla karşılaştırmalı olarak Tablo IV.36.’da verilmiştir.

Tablo IV.36. Çalışmamızdaki Nikel Değerlerinin, İstanbul’da Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Nikel Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Yıkanmamış Yaprak Ni Değerleri	Toprak Ni Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>	2.97–4.47	5.34–15.07
<i>Acer</i> sp. (Baycu ve ark., 2006)*	1.96	-----
<i>Aesculus hippocastanum</i> “	1.43	-----
<i>Ailanthus altissima</i> “	1.62	-----
<i>Fraxinus</i> sp. “	2.09	-----
<i>Platanus</i> sp. “	2.26	-----
<i>Populus</i> sp. “	1.35	-----
<i>Robinia pseudoacacia</i> “	1.71	-----

* Baycu ve ark., 2006’daki sonbahar değerleri dikkate alınmıştır.

Cercis siliquastrum L. subsp. *siliquastrum*’da ölçülen nikel değerlerinin, İstanbul’da başka bitki türlerine oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bizim sonuçlarımızın yüksek çıkması, bitki tür özelliğinden kaynaklanabileceği gibi, zamanla İstanbul’da, atmosferde nikel birikimi artmış olabilir.

Tablo IV.37’de nikel ile ilgili olarak, İstanbul dışında, yurtiçi ve yurt dışında yapılmış bazı çalışma sonuçları verilmiştir.

Tablo IV.37. Çalışmamızdaki Nikel Değerlerinin, Ülkemizde İstanbul Dışında ve Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Nikel Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler		Yıkanmamış Yaprak Ni Değerleri	Toprak Ni Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>		2.97–4.47	5.34–15.07
<i>Quercus</i> sp.L.,	Türkiye	12.9*	-----
(Özcan ve Bayçu, 2005)			
<i>Fraxinus excelsior</i> ,	Kayseri	13.42–27.04	390.29
(Aksoy ve Demirezen, 2006)			
<i>Verbascum olympicum</i> Boiss.,	Bursa	71-237	33–1650
(Güleryüz ve ark., 2006)			
<i>Pyracantha coccinea</i> Roem.	Muğla	8.76–14.30	-----
(Akgüç, 2007)			
<i>Taraxacum officinale</i>	Varşova, Polonya	0.7–3.2	----
(Czarnowska ve Milewska, 2000)			

*Bitkinin farklı dokularından alınmıştır.

İstanbul’da Bayçu ve arkadaşları (2006)’nın ölçtüğü nikel değerleri, hem *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* nikel değerlerinden hem de başka araştırmacıların bitki nikel değerlerinden oldukça düşüktür. İstanbul dışında, yurtdışında farklı bitkilerde ölçülen nikel değerleri ise bizim değerlerimizden çok daha yüksektir. Polonya’da *Taraxacum officinale*’de ölçülen değerler ise bizim sonuçlarımızla paralellik göstermektedir.

Toprakta en yüksek Nikel değeri, 27.82 µg/g dw ile şehir yol kenarı istasyonunda, Barbaros caddesi, Beşiktaş (34 nolu lokalite)’ta ölçülmüştür. Bitkide maksimum nikel değeri, 10.78 µg/g dw ile yine aynı lokalitede (34 nolu), yıkanmamış yaprakta tespit edilmiştir.

Yıkama prosedürü ile yapraklarda nikel miktarı belirgin bir şekilde azalmaktadır. Nikel uzaklaşma oranı en çok şehir yol kenarında (% 28.41), en az ise şehir parkta (% 14.84) görülmektedir. Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda korelasyon olarak pozitif yönde çok kuvvetli bir ilişki ($r = 0.91$) bulunmuştur. Yıkanmış yaprak ve toprak arasında ise $r = 0.54$ ile pozitif yönde orta derecede kuvvetli bir ilişki vardır.

Toprakta ve bitki dokularında biriken nikel miktarları istasyon olarak kategorize etmeden sıralayacak olursak, 59 lokalitede genel olarak, toprak> yıkanmamış yaprak > kabuk > yıkanmış yaprak şeklindedir.

Bitki ve topraktaki nikel değerleri arasında uyum göz önüne alınacak olursa, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un, nikel için biomonitor özellik gösterdiğini söyleyebiliriz.

IV.2.6.Kurşun

Topraktaki kurşun konsantrasyonu belirli sınırların üstüne çıktığında, bitkiler üzerinde olumsuz etkilere neden olur. Yapılan araştırmalarla, kurşun toksisite ve kontamine olma sınır değerleri belirlenmiştir. Tablo IV.38.'de Allen (1989) ve Ross (1994) göre, kurşunun toprakta bulunan normal ve toksik sınırları ile, tarafımızdan tespit edilmiş olan değerler sunulmaktadır.

Tablo IV.38. Çalışmamızda Tespit Edilen Kurşun Toprak Değerleri ile Allen (1989) ve Ross (1994)'a Göre Kurşunun Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Pb Toprak Değerleri	Allen (1989)	Ross (1994)
22.16-64.71	>2-20	100-400

Elde edilen kurşun toprak değerleri, Ross(1994)'a göre toksik sınırlarda olmasa da, Allen(1989)'e göre normal sınırların üstünde yer almaktadır.

Allen (1989) ve Ross (1994) göre, kurşunun bitki bünyesinde bulunan normal ve kontamine olma sınırları ile, bitkimizde ölçülen değerler Tablo IV.39.'da verilmektedir.

Tablo IV.39. Çalışmamızda Tespit Edilen Kurşun Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Allen (1989) ve Ross(1994)'e Göre Kurşunun Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Pb Yıkanmamış Yaprak (<i>Cercis</i> sp.)	Allen (1989)	Ross (1994)
6.48-19.41	>0.05-3	30-300

İstanbul’da daha önce bazı araştırmacılar, farklı bitkileri kurşun kirliliği tespiti için biomonitor olarak kullanmışlardır. Çalışmamızdaki kurşun değerleri ile İstanbul’da yapılan bazı çalışmalardaki kurşun değerleri Tablo IV.40.’ta karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo IV.40. Çalışmamızdaki Kurşun Değerlerinin, İstanbul’da Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kurşun Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Yıkanmamış Yaprak Pb Değerleri	Toprak Pb Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>	22.16–64.71	6.48–19.57
<i>Ailanthus altissima</i> (Bayçu ve Önal, 1993)	16.06–66.69	73.5–445
<i>Picea abies</i> (Bayçu ve ark., 2003)	58.6–84.9	209.5
<i>Acer</i> sp. (Baycu ve ark., 2006)*	12.41	-----
<i>Aesculus hippocastanum</i> “	17.06	-----
<i>Ailanthus altissima</i> “	10.47	-----
<i>Fraxinus</i> sp. “	11.21	-----
<i>Platanus</i> sp. “	12.82	-----
<i>Populus</i> sp. “	8.34	-----
<i>Robinia pseudoacacia</i> “	15.07	-----
<i>Alcea pallida</i> (Yener, 2007)	5.21	35.21
<i>Hibiscus syriacus</i> (Yener, 2007)	3.06	28.15
<i>Celtis australis</i> (Öztürk, 2008)	2.86–17.39	41.06

* Baycu ve ark., 2006’daki sonbahar değerleri dikkate alınmıştır.

Çalışmamızda ölçülen toprak değerlerinin, son yıllarda yapılan diğer çalışma sonuçlarına göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Motorlu taşıtlarda, 2006 yılından itibaren kurşunlu benzin kullanımının yasaklanması, kimyasal maddelerdeki kurşun oranının ve yayılımının azaltılması ve İstanbul’da belediyelerin yeşil alan mekanlarını arttırması gibi tedbirler; atmosfere ve toprağa karışan kurşunun azalmasında etken olduğunu düşünmekteyiz. Fakat atmosfere karışan kurşun emisyonu azalmakla birlikte, İstanbul’da motorlu araç sayısı gün geçtikçe artmaktadır.

Çalışma konumuz olan erguvan bitkisinde elde edilen kurşun değerleri Bayçu ve Önal (1993)'ın çalışması olan *Ailanthus altissima* bitkisinden elde edilen sonuçlarla uygunluk göstermektedir. *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*, *Ailanthus altissima* ve *Picea abies* dışında, Tablo IV.40'ta adı geçen diğer bitkilerden daha fazla kurşun biriktirmiştir.

Kirletici kaynağı olan fabrika ve imalathanelerin şehir dışına taşınması da kurşun akümülyasyonunun azalmasında rol oynamıştır. Ülkemizde daha önce de farklı bitkiler kurşun kirliliğinde biomonitor olarak kullanılmıştır. Ülkemizde biomonitor olarak kullanılan bazı bitkilerden elde edilen sonuçlar ile, çalışmamızda elde edilen değerler Tablo IV.41.'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo IV.41. Çalışmamızdaki Kurşun Değerlerinin, Ülkemizde İstanbul Dışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kurşun Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler		Yıkanmamış Yaprak Pb Değerleri	Toprak Pb Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>		22.16–64.71	6.48–19.57
<i>Phoenix dactylifera</i> ,	Antalya	2.18–24.37	32.50–189.47
(Aksoy ve Öztürk, 1996)			
<i>Nerium oleander</i> ,	Antalya	2.65–28	34–193
(Aksoy ve Öztürk 1997)			
<i>Elaeagnus angustifolia</i> ,	Kayseri	16.81–180.21	40.21–485-26
(Aksoy ve Şahin, 1999)			
<i>Robinina pseudoacacia</i> ,	Kayseri	15.98–176.88	39–468
(Aksoy ve ark., 2000)			
<i>Robinina pseudoacacia</i> ,	Denizli	15.11–206.2	34.26–180.85
(Çelik ve ark., 2005)			
<i>Fraxinus excelsior</i> ,	Kayseri	8.02–18.41	9.12–57.62
(Aksoy ve Demirezen, 2006)			
<i>Verbascum olympicum</i> Boiss.,	Bursa	27–241	208–1164
(Güleryüz ve ark., 2006)			
<i>Pyracantha coccinea</i> Roem.	Muğla	8.21–12.46	-----
(Akgüç ve ark., 2008)			

Çalışmamızda elde edilen yıkanmamış yapraklardaki kurşun değerleri; Antalya'da, Aksoy ve Öztürk (1996 ve 1997)'ün *Phoenix dactylifera* ve *Nerium oleander* ile yaptığı çalışma sonuçları, Kayseri'de, Aksoy ve Demirezen (2006)'in *Fraxinus excelsior* ile yaptığı çalışma sonuçları ile Muğla'da, Akgüç ve arkadaşları (2008)'nin *Pyracantha coccinea* ile yaptığı çalışma sonuçlarının üst değerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Bununla beraber, İstanbul'da bitkimizde kurşun birikimi, Aksoy ve Öztürk (1998 ve 2000)'ün Kayseri'de *Elaeagnus angustifolia* ve *Robinia pseudoacacia* bitki değerlerinden çok daha düşüktür. Bunun nedeninin, Kayseri'de atmosferde bir çok ağır metal kirliliğine yol açan Çinkur fabrikasının bulunması olduğu gibi, son yıllarda kurşunlu benzin kullanımının sınırlandırılmasının da İstanbul'da kurşun kirliliğinin azalmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Güleryüz ve arkadaşları (2006) tarafından, alınan *Verbascum olympicum* Boiss. Bitkisinin yapraklarında kurşun konsantrasyonunun oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Örnekleme alanlarının maden yataklarına yakın olması, elde edilen sonuçların yüksek olmasını açıklamaktadır.

