

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS

ANKARA'DA YAYILIŞ GÖSTEREN KARAÇAMLARDA (*Pinus nigra* Arnold) AĞIR METAL BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ

Hasan Can TÜRK

Danışman: Doç. Dr. ETEM OSMA

BİYOLOJİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2021
Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans

ANKARA'DA YAYILIŞ GÖSTEREN KARAÇAMLARDA (*Pinus nigra* Arnold) AĞIR METAL BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ

Hasan Can TÜRK

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Etem OSMA

Bu çalışmada Ankara kentinde yayılış gösteren *Pinus nigra* Arnold bitkisi kullanılarak kent genelinde sanayi, yol kenarı, şehir içi ve kontrol bölgelerinden toplanan *Pinus nigra* Arnold'a ait yaprak, kök, kabuk ve toprak örneklerinde ağır metallerin (Al, Cr, Cd, Cu, Fe, Zn, Mn, Pb, Ni) yoğunlukları tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışmayla ülkemizin başkenti Ankara ilinin ağır metal kirlilik düzeyinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda belirlenen bölgelerden alınan toprak ve bitki numuneleri laboratuvarında bir takım ön işlemlerden geçirildikten sonra ICP-OES cihazında ağır metal analizleri yapılmıştır. Bitki kısımları ile topraktan elde edilen metal verileri, SPSS 22 İstatistik Paket Programı ve Microsoft Office Excel programı kullanılarak ANOVA testi ve istatistiksel karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonuç olarak bu bölgelerin aralarında anlamlı farklılıkların varlığı belirlenmiş, yıkanmamış ve yıkanmış yaprakların aralarında ağır metallerin konsantrasyonları açısından farklılıklar görülmüştür. Elde edilen veriler incelendiğinde, ağır metallerin konsantrasyonunun özellikle sanayi bölgesindeki bitki kabuklarında yüksek olduğu belirlenmiştir. Son olarak, kentlerde yaygın olarak dağılım gösteren *P. nigra*'nın ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde biyomonitör olabilirliği sonucuna ulaşılmıştır.

2021, 48 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Ankara, Ağır metal, ICP-OES, *Pinus nigra* Arnold

ABSTRACT

Master Thesis

DETERMINATION OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN BLACK PINES (*Pinus nigra* Arnold) SPREADING IN ANKARA

Hasan Can TÜRK

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Etem OSMA

In this study, concentrations of heavy metals (Al, Cr, Cd, Cu, Fe, Zn, Mn, Pb, Ni) in the leaf, bark and soil samples of (*Pinus nigra* Arnold) from industrial sites, roadsides, inner city and control areas were determined with a focus on the city of Ankara. Our study aims to determine the level of heavy metal pollution in Ankara, the capital of Turkey. In this direction, the collected plant and soil samples have been pre-processed in the laboratory, and heavy metal analysis has been made in the ICP-OES device. ANOVA test and statistical comparisons have been conducted by using SPSS 22 Statistics Package Program and Microsoft Office Excel on the data obtained from plant parts and soil. As a result, it is indicated that there are significant differences between these regions in terms of heavy metal concentration in the unwashed and washed leaves. When the data are examined, it is determined that the concentration of heavy metals is especially high in the plant barks taken from the industrial zone. It is also concluded that *P. nigra*, which is widely common in urban areas, can be seen as a biomonitor in the determination of heavy metal pollution.

2021, 48 Pages

Keywords: Ankara, Heavy metal, ICP-OES, *Pinus nigra* Arnold

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, lisans ve yüksek lisans eğitimimin her aşamasında değerli bilgilerini benimle paylaşan, kullandığı her kelimenin ve öğrettiği her bilginin hayatıma kattığı önemi asla unutmayacağım saygıdeğer danışman hocam; Doç. Dr. Etem OSMA' ya çalışmam boyunca yardımlarını ve desteğini esirgemediği için sonsuz teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca bilgilerinden yararlandığım ve hiçbir desteğini benden esirgeyemeyen çok kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KUZUCU' ya, çalışmalarım süresince deneyimleri ile bana yol gösteren, aynı çalışma ortamını paylaştığımız değerli arkadaşım Uğur DURMUŞ' a, tüm bu süreçte beni bir an olsun yalnız bırakmayan, bu hayattaki en büyük şansım olan canım annem Name TÜRK'e, sevgili eşim Meryem BİNGÜL TÜRK'e, ve canım oğlum Yaser TÜRK ve canım kızım Afra TÜRK'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca bu çalışmanın gerçekleşmesinde maddi imkân sağlayan Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi FYL-2019-620 nolu Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimine katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Hasan CAN TÜRK