Yurtdışında bazı ülkelerde, yüksek bitkilerin ağır metal kirliliği için biomonitor olarak kullanılmasına ilişkin bir çok araştırma yapılmıştır. Tablo IV.42.'te yurt dışında yapılan bazı araştırmalar ile, çalışmamızdaki değerler karşılaştırılmıştır:

Tablo IV.42. Çalışmamızdaki Kurşun Değerlerinin, Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Kurşun Değerleri ile Karşılaştırılması ($\mu\text{g/g dw}$)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler		Yıkanmamış Yaprak Pb Değerleri	Toprak Pb Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>		22.16–64.71	6.48–19.57
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	İngiltere (Aksoy ve ark., 1999)	8–57	69–942
<i>Poa annua</i> L.	İngiltere (Aksoy ve ark., 1999)	6–56	69–942
<i>Taraxacum officinale</i>	Varşova, Polonya (Czarnowska ve Milewska, 2000)	3.9–13.0	-----

Kabukta kurşun birikimi, kentleşme ile paralellik göstermektedir. Ağaçların pürüzlü kabuk yüzeylerinde, topraktan ve havadan rüzgarla doğrudan birikim ve pasif olarak taşınma ile ağır metal birikimi görülmektedir.

Yıkama prosedürü ile yapraklarda kurşun miktarı belirgin bir şekilde azalmaktadır. Kurşun uzaklaşma oranı, tarafımızca kategorize edilen 5 bölgede de yaklaşık % 35 olarak birbirine oldukça yakın değerlerde tespit edilmiştir. Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda korelasyon olarak pozitif yönde kuvvetli bir ilişki ($r = 0.85$) bulunmuştur. Yıkanmış yaprak ve toprak arasında ise $r = 0.56$ ile pozitif yönde orta derecede kuvvetli bir ilişki vardır.

Toprakta ve bitki dokularında biriken kurşun miktarları istasyon olarak kategorize etmeden sıralayacak olursak, 59 lokalitede genel olarak, toprak> yıkanmamış yaprak> kabuk> yıkanmış yaprak şeklindedir.

Maksimum kurşun değeri, şehir yol kenarı istasyonunda, bitkinin kabuğunda 33.47 µg/g dw ile Barbaros Caddesi, Beşiktaş (34 nolu lokalite); toprakta ise, 136.1 µg/g dw ile Fatih Sultan Mehmet Köprü Çıkışı Tem Otoyolu, Beykoz (42 nolu lokalite)'da ölçülmüştür.

Ağaç kabuğu, hava kirliliğinin uzun dönem ölçümünde kullanılır. Yaprak ve ağaç kabukları, hem atmosferden doğrudan birikim hem de bitki bünyesinde sıvı alımından dolayı, daha çok ağır metal biriktirir. Toprak, rüzgarla pürüzlü kabuk yüzeyine pasif olarak taşınmaktadır. Elde edilen kabuk sonuçları değerlendirildiğinde, kurşunun bitkide pasif olarak biriktiği görülmektedir. Kabukta bulunan oyuk, çatlak gibi yerlerde, hava yolu ile taşınan kurşun birikmektedir.

Sonuç olarak, konumuz *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* bitkisi yaprak ve kabuk örneklerindeki kurşun konsantrasyonları, kaynakları ve bulaşma yolları, dünyada yapılan diğer çalışmalar ile genelde benzerlik göstermektedir. Ortaya çıkan farklılıklar ise; sanayii tesislerine yakınlık, trafik yoğunluğu, iklimsel veriler (rüzgar yönü ve şiddeti vb.) yaprak yüzeyi ve kabuk yapısının farklılığı gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, topraktaki ve ortamdaki kurşunun bitki tarafından biriktirildiği ve çıkan değerler arasında bir uyum olduğu göz önüne alınacak olursa, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un kurşun için biomonitor özellik gösterdiği söylenebilir.

IV.2.7. Çinko

Çinko, kurşun ve kadmiyumdan farklı olarak canlılar için esansiyel bir element olmasına karşın, topraktaki çinko konsantrasyonu belirli sınırları aştığında bitkiler üzerinde olumsuz etkilere yol açar. Çinko ve birçok bileşiği, diğer ağır metallerle kıyaslandığında, düşük zehirlilik etkisi gösterir. Çinkonun, kadmiyum toksisitesine karşı antagonist rol oynadığı bilinmektedir (Aravind ve Prasad 2005). Bitki dokularında, çinko akümülayonu sınır değerlerin üstünde olursa, bitkinin farklı dokularında, bazı zararlar görülebilmektedir. Tablo IV.43.'te Ross (1994)'e göre, çinkonun toprakta bulunan toksik sınırları ile, tarafımızdan tespit edilen değerler verilmektedir:

Tablo IV.43. Çalışmamızda Tespit Edilen Çinko Toprak Değerleri ile Ross (1994)'a Göre Çinkonun Topraktaki Toksik Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Zn Toprak Değerleri	Ross (1994)
19.69-98.1	70-400

Ross (1994)'a göre, çinkonun bitki bünyesinde bulunan kontamine olma sınırları ile, tarafımızdan tespit edilen değerler Tablo IV.44.'teki gibidir.

Tablo IV.44. Çalışmamızda Tespit Edilen Çinko Yıkanmamış Yaprak Değerleri ile Ross (1994)'a Göre Çinkonun Bitkide Kontamine Olma Sınırları ($\mu\text{g/g dw}$)

Zn Yıkanmamış Yaprak (<i>Cercis sp.</i>)	Ross (1994)
7.57-31.21	100-400

Allen (1989)'e göre bitkide 15-100 $\mu\text{g/g dw}$ ve toprakta 1-40 $\mu\text{g/g dw}$ çinko değerleri normal; bu değerlerin üstünde ise çinkonun zarar verici etkileri ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla Allen (1989)'e göre bitki değerlerimiz normal sınırlarda, fakat toprak çinko değerlerimiz, daha yüksek değerlerdedir.

İstanbul'da, çinko kirliliğini incelemek için, birçok çalışma yapılmış ve tarafımızdan yapılan çalışmasonuçları ile Tablo IV.45.'te karşılaştırılmıştır.

Tablo IV.45. Çalışmamızdaki Çinko Değerlerinin, İstanbul’da Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Çinko Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Yıkanmamış Yaprak Zn Değerleri	Toprak Zn Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>	7.57–31.21	19.69–98.1
<i>Acer</i> sp. (Bayçu ve ark., 2006)*	30.6	-----
<i>Aesculus hippocastanum</i> “	33.82	-----
<i>Ailanthus altissima</i> “	20.47	-----
<i>Fraxinus</i> sp. “	30.59	-----
<i>Platanus</i> sp. “	28.60	-----
<i>Populus</i> sp. “	163.57	-----
<i>Robinia pseudoacacia</i> “	28.32	-----
<i>Alcea pallida</i> (Yener, 2007)	36.59	79.90
<i>Hibiscus syriacus</i> (Yener, 2007)	22.47	62.53
<i>Celtis australis</i> (Öztürk, 2008)	34.84	39.63–122.64

* Bayçu ve ark., 2006’daki sonbahar değerleri dikkate alınmıştır.

İstanbul’da daha önce farklı bitkilerle yapılan çalışma sonuçları ile çalışmamız sonuçları büyük oranda benzerlik göstermektedir. Bayçu ve arkadaşları (2006)’nın *Acer* sp., *Ailanthus altissima*, *Fraxinus* sp., *Platanus* sp. ve *Robinia pseudoacacia* çinko değerleri ile uygunluk göstermektedir.

Tablo IV.45’ te görüldüğü gibi, bir çok bitki türünde, birbirine yakın çinko değerleri ölçülmüşken, *Populus* sp.’de beş kata varan bir birikim söz konusudur. Bu bitkinin çinko alım kapasitesi, başka bitkilere göre daha yüksek olabilir diye düşünülmektedir.

Çalışmamızda tespit ettiğimiz toprak değerleri, Yener (2007) ve Öztürk (2008) tarafından yapılan ölçüm değerleri ile oldukça yakın değerdedir. Yakın zamanda ve yakın lokalitelerde yapılan bu tür çalışmalarda, benzer toprak değerlerinin elde edilmesi oldukça doğaldır.

İstanbul dışında ülkemizde yapılan bazı çalışmaların, bizim çalışmamızdaki çinko değerleri ile karşılaştırılması Tablo IV.46.’da verilmiştir.

Tablo IV.46. Çalışmamızdaki Çinko Değerlerinin, Ülkemizde İstanbul Dışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Çinko Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler		Yıkanmamış Yaprak Zn Değerleri	Toprak Zn Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>		7.57–31.21	19.69–98.1
<i>Phoenix dactylifera</i> ,	Antalya	7.42–19.53	35.55–217.00
(Aksoy ve Öztürk, 1996)			
<i>Nerium oleander</i> ,	Antalya	8–21	37–221
(Aksoy ve Öztürk 1997)			
<i>Elaeagnus angustifolia</i> ,	Kayseri	22.08–231.26	66.12–1215.25
(Aksoy ve Şahin, 1999)			
<i>Robinina pseudoacacia</i> ,	Kayseri	21–242	63–1189
(Aksoy ve ark., 2000)			
<i>Robinina pseudoacacia</i> ,	Denizli	13.02–139.0	10.67–506.43
(Çelik ve ark., 2005)			
<i>Quercus</i> sp.L.,	Türkiye	23	-----
(Özcan ve Bayçu, 2005)			
<i>Fraxinus excelsior</i> ,	Kayseri	13.22–29.41	92.64
(Aksoy ve Demirezen, 2006)			
<i>Verbascum olympicum</i> Boiss.,	Bursa	104–321	33–2952
(Güleryüz ve ark., 2006)			
<i>Pyracantha coccinea</i> Roem.	Muğla	10.15–12.48	-----
(Akgüç ve ark., 2008)			

*Bitkinin farklı dokularından alınmıştır.

Aksoy ve arkadaşlarının (1999 ve 2000) Kayseri’de önemli ölçüde kirlenmeye neden olan Çinkur Fabrikası ve yan ürünlerini işleyen tesislere yakın ortamlardan alınan *Robinina pseudoacacia* ve *Elaeagnus angustifolia* yapraklarında ve yetiştikleri toprakta çok daha yüksek bulunmuştur.

Biomonitor olarak kullandığımız bitkimizdeki çinko değerleri, *Robinina pseudoacacia* (Kayseri ve Denizli), *Elaeagnus angustifolia* (Kayseri) ile *Verbascum olympicum* (Bursa) ile yapılan çinko analiz sonuçlarından daha düşüktür. Muğla’da çalışması yapılan *Pyracantha coccinea* bitkisinin çinko değerleri ise çok daha

düşüktür. Bu da, diğer çalışma bölgelerinde trafik dışında, sanayi tesislerinin etkilerinin daha fazla olduğunu düşündürmektedir.

Bölgeye yakın madencilik çalışmalarından dolayı, Güteryüz ve arkadaşları (2006), Bursa’da *Verbascum olympicum* çinko konsantrasyonlarının, 578 ppm’e kadar yükseldiğini tespit etmişlerdir ki bu değerler bizim erguvan bitkisinde ve toprağında ölçtüğümüz değerlerin çok çok üstündedir.

Tablo IV.46’daki toprak ve bitki değerleri için genel olarak; bizim toprak değerlerimiz diğer çalışmalardaki toprak değerlerine oranla düşük değerlerde olmasına rağmen, bitkide ölçülen çinko değerleri miktar olarak az olmakla birlikte, toprağa oranla yüksek olduğu görülmektedir.

Yurt dışında farklı bitkiler, çinko kirliliği için biomonitor olarak kullanılmıştır. Tablo IV.47.’de elde edilen değerler ile çalışmamızdaki değerler karşılaştırılmıştır:

Tablo IV.47. Çalışmamızdaki Çinko Değerlerinin, Yurtdışında Farklı Bitkilerle Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Çinko Değerleri ile Karşılaştırılması (µg/g dw)

Biomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Yıkanmamış Yaprak Zn Değerleri	Toprak Zn Değerleri
<i>Cercis siliquastrum</i> L. subsp. <i>siliquastrum</i>	7.57–31.21	19.69–98.1
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. İngiltere (Aksoy ve ark., 1999)	53–200	173–576
<i>Poa annua</i> L. İngiltere (Aksoy ve ark., 1999)	50–151	173–576
<i>Taraxacum officinale</i> Varşova, Polonya (Czarnowska ve Milewska, 2000)	29–209	-----
<i>Tillandsia usneoides</i> L. Sao Paulo, Brezilya (Figueiredo ve ark., 2007)	21.4–189	-----

Aksoy ve arkadaşlarının (1999) İngiltere’de *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. ve *Poa annua* L. yaprak sonuç değerlerinin Czarnowska ve Milewska (2000)’nın Polonya’da *Taraxacum officinale* ve Brezilya’da *Tillandsia usneoides* sonuçlarının çalışmamızdaki değerlerden yüksek bulunması, bu ülkelerin

sanayileşme durumu, iklimatik özellikleri ve çalışılan bitkinin genetik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yıkama prosedürü ile yapraklarda çinko miktarı belirgin bir şekilde azalmaktadır. Çinko uzaklaşma oranı en çok şehir içi istasyonlarında (% 28.46), en az ise kontrol bölgesinde (% 16.78) görülmektedir. Yıkanmamış ve yıkanmış yapraklarda korelasyon olarak pozitif yönde çok kuvvetli bir ilişki ($r = 0.90$) bulunmuştur. Yıkanmış yaprak ve toprak arasında ise $r = 0.71$ ile pozitif yönde kuvvetli bir ilişki vardır. Analizi yapılan diğer elementlere oranla, toprak-bitki arasındaki en kuvvetli ilişkinin çinkoda olduğu görülmektedir.

Toprakta ve bitki dokularında biriken çinko miktarları istasyon olarak kategorize etmeden sıralayacak olursak, 59 lokalitede genel olarak, toprak > yıkanmamış yaprak > kabuk > yıkanmış yaprak şeklindedir.

Maksimum çinko değeri, şehir yol kenarında, bitkinin kabuğunda 50.74 µg/g dw ile Fatih Sultan Mehmet Köprü çıkışı, Beykoz (42 nolu lokalite), bitki yaprağında 49.15 µg/g dw ile D-100 İncirli Kavşak, Bakırköy (51 nolu lokalite)'de; toprakta ise, 158.6 µg/g dw ile Fatih Sultan Mehmet Köprü çıkışı, Beykoz (42 nolu lokalite)'da ölçülmüştür.

Tarafımızdan elde edilen değerler; yoğun trafiğin yaşandığı, hava sirkülasyonunun az olduğu yol kenarları, kavşaklar ve sanayii gibi emisyonun çok olduğu yerlerde sınır değerlerinin aşıldığını göstermektedir. Fakat yine de yapılan referans çalışmalarla karşılaştırıldığında çinko krliliği sözkonusu değildir.

Sonuç olarak, konumuz *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* bitkisi yaprak ve kabuk örneklerindeki çinko konsantrasyonları, kaynakları ve bulaşma yolları, dünyada yapılan diğer çalışmalar ile genelde benzerlik göstermektedir. Ortaya çıkan farklılıkların ise; sanayii tesislerine yakınlık, trafik yoğunluğu, iklimsel veriler (rüzgar yönü ve şiddeti vb.) yaprak yüzeyi ve kabuk yapısının farklılığı gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, topraktaki ve ortamdaki çinkonun bitki tarafından biriktirildiği ve çıkan değerler arasında bir uyum olduğu göz önüne alınacak olursa, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*'un çinko için biomonitor özellik gösterdiği söylenebilir.

Çevre sorunları hakkında bilgilenme, sorunları çözümleme ve sorunun kaynaklarını ortadan kaldırma konusunda hassasiyet gösterilmelidir.

BÖLÜM V

SON DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER

V.1. SON DEĞERLENDİRMELER

Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz bulguları, yapılan benzer çalışmalar ile karşılaştıracak ve irdelenecek olursak, genel olarak bazı noktalara dikkat çekmekte fayda olduğu düşüncesindeyiz:

1. Bitkide ağır metal birikiminde farklı etmenler rol oynamaktadır. Bitkinin genetik özelliği yanında, ağır metal akümülyasyonunda, kirlilik kaynaklarına uzaklık, rüzgar ve yağış gibi iklimatik faktörler ve toprak özelliği de önemli faktörlerdir.
2. Toprakta kadmiyum birikimi, çevre sağlığı açısından tehlikeli düzeyde değildir.
3. İstanbul'da toprakta tespit edilen kurşun değerlerinin zamanla azaldığı gözlenmiştir. Bununla birlikte kurşun değerleri, trafiğin yoğun olduğu yerlerde, hem bitkide hem de toprakta yüksek çıkmıştır. Özellikle Beşiktaş Barbaros caddesi üzerinden alınan toprak ve bitki örneklerindeki ağır metallerin yüksek çıkması dikkat çekmektedir.
4. Yüksek binaların arasında, hava sirkülyasyonun azaldığı yerlerde, rampa ve daralan yol güzergahlarında, trafik ışıklarının olduğu yerlerde ağır metal birikimi toksisite değerlerine yaklaşmıştır.
5. Bitki ve toprak örneklerinde incelediğimiz kadmiyum ve kurşun canlılar için toksik özelliğe sahiptir. Krom, bakır, demir, nikel ve çinko ise canlı metabolizmasının yapısına katılan eser elementlerdendir.
6. İstanbul'da, sanayi kuruluşlarının şehir dışına taşınması, kurşunlu benzin kullanımının azalması, yakıt olarak doğal gaz kullanımına geçilmesi, çevreye duyarlı modern araçların artması, belediyelerin de katkılarıyla, yeşil alanların artarak düzenlenmesi gibi tedbirler ve insanlarda çevre bilincinin artması ile

ağır metal kirliliği düzeyinin çevre sağlığını ciddi olarak tehdit edecek boyutlara ulaşmadığı söylenebilir.

7. Yapılan istatistik testleri genel olarak, bitkide hem yıkanmış-yıkanmamış yaprak arasında hem de yıkanmış yaprak-toprak arasında önemli bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur.
8. Demir, toprakta çok miktarda olmasına karşın, bitkide bu birikim net gözlenmemiştir. Toprakta ya da bitkide demir bileşiklerinin çok olması bitkinin bu elementi kullanabildiği anlamına gelmemektedir. Çünkü bitki total demiri değil iyon halindeki demiri bünyesine alarak kullanabilir. Bunun için erguvan bitkisi demir için iyi bir biomonitor değildir.
9. Ağaç kabuğu analizlerinden elde ettiğimiz sonuçlar son zamanlarda yapılan çalışmaları destekler niteliktedir. Ağaç kabuklarının, bazı kirletici elementler açısından, özellikle uzun vadede ölçümlerde iyi bir biomonitor olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.
10. Yıkanmış ve yıkanmamış yaprak arasındaki fark göstermektedir ki kirletici özellikteki elementler zamanla bitki yaprak yüzeyinde birikmektedir.
11. Çalışma alanında çok sayıda bulunmaları, kolayca örnek alınarak teşhis edilebilmeleri, çalışmamızda görüldüğü gibi hava ve toprakla bitkiye nüfuz eden ağır metalleri göstermeleri, hava kirleticilerinin düzeylerini ve canlılara etkilerini göstermeleri ile düşük maliyetleri, geniş bir coğrafi alanda yayılım göstermeleri (Markert, 1993) *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* bitkisinin biomonitor olarak kullanılmasının uygunluğunu göstermiştir.
12. Dayanıklı olması *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* 'un otoyol kenarlarında ve endüstriyel bölgelerde filtre görevi yapabileceğini de göstermiştir. Nitekim bu ağaç, peyzaj özelliği de gösterdiği için belediyelerce özellikle yol kenarlarına dikilmektedir.

V.2. ÖNERİLER

Ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde şehirleşmenin, nüfusun ve sanayileşmenin hızlı ve plansız bir biçimde artması ile çevre sağlığını tehdit eden ağır metallerin olumsuz etkilerini azaltmak ve zararlarından korunmak için antropojenik kaynaklara karşı alınabilecek bazı önerileri sıralayacak olursak:

- 1- Yaptığımız ölçümler ve karşılaştırdığımız referans çalışmalarda da açıkça görüldüğü gibi, ağır metal akümüasyonu kaynaklardan uzaklaştıkça azalmaktadır. Sanayi kuruluşlarının üretim tesislerini, yerleşim yerlerinin dışında kurmaları, yerleşim merkezlerinde varolan tesislerin taşınması insan ve çevre sağlığı açısından taşınmalıdır.
- 2- Motorlu taşıtlar, özellikle büyükşehirlerde, en önemli ağır metal kaynaklarıdır. Kurşunsuz benzin kullanımına geçilmesi, toplu taşımacılığın arttırılarak geliştirilmesi, eski teknolojlili araçların bakımlarının yapılması ve zamanla trafikten çekilmesi, LPG gibi alternatif yakıt ve elektrik enerjisinin taşıtlarda kullanımının yaygınlaştırılması kirliliğin azalmasına yardımcı olacaktır.
- 3- Ağır vasıtaların ve şehirlerarası yolların şehir dışından geçmesi, yük ve yolcu taşımacılığında deniz ve demiryoluna önem verilmesi gerekmektedir. Şehir planlamacılığı trafik sıkışmasını önleyici özellikte, yaşam kalitesini yükseltme endeksli yeniden gözden geçirilmelidir. En yüksek ağır metal birikimi, trafik ışıklarının olduğu, arabaların durup kalkış yaptığı noktalarda tespit edilmiştir. Araçlarda, ani ve sık kalkışlara ve gereksiz rölantide beklenmemeye dikkat edilmelidir.
- 4- Kent merkezlerine uygun ağaçları seçerken, tarihi dokuya uygun bitki ekilmesi de önemlidir. Özellikle tarihi yarımada ve Boğaz'da mimari peyzaj kadar bitkisel peyzaja da kurallar konmalı, tarihi bitki dokusu korunmalı ve şehrin tarihi ve mimarisiyle özdeşleşmiş bitkilerin dikilmesine özen gösterilmelidir. Erguvan başta olmak üzere, fıstık çamı, çınar, morsalkım, ıhlamur, sedir, dişbudak, meşe, atkestanesi, manolya gibi ağaçlar dikilmelidir. Yeri gelmişken, son yıllarda Büyükşehir Belediyesinin bu konudaki hassasiyeti ve İstanbul'u yeşillendirme çalışmaları dikkat çekmektedir.

- 5- Ağır metal içeren boya ve kimyasal maddelerin kullanımının sınırlandırılması ve tarımsal kimyasalların kullanımı kontrol altına alınmalıdır. Kurşun bazlı boyalı giysiler, eskimiş boyalı malzemeler, saç boyaları (kurşun asetat içerirler) ve çocukların kullandığı oyuncakların üretimi kontrol altına alınmalıdır. Yurt dışından ihraç edilen, üretim koşulları iyi denetlenmeyen ürünlerin kullanımında da hassas davranılmalıdır.
- 6- Lifli besinler ve protein bakımından zengin besinlerle beslenmek; vücuda kurşun alımını azalttığı gibi, kurşunun vücuttan atılmasına da yardımcı olarak, bu elementin olumsuz etkilerini en aza indirgeyebilir (Dündar ve ark., 2005).

Bu gibi çalışmaların belirli aralıklarla tekrarlanarak kirliliğin boyutları takip edilerek ortaya konabilir. Konu ile ilgili, farklı referans çalışmaların da yapılması oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

- Adriano, D. C.; Bolan, N. S.; Vangronsveld, J.; Wenzel; W. W. : “Heavy Metals”, *In Encyclopedia of Soils in the Environment*, Elsevier Academic Press **(2005)** 175-182.
- Afridi, H.I.; Kazi, T.G.; Jamali, M.K.; Kazi, G.H.; Shar, G.Q: “The Status of Trace and Toxic Elements in Biological Samples (Scalp Hair) of Skin-Disease Patients and Normal Subjects” *Turk J Med Sci* 36 (4), **(2006)** 223-230.
- Akdeniz, F. “*Olasılık ve İstatistik*” Baki Kitabevi, Adana, **(2002)**.
- Akgüç, N.: “Muğla ilinde Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti için *Pyracantha coccinea* Roem. (*Rosaceae*) 'nin Biyomonitor Olarak Kullanılması” *M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi* **(2007)**.
- Akgüç, N.; Özyiğit, İ.İ.; Yarcı, C.: “*Pyracantha coccinea* Roem. (*Rosaceae*) as a Biomonitor for Cd, Pb and Zn in Muğla Province (Turkey)”, *Pakistan Journal of Botany*, 40 (4), **(2008)** 1767-1776.
- Aksoy, A.; Öztürk, M.: “*Phoenix dactylifera* L. as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution in Turkey”, *Journal of Trace and Microprobe Techniques*, 14 (3), **(1996)** 605-614.
- Aksoy, A.: “Kayseri-Kırşehir Karayolu Kenarında Yetişen Bitkilerde Ağır Metal Kirlenmesi”, *Biyologlar Derneği III. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Programı*, Kırşehir. **(1997)**.
- Aksoy, A.; Öztürk M.A.: “*Nerium oleander* L. as a Biomonitor of Lead and Other Heavy Metal Pollution in Mediterranean Environments”, *The Science of The Total Environment*, Volume 205, Number 2, Elsevier, **(1997)** 145-150.
- Aksoy A.; Sahin. U.: “*Elaeagnus angustifolia* L. as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution “University of Erciyes, *Turk Journal of Botany* 23, **(1999)** 83–87.
- Aksoy, A.; Hale, W. H. G.; Dixon, J. M.: “*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. as a Biomonitor of Heavy Metals”, *The Science of The Total Environment*, Volume 226, Issues 2-3, **(1999)** 177-186.
- Aksoy, A.; Sahin, U.; Duman F.: “*Robinia pseudoacacia* L. as a Possible Biomonitor of Heavy Metal Pollution in Kayseri”, *Turk Journal Botany* 24, **(2000)** 279-284.

- Aksoy, A.; Demirezen, D.: “*Fraxinus excelsior* as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution”, *Polish Journal of Environmental Studies* 15(1), **(2006)** 27-33.
- Albasel, N.; Cottenie, A.: “Heavy Metal Contamination Near Major Highways, Industrial and Urban Areas in Belgian Grassland”, *Water, Air and Soil Pollution*, 24, 1, **(1985)** 103-110.
- Al-Chalabi, A.S.; Hawker, D.: “Distribution of Vehicular Lead in Roadside Soils of Major Roads of Brisbane, Australia”, *Water, Air & Soil Pollution*, Volume 118 (3-4), **(2000)** 299-310.
- Alfani, A.; Batroli, G.; Rutigliano, F.A.; Maisto, G.; Virzo De Santo, A.: “Trace Metal Biomonitoring in The Soil and The Leaves of *Quercus ilex* in The Urban Area of Naples”, *Biological Trace Element Research*, 51, 1, **(1996)** 117-131.
- Ali, E. A.: “Damage to Plants Due to Industrial Pollution and Their Use As Bioindicators in Egypt”, *Environmental Pollution*, 81, 3, **(1993)** 251-255.
- Allaway, W.H.: “Agronomic Controls Over The Environmental Cycling of Trace Elements”, *Advances in Agronomy*, 20, **(1968)** 235-274.
- Allen, S.E.: “*Chemical Analysis of Ecological Materials*”, 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, **(1989)**.
- Al-Alawi, M. M.; Batarseh, M. I.; Carreras, H.; Alawi, M.; Jiries, A; Charlesworth, S. M.: “Aleppo Pine Bark as a Biomonitor of Atmospheric Pollution in The Arid Environment of Jordan”, *Wiley Interscience, Clean-Soil, Air, Water. Volume 35, Issue 5*, **(2007)** 438-443.
- Al-Khlaifat, L. A.; Al-Khashman, O. A.: “Atmospheric Heavy Metal Pollution in Aqaba City, Jordan, Using *Phoenix dactylifera* L. Leaves”, *Atmospheric Environment Volume 41, Issue 39*, **(December 2007)** 8891-8897.
- Al-Nasser, I. A., Hashern, A. R., “Lead, Zinc and Copper Concentrations in Hair, Nails and Blood of Some Workers in Saudi Arabia” *J. King Saud Univ.* Vol.10 Science, Riyadh, **(1998)** 95-100.
- Al-Shayeb, S.M.; Al-Rajhi, M. A.; Seaward, M.R.D.: “The Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) As a Biomonitor of Lead and Other Elements in Arid Environments”, *Sci. Total Environ.*, 168, **(1995)** 1-10.
- Anonim; WHO (World Health Organization), International Programme on Chemical Safety (IPCS), “Inorganic Lead”, *Environmental Health Criteria* 165, Geneva <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc165.htm> **(1995)**.

- Anonim; WHO (World Health Organization), “Cadmium”, *Regional Office for Europe, Copenhagen, (2000)*.
- Anonim; <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/metalmad/oik638.pdf>, *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyon Bakır-Pirit Çalışma Grubu Raporu, Ankara, (2001a)*.
- Anonim; “Hava Kirliliğine Genel Bakış”, RSHM (Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı) Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü **(2001b)**.
- Anonim; *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), (2003a)*
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>.
- Anonim; European Environment and Health Committee (EEHC), *UN Protocol on Heavy Metals (2003b)*.
- Anonim; <http://www.annecocuk.com/modules/wfsection/article.php?articleid=1080>
Ruhi Çakır (10.12.2004).
- Anonim; <http://en.wikipedia.org/wiki/Lead>, (12.04.2006a).
- Anonim; <http://en.wikipedia.org/wiki/Copper>, (12.04.2006b).
- Anonim; <http://www.leadpoison.net/general/history.htm>, (03.05.2006c).
- Anonim; <http://en.wikipedia.org/wiki/Chromium>, (04.06.2006d).
- Anonim; <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/zn-en.htm>, (07.01.2007a)
- Anonim; <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/cd-en.htm>, (07.01.2007b)
- Anonim; <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/cu-en.htm>, (08.01.2007c)
- Anonim; <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Pb-en.htm>, (08.01.2007d)
- Anonim; <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Cr-en.htm> (08.01.2007e)
- Anonim; <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Fe-en.htm>, (09.01.2007f).
- Anonim; <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Ni-en.htm>, (09.01.2007g)
- Anonim; <http://74.125.77.132/search?q=cache:ziiUuHDKTp4J:www.ibb.gov.tr/tr>
(03.11.2008a).
- Anonim; <http://tr.wikipedia.org/wiki/Çinko> (14.12.2008b).
- Anonim; <http://analiz.ibsyazilim.com/egitim/koran.html> (16.12.2008c).
- Anonim; http://www.toraks.org.tr/mse-ppt-pdf/Kenan_KOSE3.pdf (18.12.2008d).
- Anonim; <http://www.kimyaevi.org/dokgoster.asp?dosya=560100021> (09.01.2009a).
- Anonim; <http://www.ibb.gov.tr/trTR/Pages/Haber.aspx?NewsID=15716> (09.01.2009).
- Anonim; <http://dmi.gov.tr> (10.01.2009c).
- Anonim; <http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0stanbul> (10.01.2009d).

- Anonim; http://www.istanbul.gov.tr/images/docs/sayilarla_istanbul2008.ppt T.C. *İstanbul Valiliği* (12.01.2009e).
- Anonim; <http://www.tuik.gov.tr>, (13.01.2009f).
- Anonim; <http://www.denizcilik.gov.tr/tr/istatistik/istatistik.asp> T.C. *Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı*, (21.02.2009g).
- Anonim; <http://iosb.org.tr> *İkitelli Organize Sanayi Bölgesi Başkanlığı, İstanbul*, (27.02.2009h).
- Anonim; <http://environmentalchemistry.com>, (10.03.2009i).
- Anonim; <http://bahcevan.com/2006/05/>, Murat Pilevneli (11.03.2009j).
- Anonim; <http://www.bahce.gen.tr/erguvan-agaci.html> (14.03.2009k).
- Anonim; http://traglor.cu.edu.tr/common/object_show.aspx?id=424 (15.03.2009l).
- Anonim; <http://www.agaclar.gen.tr/Haber-4-60.html> (18.03.2009m).
- Anonim; <http://erguvancevre.org/>, (Erişim tarihi: Mart 2009n).
- Aravind, P. ; Prasad, M.N.V.: “Cadmium-Zinc Interactions in A Hydroponic System Using *Ceratophyllum demersum* L.”, *Brazil Journal of Plant Physiology* Vol.17,1, (2005).
- Asri, F. Ö.; Sönmez, S.: “Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri”, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Antalya <http://www.batem.gov.tr/ana/ozetler.doc>, (17.09.2007) 36-45.
- Atkins, D. P.; Trueman, I. C.; Clarke, C. B.; Bradshaw, A. D.: “The Evolution of Lead Tolerance by *Festuca rubra* on A Motorway Verge”, *Environmental Pollution, A* 27(3), (1982) 233-241.
- Azevedo, R. A.; Lea, P.J.: “Toxic Metals in Plants”, *Brasil Journal Plant Physiology, Vol.17 No.1, Londrina* (2005) 1.
- Bache, C.A.; Gutenmann, W.H.; Rutzke, M., Chu, G.; Elfving, D.C.; Lisk, D.J.: “Concentrations of Metals in Grasses in The Vicinity of A Municipal Refuse Incinerator”, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 20(4), (1991) 538-542.
- Badora, A.: “Bioaccumulation of Al, Mn, Zn and Cd in Pea Plants (*Pisum sativum* L.) Against a Background of Unconventional Binding Agents”, *Polish Journal of Environmental Studies*, 11(2), (2002) 109-116.
- Baker, A.J.M, Brooks, R.R.: “Terrestrial Higher Plants Which Accumulate Metallic Elements - A Review of Their Distribution”, *Ecology and Phytochemistry* 1, (1989) 81-126.

- Barnes, D.; Hamadah, M.A.; Ottaway, J.M.: “The Lead, Copper and Zinc Content of Tree Rings and Bark A Measurement Of Local Metallic Pollution”, *The Science Total Environ.* 5(1), **(1976)** 63-77.
- Baş, L.; Demet, Ö.: “Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller”, *Ekoloji Çevre Dergisi* 5(4), **(1992)**, 42-46.
- Bayçu, G; Önal, M.: “An Investigation of The Levels of Cadmium and Lead in The Soils and in The Leaves of Selected Specimens of *Ailanthus altissima* Found Growing Beside A Freeway in İstanbul”, *İstanbul .Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Dergisi*, 56, **(1993)** 21-34.
- Bayçu, G.; Eruz, E.; Caner, H.; Gönençgil, B.: “Heavy Metal Stress and Peroxidases: I. Peroxidase Activity and Chlorophyll Content in Response to Cadmium and Lead in *Pinus pinea* L.” *Plant Peroxidase Newletter*, 12 **(1999a)** 13-21.
- Bayçu, G.; Eruz, E.; Caner, H.; Gönençgil, B.: “Heavy Metal Stress and Peroxidases: II. Peroxidase Activity and Chlorophyll Content in Response to Cadmium and Lead in *Cedrus libani* ” *Plant Peroxidase Newletter*, 12 **(1999b)** 23-29.
- Bayçu, G.; Caner, H.; B. Gönençgil and E. Eruz, “Roadside Pollution of Cadmium and Lead in Istanbul City (Turkey) and Their Effects on *Picea abies*”, *Journal of Biologia, Bratislava*, 58 (1) **(2003)** 109-114 .
- Bayçu, G.; Tolunay, D.; Özden, H.; Günebakan, S.: “Ecophysiological and Seasonal Variations in Cd, Pb, Zn, and Ni Concentrations in the Leaves of Urban Deciduous Trees in Istanbul”, *Environmental Pollution*, 143 (3), **(2006)** 545-554.
- Beckett, K. P.; Freer-Smith, P. H.; Taylor, G.: “Urban Woodlands: Their Role in Reducing The Effects of Particulate Pollution”, *Environmental Pollution* 99, **(1998)** 347-360.
- Bekiroğlu, N. “Açıklamalı Biyoistatistik Terimleri Sözlüğü” Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, **(1998)**.
- Belal, M., Saleh, M.: “Uptake of Lead Near Roads in Egypt” *Atmospheric Environment*, Volume 12 (6-7) **(1978)** 1561-1562.
- Benavides, M. P.; Gallego, S. M. ;Tomaro, M. L.: “Cadmium Toxicity in Plants”. *Brazil Journal Plant Physiology Vol.17 No.1*, Londrina, **(2005)** 21-34.
- Bereket, G.; Yücel, E.: “Eskişehir’de Trafik Orijinli Ağır Metal Kirliliği”, *Doğa Türk Kimya Dergisi*, 14, 4 , **(1990)** 266-271.

- Bertan, M.; Güler, Ç.: “*Halk Sağlığı (Temel Bilgiler)*” Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye. **(1995)** 270-273.
- Berthelsen, B.O.; Steinnes, E.; Solberg, W.; Jingsen, L.: “Heavy Metal Concentrations in Plants in Relation to Atmospheric Heavy-Metal Deposition”, *Journal Of Environmental Quality*, 24, 5, **(1995)** 1018-1026.
- Beyazıt, N.; Peker, İ.: “Atıksularda Ağır Metal Kirliliği ve Giderim Yöntemleri”, Atlı, V., Belenli İ. (Eds), *Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildirileri*, Kayseri, 22-24 Haziran **(1998)** 209-215.
- Bingöl, M.Ü.: “Ankara Cadde Ağaçlarından *Aesculus hippocastanum* L.’da Kurşun (Pb) Birikimi” *Yüksek Lisans Tezi* A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye **(1992)**.
- Bingöl, Ü.; Geven, F.; Güney, K.: “Heavy Metal (Pb and Ni) Accumulation in the Branch and Bark Tissues of Street Tree *Sophora Japonica* L.” *Kastamonu Univ. Journal of Forestry Faculty*, 8(1) **(2008)** 93-96.
- Bosco, M.L., Varrica, D., Dongarrà, G.: “Case Study: Inorganic Pollutants Associated with Particulate Matter from an Area Near a Petrochemical Plant, *Environmental Research*, Vol. 99(1), **(2005)**, 18-30.
- Boşgelmez, A.; Boşgelmez, İ.İ.; Paslı, N.; Savaşçı, S.; Kaynaş, S.: “*Ekoloji I*” ISVAK yayınları No: 6, **(2000)** 38-404.
- Boşgelmez, A.; Boşgelmez, İ.İ.; Paslı, N.; Savaşçı, S.; Kaynaş, S.: “*Ekoloji II Toprak*” ISVAK yayınları No: 6, **(2001)** 460-707.
- Brekken, A., Steinnes, E., “Seasonal Concentrations of Cadmium and Zinc in Native Pasture Plants: Consequences for Grazing Animals” *Science of the Total Environment* 326 **(2004)** 181-195.
- Bu-Olayan, A., Thomas, B.V., “Biomonitoring Studies on Effect of Lead in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) in The Arid Ecosystem of Kuwait” *Journal of Arid Environments*, Vol:51 (1) **(2002)** 133-139.
- Burtis, C.A.; Ashwood R. E.: “Fundamentals Of Clinical Chemistry”, *EPHC (Environment Protection & Heritage Council)*, 5th Edition, **(2002)** 652-659.
- Calzoni, G. L.; Antognoni, F.; Pari, E.; Fonti, P.; Gnes A.; Speranza A.: “Active Biomonitoring of Heavy Metal Pollution Using *Rosa rugosa* Plants” *Environmental Pollution* 149, **(2007)** 239-245.

- Capannesi, G.; Cecchi, A.; Ciavola, C.; Sedda, A.F.: "Feasibility of Oak (*Quercus ilex* L.) Leaves As Monitor for Airborne Pollution" *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Volume 167 (2), **(1993)** 309-320.
- Caselles, J.: "Levels of Lead and Other Metals in *Citrus* Alongside a Motor Road" *Water, Air & Soil Pollution*, Volume 105 (3-4), **(1998)** 593-602.
- Chronopoulos, J.; Haidouti, C.; Chronopoulou-Sereli, A.; Massas, I.: "Variations in Plant and Soil Lead and Cadmium Content in Urban Parks in Athens, Greece" *Science of The Total Environment*, Volume 196 (1), **(1997)**, 91-98.
- Clemens, S.: "Molecular Mechanisms of Plant Metal Tolerance and Homeostasis", *Planta* 212 **(2001)** 475-486.
- Corsolini, S., "Industrial Contaminants in Antarctic Biota" *Journal of Chromatography A* **(2008)**-in press).
- Çolak, A.M.: "Dış Mekan Süs Bitkileri Yetiştirilmesi, Düzenlemesi ve Bakımı" *Ekoloji Magazin (Doğa Çevre ve Kültür Dergisi)* 4, **(2004)**, 26-30.
- Coşkun, Ş.: "Dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) Yapraklarının Ağır Metal Kirlenmesinde Biyolojik İndikatör Olarak Kullanılması", *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye, **(2003)** 1-11.
- Cunningham, S.D.; Berti, W.R.; Huang, J.W.: "Phytoremediation of Contaminated Soils" *Trends Biotechnol.* 13, **(1995)** 393-397.
- Cunningham, S.D.; Ow, D.W.: "Promises and Prospect of Phytoremediation" *Plant Physiol.*, 110 (3), **(1996)** 715-719.
- Czarnowska, K.; Milewska, A.: "The Content of Heavy Metals in an Indicator Plant (*Taraxacum officinale*) in Warsaw", *Polish Journal of Environmental Studies Vol. 9, No. 2*, Department of Soil Science, Warsaw Agricultural University, 26/30 Rakowiecka, 02-528, Poland, **(2000)** 125-128.
- Çakmak, I., Kalaycı, M., Ekiz, H., Braun, H.J., Kiliç, Y., Yılmaz, A.: "Zinc Deficiency as a Practical Problem in Plant and Human Nutrition in Turkey: A NATO-Science for Stability Project" *Field Crops Research* 60 **(1999)**, 175-188.
- Çakmak, I.: "Possible Roles of Zinc in Protecting Plant Cells From Damage by Reactive Oxygen Species", *New Phytology*;146, **(2000)** 185-205.

- Çavuşoğlu, K.: “İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) Yapraklarında Kurşun (Pb) Yoğunluğunun Araştırılması”, *B.A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6-3, (2002) 191-196.
- Çavuşoğlu, K.; Çavuşoğlu, K.: “*Cupressus sempervirens* L. ve *Cedrus libani* A.Rich. Yapraklarında Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması”, *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi*, (2005) 1-3.
- Çavuşoğlu, K.; Çakır, Ş.; Kırındı, T.: “Kırıkkale İlinin Çeşitli Bölgelerinde Yol Kenarlarından Toplanan *Pinus nigra* Arnold. subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder Türündeki Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması” *D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Sayı:11 (2006) 11-25.
- 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 (1), (2005) 105-112.
- Çırpıcı, A.; Şafak, N.: “Tohumlu Bitkiler Sistematiği Laboratuvar Kılavuzu”, *Marmara Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Ders Notları*, İstanbul (2005).
- Das, P.; Samantaray, S. Rout, G.R.: “Studies on Cadmium Toxicity in Plants”, *Envir.Pollution* 98, (1997) 29-36.
- Davis, P. H. et al. (Ed.): “*Flora of Turkey and The East Aegean Islands*”, Volume: 3, Edinburgh University Press, Edinburgh (1970).
- Davis, R. D.; Beckett P. H. T.: “Upper Critical Levels of Toxic Elements in Plants. II. Critical Levels of Copper in Young Barley, Wheat, Rape, Lettuce and Ryegrass, and of Nickel and Zinc in Young Barley ve Ryegrass”, *New Phytologist*, Vol. 80, No. 1, (1978) 23-32.
- Davis R.D., Beckett, P.H.T.; Wollan, E.: “Critical Levels of Twenty Potentially Toxic Elements in Young Spring Barley”, Department of Agricultural Science, University of Oxford, *Plant and Soil Journal Volume 49*, (1978) 395-408.
- Demirezen, D.; Aksoy, A.: “Heavy Metal Levels in Vegetables in Turkey Is Within Safe Limits for Cu, Zn, Ni and Exceeded For Cd and Pb”, *Journal of Food Quality*, Erciyes Üniversitesi Fen-Edebiyatı Fakültesi Biyoloji Bölümü Kayseri, Türkiye (2006) 1-4.
- Dirican, R.: “*Toplum Hekimliği Dersleri*”, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara (1990).
- Djingova, R.; Kuleff, I.: “Monitoring of Heavy Metal Pollution by *Taraxacum officinale*”, in B. Markert (ed.), VCH Publisher, Weinheim, (1993) 435-460.

- Dökmeci, İ: “*Toksikoloji Akut Zehirlenmelerde Tanı ve Tedavi*” Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, Türkiye (1994) 339-351.
- Dushenkov, V.; Kumar, N. P. B. A.; Motto H.; Raskin, I.: “Rhizofiltration: The Use of Plants to Remove Heavy Metals from Aqueous Streams” *Environ. Sci. Technol.* 29, (1995) 1239-1245.
- Dushenkov, S.; Kapulnik Y.: “Phytofiltration of Metals. Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean up The Environment” *Raskin. I. New York, NY, Wiley-interscience, John Wiley and Sons, Inc.* (2000) 89-106.
- Dündar, Y.; Aslan, R.: “Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri” Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi, *Kocatepe Tıp Dergisi* 6, (Mayıs 2005) 1-5.
- El-Hasan, T.; Al-Omari, H.; Jiries, A.; Al-Nasir, F.: “Cypress Tree (*Cupressus sempervirens* L.) Bark As an Indicator for Heavy Metal Pollution in The Atmosphere of Amman City, Jordan”, *Environment International Volume 28, Issue 6, (December 2002)* 513-519.
- Elik, A.; Akçay, M. :“Sivas Kenti'nde Ağır Metal Kirliliğinin Yerel ve Zamansal Değişimi”, *Tr Journal Engineering Environment Science* 24, (2000) 15-24.
- Emiroğlu, H.: *Kişisel Görüşme*, (Erguvan İstanbul Derneği Başkanı), (2009).
- Eroğlu, A.; Aksoy, N.: “Jeotermal Suların Kimyasal Analizi”, in Toksoy, M.(ed.), *Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri Temelleri ve Tasarımı* MMO Yay. No: E/2003/328-4, İzmir (2003) 149-183.
- Espinosa, A.J. F.; Oliva, S. R.: “The Composition And Relationships Between Trace Element Levels in Inhalable Atmospheric Particles (PM₁₀) and in Leaves of *Nerium oleander* L. and *Lantana camara* L.”, *Elsevier Chemosphere* 62, (2006) 1665-1672.
- Farmer, A.M.,: “The Effects of Dust on Vegetation—a Review” *Environmental Pollution*, Volume 79 (1), (1993), 63-75.
- Farooq, M.; Anwar, F., Rashid, U.: “Appraisal of Heavy Metal Contents in Different Vegetables Grown in the Vicinity of an Industrial Area” *Pak. J. Bot.*, 40(5), (2008) 2099-2106.
- Figueiredo, A.M.G.; Nogueira, C.A.; Saiki, M.; Milian, F.M.; Domingos, M.: “Assessment of Atmospheric Metallic Pollution in the Metropolitan Region of Sao Paulo, Brazil, Employing *Tillandsia usneoides* L. as Biomonitor” *Environmental Pollution*, 145(1), (2007), 279-292.

- Foy, C.D.; Chaney, R.L.; White, M.C.: "Physiology of Metal Toxicity in Plants", *Annual Review Plant Physiology* 29, (1978) 511.
- Gerhardsson, L., Englyst, V., Lundström, N., Sandberg, S., Nordberg, G., "Cadmium, Copper and Zinc in Tissues of Deceased Copper Smelter Workers" *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* Vol:16 (2002) 261-266.
- Güler, Ç. ; Çobanoğlu Z.: "Kimyasallar ve Çevre", Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:50, Ankara, (1997) 9-24.
- Güler, S.: "Çukurova Üniversitesi Yerleşke Alanındaki Yollarda Kullanılan Bitki Türlerinin Çevre Niteliğini Artırma Yeteneklerinin Belirlenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana, Türkiye, (2006) 9-35.
- Güteryüz, G.; Arslan, H.; Belgin İzgi, B; Güçer, Ş.: "Element Content (Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn) of the Ruderal Plant *Verbascum olympicum* Boiss. from East Mediterranean", *Z. Naturforsch 61c* (2006) 357-362.
- Gündüz, T.: "Çevre Sorunları", A.Ü.Fen Fakültesi Kimya Bölümü Bilge Yayıncılık (1994) 130-148.
- Haktanır, K.; Arcak, S.; Erpul, G.; Tan, A.: "Yol Kenarındaki Topraklarda Trafikten Kaynaklanan Ağır Metallerin Birikimi", *Turk. Journal of Engineering and Environmenta Science* 19, (1995) 423.
- Hernandez, L.M.; Rico, C.; Gonzalez, J.; Hernan, A.: "Environmental Contamination by Lead and Cadmium in Plants From An Urban Area of Madrid, Spain", *Bulletin Of Environmental Contamination and Toxicology*, 38, 2, (1987) 203-208.
- Hinesly, T.D.; Redborg, K.E.; Pietz, R.I.; Ziegler, E.L.: "Cadmium and Zinc Uptake by Corn (*Zea mays* L.) With Repeated Applications of Sewage Sludge", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32 (1984) 155-163.
- Hol, P.J.; Gawron, A.J.; Hurst, J.M.; Yeager, A.R.; Van Galen, D.A., Isrenn, R.: "Investigation of Lead and Cadmium Levels in Roadside *Rhododendron* Leaves in Bergen, Norway Utilizing Multivariate Analysis", *Microchemical Journal*, Volume 55 (2), (1997) 169-178.
- Huang, J. W.; Cunningham, S. D.: "Lead Phytoextraction: Species Variation in Lead Uptake and Translocation" *New Phytol.* 134(1), (1996) 75-84.

- Huhn, G.; Schulz, H.; Staerk, H.J., Toelle, R.; Scheuermann, G.: “Evaluation of Regional Heavy Metal Deposition by Multivariate Analysis of Element Contents in Pine Tree Barks”, *Water, Air and Soil Pollution*, 84, 3-4, (1995) 367-383.
- Hunter, B. A.; Johnson, M. S.; Thompson, D. J.: “Ecotoxicology of Copper and Cadmium in A Contaminated Grassland Ecosystem”, *I. Soil And Vegetation Contamination, Journal Applied Ecology*, 24, (1987) 573-586.
- Iannotti, O., Mincigrucci G., Bricchi, E., Frenguelli, G.: “Pollen Viability As a Bioindicator of Air Quality” *Aerobiologia*, Vol: 16 (3-4), (2000) 361-365.
- İlhan, A.İ; Dündar, C; Öz N.; Kılınç, H.: “Hava Kirliliği ve Asit Yağmurlarının Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri”, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayınları, (2006) 5-8.
- Jesus, E.F.O.; Simabuco, S.M.; Anjos, M.J.; Lopes, R.T.: “Synchrotron Radiation X-ray Fluorescence Analysis of Trace Elements in *Nerium oleander* for Pollution Monitoring” *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectrosc.*, Volume 55 (7), (2000) 1181-1185.
- Kabata-Pendias A.; Dudka, S.: “Trace Metal Contents of *Taraxacum officinale* (dandelion) As a Convenient Environmental Indicator”, *Environmental Geochemistry and Health Springer Netherlands, Volume 13, Number 2*, (1991) 108-113.
- Kabata-Pendias, A.; H. Pendias: “*Trace Elements in Soils and Plants*”, CRC Pres. LLC (Third Ed.) Boca Raton, Florida, (2001) 1-403.
- Kabata-Pendias, A.: “Soil-Plant Transfer of Trace Elements-an Environmental Issue” *Geoderma* 122 (2004) 143-149.
- Kabata-Pendias, A.; Mukherjee, A.B: “*Trace Elements from Soil to Human*” Springer Berlin Heidelberg New York (2007) 1-519.
- Kahvecioğlu, Ö.; Kartal, G.; Güven, A.; Timur, S.: “Metallerin Çevresel Etkileri-I” İTÜ, Metalürji ve Malzeme Müh. Bölümü, *Metalurji Dergisi*.136, İstanbul (2001) 47-53.
- Karademir, M.; Toker, C.:“ Ankara’nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim Bitkilerinde Egzoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi”, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 7(26) (1998) 9-12.
- Kargı, F.: “*Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler*”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh. Fak. Basım Ünitesi, 2. Baskı, İzmir (1995).

- Kargın, F., Seyrek, K., Bildik, A., Aypak, S., “Determination of the Levels of Zinc, Copper, Calcium, Phosphorus and Magnesium of Chios Ewes in the Aydın Region” *Turk J. Vet. Anim. Sci.* 28 **(2004)** 609-612.
- Karpuzcu, M: “Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü”, Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **(1999)** 143-152.
- Kartal, G. ; Güven, A.; Kahvecioğlu, Ö.; Timur, S.: “Metallerin Çevresel Etkileri–II”, *İTÜ Metalurji ve Malzeme Müh. Böl., Metalurji Dergisi*.137, İstanbul **(2004)**.
- Kayhan, F.E.; Gülsoy, N.; Balkıs, N.; Yüce, R.: “Cadmium (Cd) and Lead (Pb) Levels of Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) from Bosphorus, Istanbul, Turkey” *Pakistan Journal of Sci.*, **(2007)** 1-5.
- Keskin, H.: “Besin Kimyası” İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları, İstanbul, **(1987)** 86-87.
- Kılınç, M.; Kutbay, H.G.: “Bitki Ekolojisi”, Palme Yayıncılık Geliştirilmiş 2. Baskı **(2008)**.
- Kobayashi, J.: “Pollution by Cadmium and The Itai-Itai Disease in Japan”, *Toxicity of Heavy Metals in The Environment, In F. W. Oehme (Ed)*, **(1978)** 199-260.
- Kovács, M; Podani, J; Klincsek, P; Dinka, M; Toeroek, K.: “Element Composition of The Leaves of Some Deciduous Trees and The Biological Indication of Heavy Metals in An Urban-Industrial Environment”, In: Bornkamm, R.; Lee, J.A.; Seaward, M.R.D., editors Urban Ecology, Blackwell Scientific Publications Oxford, **(1982)** 167-170.
- Köleli, N.; Kantar, Ç.: “Fosforlu Gübrede Ağır Metal Tehlikesi”, *Ekoloji Magazin Dergisi*, 9. Sayı, (Ocak-Mart **2006**).
- Krejpdo, Z., Olejnik, D., Wójciak, R. W., Gawecki, ., “Comparison of Trace Elements in the Hair of Children Inhaiting Areas of Different Environmental Pollution Types” *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 8., No:4 **(1999)** 227-229.
- Królak E.:”Accumulation of Zn, Cu, Pb and Cd by Dandelion (*Taraxacum officinale* Web.) in Environments with Various Degrees of Metallic Contamination”, Department of Ecology and Environment Protection, University of Podlasie, *Polish Journal of Environment Studies Volume 12, No. 6*, **(2003)** 713-721.

- Kuik, P.; Wolterbeek, H.T.H.: "Factor-Analysis of Trace-Element Data from Tree-Bark Samples in The Netherlands", *Environmental Monitoring and Assessment*, 32, 3, (1994) 207-226.
- Kumar, N. P. B. A.; Dushenkov, V.; Motto H.; Raskin I.: "Phytoextraction: The Use of Plants to Remove Heavy Metals from Soils." *Environ. Sci. Technol.* 29, (1995) 1232-1238.
- Lara, R.; Wuilloud, R.; Salonia, J.; Olsina, R.; Martinez, L.: "Determination of low cadmium concentrations in wine by on-line preconcentration in a knotted reactor coupled to an inductively coupled plasma optical emission spectrometer with ultrasonic nebulization", *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, Vol:371 No:7 (December 2001) 989-993.
- Li, F.; Kang, L.; Gao, X.; Hua, W.; Yang, F.; Hei, W.: "Traffic-Related Heavy Metal Accumulation in Soils and Plants in Northwest China", *Soil and Sediment Contamination, Volume 16, Issue 5*, (2007) 473 – 484.
- Lytle, C. M. ; Smith, B. N.; McKinnon, C. Z.: "Manganese Accumulation Along Utah Roadways: A Possible Indication of Motor Vehicle Exhaust Pollution." *Science of The Total Environment*, Volume 162 (2-3), (1995) 105-109.
- Ma, Y.H.; Chu, C.J.; Li, J.; Song, B.: "Heavy Metal Pollution in Soils on Railroad Side of Zhengzhou-Putian Section of Longxi-Haizhou Railroad, China" *Pedosphere, Volume 19, Issue 1*, (February 2009) 121-128.
- Madejón, P.; Marañón, T.; Murillo, J. M. ;Robinson, B.: "White poplar (*Populus alba*) As a Biomonitor of Trace Elements in Contaminated Riparian Forests" *Environmental Pollution Vol. 132 (1)*, (2004), 145-155.
- Markert B. (Ed.): "*Plants As Biomonitors: Indicators For Heavy Metals in The Terrestrial Environment*", Vch, Weinheim, Frgermany, (1993) 640.
- Marschner, H.: "*Mineral Nutrition of Higher Plants*", Academic Press, London (1995).
- Mataracı, T.; "Ağaçlar" Türkiye Erozyonla Mücadele Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları, Yayın No: 29 (2004).
- McKenna, I. M.; Chaney, R. L.; Williams, F. M.: "The Effect of Cadmium and Zinc Interaction and Tissue Distribution of Zinc and Cadmium in Lettuce and Spinach", *Environmental Pollution*, 79 (2), (1993)113-119.
- Memon, A. R.; Aktopraklıgöl, D.; Demür, A.; Vertu, A.: "Heavy Metal Accumulation and Detoxification Mechanisms in Plants", TÜBİTAK,

- Marmara Research Center, Institute for Genetic Engineering and Biotechnology, *Turk Journal Botany*, 25, (2001) 111-121.
- Memon, A. R., Kazi, T. G., Afridi, H. I., Jamali, M. K., Arain, M. B., Jalbani, N., Syed, N., "Evaluation of Zinc Status in Whole Blood and Scalp Hair of Female Cancer Patients" *Clinica Chimica Acta* 379, (2007) 66-70.
- Nriagu, J. O.: "Global Metal Pollution", *Poisoning the Biosphere, Environment*. 32(7), (1979) 7-33.
- Okunola, O. J.; Uzairu, A.; Ndukwe, G.: "Levels of Trace Metals in Soil And Vegetation Along Major and Minor Roads in Metropolitan City of Kaduna, Nigeria", *African Journal of Biotechnology*, Vol. 6, No. 14, (2007) 1703-1709.
- Oliva, S.R.; Valdes, B.: "Metal Concentrations in Sevilla Orange (*Citrus aurantium*) Fruits from Seville (Spain) and Palermo (Italy)", *Ann.Bot.Fennici*.40 (2003) 339-344.
- Olivares, E.: "The Effect of Lead on The Phytochemistry of *Tithonia diversifolia* Exposed to Roadside Automotive Pollution or Grown in Pots of Pb-Supplemented Soil", *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Vol. 15 (3): (2003) 149-158.
- Olsson, I-M.; Bensryd, I.; Lundh, T.; Ottoson, H.; Skerfving S., Oskarsson, A.: "Cadmium in Blood and Urine-Impact of Sex, Age, Dietary Intake, Iron Status and Former Smoking-Association with Renal Effects" *Environ. Health Perspect.*, 110 (2002) 1185-1190.
- Onianwa, P.C.; Adoghe, J.O.: "Heavy-Metal Content of Roadside Gutter Sediments in Ibadan, Nigeria" *Environment International*, 23 (6), (1997), 873-877.
- Ottesen, R.T.; Langedal, M.: "Urban Geochemistry in Trondheim, Norway", *Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin* 438, (2001) 63-69.
- Önalan, N.: "Ankara Cadde Ağaçlarından *Acer negundo* L'. da Ağır Metal Birikimi" *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, (1995).
- Özbek, H.; Keskin S.: "Standart Sapma mı Yoksa Standart Hata mı?", *Van Tıp Dergisi*, 14(2), (2007) 64-67.
- Özcan, T.; Bayçu, G.: "Some Elemental Concentrations in the Acorns of Turkish *Quercus* L. (*Fagaceae*) taxa", *Pakistan Journal of Botany*, 37(2), (2005) 361-371.

- Özdamar, K.: “SPSS ile Bioistatistik” Kaan Kitabevi, 3. Baskı, Eskişehir, **(1999)**.
- Özden, H.; Bayçu., G.: “Cadmium exposure and changes in some physiological parameters of *Quercus robur* ssp. *robur* L. (Common Oak) and *Acer negundo* L. (Box Elder) seedlings” *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol.13(3), **(2004)** 268-273.
- Özmert, E.N.: “Erken Çocukluk Gelişiminin Desteklenmesi-II: Çevre”, *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi* 48, **(2005)** 337-354.
- Öztürk, M.; Seçmen Ö.: “Bitki Ekolojisi”, Ege Üniversitesi Basımevi, 141, İzmir, Türkiye **(1992)** 1-5.
- Öztürk, A.: “*Celtis australis* L. (Ulmaceae)’in Ağır Metal Kirliliği İçin, Biomonitor Olarak Kullanılması” *M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, **(2008)**.
- Peraza, M.A.; Fierro, F. A.; Barber, D. S.; Casarez, E.; Rael, L.T.; “Effects of Micronutrients on Metal Toxicity” *Environmental Health Perspectives* Vol 106 (Supl 1), **(1998)** 203-216.
- Peters, S.; Chin, S.K.; “Inhibition of Photosynthetic Electron Transport by Palmitoleic Acid is Partially Correlated by The Loss of Thylakoid Membrane Proteins”, *Plant Physiol Biochem* 41, **(2003)** 117–214.
- Pilegaard, K.; Johnsen, I.: “Heavy Metal Uptake from Air and Soil by Transplanted Plants of *Achillea millefolium* and *Hordeum vulgare*”, *Ramussen, L. (Ed.), Ecological Bulletins (Ecotoxicology: 3rd Oikos Conference)*, **(1984)** 97-102.
- Poikolainen, J.: “Sulphur and Heavy Metal Concentrations in Scots Pine Bark in Northern Finland and The Kola Peninsula”, *Water, Air and Soil Pollution*, 93, **(1997)** 395-408.
- Powell, S.R.: “The Antioxidant Properties of Zinc”, *Journal of Nutrition*, 130, **(2000)** 1447–1454.
- Prasad, A.S.: “Zinc: An Overview”, *Nutrition*, Vol. 11, **(1995)** 93-96.
- Prasad, M.N.V; Fretias, H. M. O.: “Metal Hyperaccumulation in Plants- Biodiversity Prospecting for Phytoremediation Technology”, *Electron J. Biotechnol.* V. 6(3), **(2003)**.
- Puccinelli, P.; Anselmi, N.; Bragaloni, M.: “Peroxidases: Usable Markers of Air Pollution in Trees from Urban Environments”, *Chemosphere*, Vol 36 (4-5), **(1998)** 889-894.

- Punshon, T.; Neal, A. L.; Jackson, B. P. : “*Cadmium*”, In Trace and Ultratrace Elements in Plants and Soil, Edited by I. Shtangeeva, I.Ed., Witt Pres, Southampton, Boston, (2004) 171-208.
- Ross, S.M.: “*Sources and Forms of Potentially Toxic Metals in Soil—Plant Systems*”, In: S.M. Ross, Editor, Toxic Metals in Soil—Plant Systems, Chichester: John Wiley (1994) 3-25.
- Sağlam, N., Cihangir, N., “Ağır metallerin Biyolojik Süreçlerle Biyosorbsiyonu Çalışmaları”, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 11, (1995) 157-161.
- Salt, D. E.; Blaylock, M.; Kumar, P. B. A. N.; Dushenkov, V.; Ensley, B. D.; Chet I.; Raskin I.: “Phytoremediation: A Novel Strategy for the Removal of Toxic Metals from the Environment Using Plants” *Biotechnology* 13 (1995) 468-474.
- Savoskul, O. S.; Drechsel, P.: “*Heavy Metal Concentrations in Urban and Peri-Urban Gardens of Dzerzhinsk and Nizhny Novgorod, Russia*”, Urban Agriculture Notes (2003).
- Sawidis, T.; Marnasidis, A.; Zachariadis, G.; Stratis, J.: “A Study of Air Pollution with Heavy Metals in Thessaloniki City (Greece) Using Trees As Biological Indicators”, *Archives Of Environmental Contamination and Toxicology*, 28, 1, (1995) 118-124.
- Seçmen, Ö.; Gemici, Y.; Görk, G.; Bekat, L.; Leblebici, E.: “*Tohumlu Bitkiler Sistematigi*”, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi 116, (2004) 234-241.
- Shanker, A.K.; Cervantes, C.; Loza-Tavera, H.; Avudainayagam, S.: “Chromium Toxicity in Plants” *Environment International* 31 (2005), 739–753.
- Shaw, B.P.; Sahu, S.K.; Mishra, R.K.: “Heavy Metal Induced Oxidative Damage in Terrestrial Plants”, In: *Heavy Metal Stress in Plants-From Biomolecules to Ecosystems*, Berlin (2004) 84-126.
- Skoog; Holler; Nieman: *Enstrümantal Analiz İlkeleri*, Kılıç, E.(Çev.Ed.), Bilim Yayıncılık, (2007), 230-262.
- Smilde, K.W.; Van Luit, B.; Van Driel, W.: “The extraction by soil and absorption by plants of applied zinc and cadmium” *Plant Soil* 143 (1992) 233–238.

- Satarug, S.; Moore, M. R.: “Adverse Health Effects of Chronic Exposure to Low-Level Cadmium in Foodstuffs and Cigarette Smoke”, *Environmental Health Perspectives.*, 112(10), (2004)1099-1103.
- Satarug, S.; Ujjin, P.; Vanavanitkun, Y.; Baker, J.R.; Moore, M.R.: “Influence of Body Iron Store Status and Cigarette Smoking on Cadmium Body Burden of Healthy Thai Women and Men” *Toxicology Letters* 148 (2004) 177-185.
- Suzuki, K.; Yabuki, T.; Ono, Y.: “Roadside *Rhododendron pulchrum* Leaves As Bioindicators of Heavy Metal Pollution in Traffic Areas of Okayama, Japan”, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol: 149(1-4), (2009) 133-141.
- Sümbüloğlu, K.; Sümbüloğlu, V.: “*Biyoistatistik*” Hatiboğlu Yayınları, Ankara, (2000), 185-192.
- Şengül, F.: “*Çevre Kimyası*”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir, (1993).
- Tam, N.F.Y.; Liu, W.K.; Wong, M.H.; Wong, Y.S.: “Heavy Metal Pollution in Roadside Urban Parks and Gardens in Hong Kong”, *Science of The Total Environment*, 59, (1987) 325-328.
- Taylor, D.J.C.; Page, D.C.; Geldenhuys, P.: “Iron and steel in South Africa” *Journal of South African Institute of Mining and Metallurgy* 88(3), (1988) 73-95.
- Temmerman, L. D.; Nigel, J.; Bell, B.; Garrec, J. P.; Klumpp, A.; Krause, G.H.M; Tonneijck, A.E.G.: “Biomonitoring of Air Pollutants with Plants”, *International Society of Environment Botany Vol. 11 No. 2*, (April 2005).
- Tomasevic, M.; Rajsic, S.; Dordevic, D.; Tasic, Krstic M.J.; Novakovic, V.: “Heavy Metals Accumulation in Tree Leaves from Urban Areas”, *Environmental Chemistry Letters*, Volume 2, No:3, (2004) 152-154.
- Topa S.: “Ankara Cadde Ağaçlarından *Platanus orientalis* L.’de Ağır Metal Birikimi” *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, (1995).
- Torrejón, C. S., Castillo-Duran, C., Hertrampf, E. D., Ruz, M., “Zinc and Iron Nutrition in Chilean Children Fed Fortified Milk Provided by the Complementary National Food Program” *Nutrition* 20, (2004) 177-180.
- Tuna, A.; Yağmur, B.: “Muğla–Marmaris Otoyolu Kenarlarında Trafik Kaynaklı Kirlenmenin Araştırılması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Dergisi*, 8-1, (2004) 114-120.

- Tüfekçi, M.: “Türk Çaylarında Bazı Toksik Metallerin (Kurşun, Kadmiyum, Civa) Araştırılması”, *Doktora Tezi Kimya A.B.D.*, (1989).
- Türkan, İ.: “İzmir İl Merkezi ve Çevre Yolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Kurşun (Pb), Çinko (Zn) ve Kadmiyum (Cd) Kirlenmesinin Araştırılması”, *Doğa, Turk Biyoloji Dergisi*, 10, (1986) 116-120.
- Tüzün, Y.; Arzuhal, N.: “Çinko Eksikliği ile İlişkili Deri Hastalıkları” *Dermatose* (2004) 84-91.
- Ulvi H., Yiğiter, R., Yoldaş, T., Dolu, Y., Var, A., Müngen, B., “Magnesium, Zinc and Copper Contents in Hair and Their Serum Concentrations in Patients with Epilepsy” *Eastern Journal of Medicine* 7 (2) (2002) 31-35.
- Van Assche, F.; Clijsters, H. : “Effect of Metals on Enzyme Activity in Plants”, *Plant Cell and Environment*, 13, (1990)195-206.
- Waalkes, M.P.: “Cadmium Carcinogenesis”, *Mutat. Res.* 533, (2003) 107-120.
- Walkenhorst, A.; Hagemeyer, J.; Beckle, S. H.: “Passive Monitoring of Airborne Pollutants, Particularly Trace Metals, with Tree Bark”, *Markert, B, editor, Plants as Biomonitors, VCH.*, (1993) 523-538.
- Ward, N.I.; Brooks, R.R.; Roberts, E.; Boswell, C.R.; “Heavy-Metal Pollution from Automotive Emissions and Its Effect on Roadside Soils and Pasture Species in New Zealand” *Environ. Science Technol.*, 11 (9), (1977) 917-920.
- Wigle, DT.: “*Child Health and The Environment*”, Oxford University Press, London (2003).
- Wittig, R.: “General Aspects of Biomonitoring Heavy Metals By Plants”, *In: Markert, B. (Ed.), Plants as Biomonitors. Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment*, VCH Publisher, Weinheim, (1993) 3-27.
- Yassoglou, N.; Kosmas, C.; Asimakopoulos, J.; Kallianou, C.: “Heavy Metal Contamination of Roadside Soils in The Greater Athens Area” *Environmental Pollution*, Vol. 47(4), (1987) 293-304.
- Yaşar, Ü., “İnsan Saçındaki Ağır Metal Birikimlerinin AAS Yöntemiyle Saptanması İçin Pendik İlçesinde Yapılan Pilot Çalışmalar” *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2002) 3-12.
- Yener, H.: “*Alcea pallida* Waldst.et.Kit. ile *Hibiscus Syriacus* L.’nin (Malvaceae) Biomonitor Özellikleri”, *M. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, (2007).

- Yenigün, A., Ozkinay, F., Cogulu, O., Coker, C., Cetiner, N., Ozden, G., Aksu, O., Ozkinay, C., “Hair Zinc Level in Down Syndrome” *Down Syndrome Research and Practice* 9(2), (2004) 53-57.
- Yeşilten, N: “İşyeri Hekimliği Ders Notları” Türk Tabipler Birliği Yayınları, Ankara, İstanbul (1996) 79-87.
- Yeşilyurt, C.; Akcan, N.: “Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri”, *Sağlık Bak. Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı (RSHM), Çevre Sağlığı Araştırma Merkezi*, (2001) 4-5.
- Yıldız, K.; Sipahioğlu, Ş.; Yılmaz, M.: “Çevre Bilimi” Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara, (2000) 92-116.
- Yılmaz, B.: “Fizyoloji” Hacettepe Taş Yayınevi, Ankara (1984).
- Yılmaz, R., Sakçalı, S., Yarcı, C., Aksoy, A., Ozturk, M.: “Use of *Aesculus hippocastanum* L. As a Biomonitor of Heavy Metal Pollution” *Pakistan Journal of Botany* 38 (2006) 1519-1527.
- Yücel, E.; Doğan, F.; Öztürk M. : “Porsuk Çayında Ağır Metal Kirlilik Düzeyleri ve Halk Sağlığı İlişkisi”, *Ege Üniversitesi Çevre Merkezi, Ekoloji Çevre Dergisi: 17*, İzmir, (1995) 29-32.
- Yücel, E.: “Investigation on Pb, Cd and Zn Pollution From Traffic Using Asian Populus (*Populus usbekistanica* Kom. ssp. *usbekistanica* cv. “Afghanica”) in Kütahya City (Turkey)”, *Doğa Türk Botanik Dergisi*, 20 (2) (1996) 113-116.
- Yücel, E.; “Ağaçlar ve Çalılar”, ISBN 975-93746-2-5., Eskişehir (2005).
- Zayed, A.M.; Terry, N.: “Chromium in the Environment: Factors Affecting Biological Remediation” *Plant and Soil* 249, (2003), 139-156.
- Zengin, F. K.; Munzuroğlu, Ö.: “Effects of Lead (Pb⁺²) and Copper (Cu⁺²) on The Growth of Root, Shoot and Leaf of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seedlings”, *Gazi University, Journal of Science* 17(3), (2004) 1-10.
- Zhu, Y. L.; Zayed, A. M.; Qian, J. H.; Souza, M.; Terry, N.: “Phytoaccumulation of Trace Elements by Wetland Plants: II. Water Hyacinth” *Journal Environ. Qual.* 28, (1999) 339-344.

ÖZGEÇMİŞ

ADI SOYADI :Ülkühan YAŞAR
ÜNVANI :Dr. Araş. Gör.
ANABİLİM DALI :Biyoloji-Botanik
DOĞUM TARİHİ / YERİ :27.12.1977 Elazığ
YABANCI DİL :İngilizce
ADRES :Marmara Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji
Bölümü Göztepe kampüsü, 34722 Kadıköy/İSTANBUL
E-POSTA : ulkuhanyasar@hotmail.com

MESLEKİ DENEYİM

2002–2009 Araş. Gör. M.Ü. Fen-Ed. Fak. Biyoloji Bölümü.(Fen Bil. Ens. Kadrosu)
1999–2002 Sınıf Öğretmenliği, Pendik Ayazma İlköğretim Okulu (İstanbul)

EĞİTİM BİLGİLERİ

Doktora

2002- 2009 Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Konusu: *Cercis siliquastrum L. subsp. siliquastrum (Fabaceae)*’un Ağır Metal Kirliliğinde
Biomonitor Olarak Kullanımı

Yüksek Lisans

1999–2002 Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Konusu: *İnsan saçındaki Ağır Metal Birikimlerinin AAS Yöntemiyle Saptanması İçin Pendik
İlçesinde Yapılan Pilot Çalışmalar*

Lisans

1995-1999 Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi

Lise

1993-1994 Anamur Lisesi (Mersin)

1991-1993 Cumhuriyet Fen Lisesi (Diyarbakır)

Uluslar arası Dergide Basılan Eserleri

- Ü. Yaşar, İ. İ. Özyiğit, M. Serin, (2010), Judas tree (*Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*) as a possible biomonitor for Cr, Fe and Ni in Istanbul (Turkey), *Romanian Biotechnological Letters*, 15(1), (SCI-Yayına Kabul Edildi).
- Ü. Yaşar, İ. İ. Özyiğit, (2009), Use of human hair as a potential biomonitor for zinc in the Pendik District Istanbul Turkey, *Roumanian Biotechnological Letters*, 14(3), pp:4474-4481 (SCI)

Kongre Kitapçığında Basılan Eserleri (Proceedings)

- Z. Severoğlu, Ü. Yaşar, M. Keskin & M. Serin (2009). “Contributions to the flora of Ballıkayalar National Park (Gebze, Kocaeli / Turkey)” . In: Ivanova, D. (ed.), Plant, fungal and habitat diversity investigation and conservation. Proceedings of IV Balkan Botanical Congress, Sofia, 20.26 June 2006. Pp. 427.430. Institute of Botany, Sofia. ISBN 978-954-9746-14-3.

Katıldığı Ulusal ve Uluslararası Kongreler-Projeler

- Ü. Yaşar, İ. İ. Özyiğit and M. Serin, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (Fabaceae) as a biomonitor for heavy metal pollution in Istanbul Turkey 5. Balkan Botanical Congress, Belgrade, Serbia, September, 2009, 7-11, (Bildiri)
- Ü. Yaşar, İ. İ. Özyiğit, F. Vardar, Ş. Akıncı, Z. Uzunova, M. İşci, İ. E. Yalçın, N. Emruşi and D. Bostancı, Morphology and Mineral Structure of Aluminum-treated *Sorghum* spp. 5. Balkan Botanical Congress, Belgrade, Serbia, September, 2009, 7-11, (Bildiri)
- İ. İ. Özyiğit, F. Vardar, Ü. Yaşar, Ş. Akıncı, D. Bostancı, İ. E. Yalçın, N. Emruşi, M. İşci, Z. Uzunova and D. Gürsoy, Influence of Aluminum and Cadmium Stresses on Some Growth Parameters and Mineral Nutrition in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.), 5. Balkan Botanical Congress, Belgrade, Serbia, September, 2009, 7-11, (Bildiri)
- Z. Severoğlu, M. Keskin, M. Serin, C. Yarcı, Ü. Yaşar and V. Altay, The flora of Gölcük and its environs (Kocaeli-Turkey) 5th Balkan Botanical Congress, Belgrade 7-11 September 2009, (Poster).
- C. Yarcı, V. Altay, M. Serin, Z. Severoğlu, Ü. Yaşar, The flora of the cereal fields of Kocaeli province (Turkey) 5th Balkan Botanical Congress, Belgrade 7-11 September 2009, (Poster).

- **Ü. Yaşar**, M. Serin and İ. İ. Özyiğit, The Possible Use of Judas Tree (*Cercis siliquastrum* l. Subsp. *siliquastrum*) as a Biomonitor for Cr, Fe and Ni in Istanbul (Turkey), International Conference on Plants & Environmental Pollution, Erciyes University, Kayseri, Turkey, July 6-11, **2009**, **(Poster)**.
- İ. İ. Özyiğit, **Ü. Yaşar**, F. Vardar, Ş. Akıncı, Z. Uzunova, M. İşci, İ. E. Yalçın, N. Emruşi and D. Bostancı, Effects of Aluminum Stress on Some Growth Parameters and Leaf Anatomy of *Sorghum* spp., International Conference on Plants & Environmental Pollution, Erciyes University, Kayseri, Turkey, July 6-11, **2009**, **(Poster)**.
- İ. İ. Özyiğit, F. Vardar, **Ü. Yaşar**, Ş. Akıncı, D. Bostancı, İ. E. Yalçın, N. Emruşi, M. İşci, Z. Uzunova and Duygu Gürsoy, Effects of Aluminum and Cadmium Stresses on Some Growth Parameters and Leaf Anatomy of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.), International Conference on Plants & Environmental Pollution, Erciyes University, Kayseri, Turkey, July 6-11, **2009**, **(Poster- 2. en iyi poster seçildi)**.
- İ. İ. Özyiğit, Ş. Akıncı, F. Vardar, **Ü. Yaşar**, D. Bostancı, İ. E. Yalçın, N. Emruşi, M. İşci, Z. Uzunova, Duygu Gürsoy and A. F. Korkmaz, Effects of Water Stress on Some Growth Parameters and Mineral Nutrition of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.), International Conference on Plants & Env. Pol., Erciyes Univ., Kayseri, Turkey, July 6-11, **2009**, **(Bildiri)**
- Z. Severoğlu, M. Serin, C. Yarcı, V. Altay and **Ü. Yaşar**, The forest and shrub vegetation of Gölcük and environs (Kocaeli / Turkey), International Conference on Plants & Environmental Pollution, Erciyes University, Kayseri, Turkey, July 6–11, **2009**, **(Poster)**.
- Z. Severoğlu, M. Serin and **Ü. Yaşar** “Contributions to the Flora of Ballıkayalar Natinal Park (Gebze-Kocaeli-Turkey)” IV. Balkan Botanical Congress/ Sofia, Bulgaria 20–26 June **2006** **(Poster)**
- Z. Severoğlu, **Ü. Yaşar** and M. Serin “Ethnobotanical Aspects of Some Species in Ballıkayalar Valley (Gebze-Kocaeli-Turkey)” IV. Balkan Botanical Congress/ Sofia, Bulgaria 20–26 June **2006** **(Poster)**.
- **Ü. Yaşar**, A. Zehir, Y.Z. Yılmaz, Çevre Kirliliği İle İnsan Saçındaki Toksik Metal Birikimi Arasındaki İlişkinin AAS İle İncelenmesi (**2004**) 17. Ulusal Biyoloji Kongresi 21–24 Haziran Çukurova Üniversitesi, Adana) **(Poster)**.

Araştırmacı Olarak Katıldığı Projeler

- “*Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (Fabaceae)’un Ağır Metal Kirliliğinde Biomonitör Olarak Kullanımı” adlı doktora tezi İstanbul Büyükşehir Belediyesi Projemistanbul tarafından desteklenmiştir (2007- 2009).

Danışmanlık Yaptığı Projeler

- “Dört Farklı Konsantrasyonda Hazırlanan $AlCl_3$ ’ün *Sorghum* spp. (Darı) Bitkisinde Büyüme ve Gelişme Parametreleri Üzerine Etkileri” Zeynep UZUNOVA, Melike İŞÇİ ve Ahmet Eren ŞAHİN Marmara Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Tübitak Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı Üniversite Öğrencileri Yurtiçi Yurtdışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı (2008- 2009)

Katıldığı Eğitim Programları

- Tubitak işbirliğiyle yapılan Kaçkar Dağları ve Hatila Vadisi Milli Parkları Doğa Eğitimi (10–20 Temmuz 2008)

Akademik Etkinlikler

Eğitmenlik ve Diğer :

M.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünde Girdiği Dersler (2008–2009 öğretim yılı)

- Sporlu Bitki Sistematigi Lab. (Atatürk Eğitim Fak -Fen-Edebiyat Fakültesi)
- Biyokimya Lab I(Atatürk Eğitim Fak -Fen-Edebiyat Fakültesi)
- Biyokimya Lab II(Atatürk Eğitim Fak -Fen-Edebiyat Fakültesi)

Biyoloji Bölümünde Girdiği Diğer Dersler

- Genel Biyoloji Lab II. (Atatürk Eğitim Fak -Fen-Edebiyat Fakültesi)
- Tohumlu Bitki Sistematigi Lab. (Atatürk Eğitim Fak -Fen-Edebiyat Fakültesi)
- Bitki Embriyolojisi Lab. (Atatürk Eğitim Fak -Fen-Edebiyat Fakültesi)
- Omurgalı Hayvan Sistematigi Lab. (Atatürk Eğitim Fakültesi)
- Sitoloji Lab. (Fen-Edebiyat Fakültesi)

Sosyal Faaliyetler

- ÇED(Çevre Gönüllüleri Derneği) Çevre Eğitim Seminer (2002)
- BİLSEM(Bilim Sanat Merkezi) Üstün Yetenekli Öğrencilerin Eğitimi Semineri (2002)
- İzci Ünitesi Çalışmaları (2000–2002)
- L.T. K. İzcilik Liderlik Temel Kursu (2000)
- Kitap-dergi okuma, seyahat, sinema, müzik, tiyatro, spor.