Eylül, 2021

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Numunelerin Alındığı Bölgeler.....	14
3.1.1. Numune alınan bölgenin coğrafik konumu.....	15
3.1.2. Numunelerin alındığı bölgenin iklim özellikleri.....	15
3.1.3. Numune alınan tür ile ilgili genel bilgiler.....	15
3.2. Yöntem.....	16
3.2.1. Yapılan çalışmalar.....	16
3.2.2. İndüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi (Icp-Oes).....	17
3.2.3. İstatistiksel analizler.....	19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	20
4.1. Araştırma Bulguları.....	20
4.1.1. Alüminyum.....	20
4.1.2. Kadmiyum.....	22
4.1.3. Krom.....	23
4.1.4. Bakır.....	25
4.1.5. Demir.....	27
4.1.6. Mangan.....	29
4.1.7. Nikel.....	31
4.1.8. Kurşun.....	33
4.1.9. Çinko.....	35
5. SONUÇ ve TARTIŞMA	37
6. ÖNERİLER	42
KAYNAKLAR	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Numunelerin alındığı noktalar	14
Şekil 3.2. Uyarılmış bir atom veya iyonun ışın yayması	17
Şekil 3.3.İndüktif eşleşmiş plazma emisyon spektroskopisi (ıcp-oes) cihazının temel bileşenleri	18
Şekil 4.1.Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Alüminyum konsantrasyonu	21
Şekil 4.2. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Kadmiyum konsantrasyonu.....	23
Şekil 4.3. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Krom konsantrasyonu	25
Şekil 4.4. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Bakır konsantrasyonu.....	27
Şekil 4.5. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Demir konsantrasyonu	29
Şekil 4.6. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Mangan konsantrasyonu	31
Şekil 4.7. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Nikel konsantrasyonu.....	32
Şekil 4.8. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Kurşun konsantrasyonu.....	34
Şekil 4.9. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Çinko konsantrasyonu.....	36

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Ağır Metal Kaynakları	4
Tablo 4.1. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Alüminyum konsantrasyonları (mg/kg)	20
Tablo 4.2. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Kadmiyum konsantrasyonları (mg/kg)	22
Tablo 4.3. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Krom konsantrasyonları (mg/kg)	24
Tablo 4.4. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Bakır konsantrasyonları (mg/kg)	26
Tablo 4.5. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Demir konsantrasyonları (mg/kg)	28
Tablo 4.6. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Mangan konsantrasyonları (mg/kg)	30
Tablo 4.7. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Nikel konsantrasyonları (mg/kg)	32
Tablo 4.8. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Kurşun konsantrasyonları (mg/kg)	33
Tablo 4.9. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold) ve yetiştiği topraktaki Çinko konsantrasyonları (mg/kg)	35

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
'	Dakika
~	Yaklaşık
Al	Alüminyum
Ar	Argon
As	Arsenik
Au	Altın
Ba	Baryum
Br	Brom
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Ce	Seryum
Cl	Klor
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cs	Sezyum
Cu	Bakır
Eu	Evropyum
Fe	Demir
HCl	Hidro Klorik Asit
Hf	Hafniyum
Hg	Cıva
HNO ₃	Nitrik Asit
K	Potasyum
La	Lantan
Lu	Lutenyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Na	Sodyum
Nd	Neodim
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Rb	Rubidyum
Sb	Antimon

Sc	Skandiyum
Se	Selenyum
Sm	Samaryum
Sn	Kalay
Th	Toryum
Ti	Titanyum
V	Vadanyum
Yb	İtterbiyum
Zn	Çinko

Kısaltmalar

AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
ANOVA	Analysis of Variance
g	Gram
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer
kg	Kilogram
km ²	Kilometrekare
m	Metre
mg	Miligram
µg	Mikrogram
MHz	Megahertz-Megacycle per second
mm	Milimetre
mL	Mililitre
Ostim	Ortadoğu Sanayi ve Ticaret Merkezi
ppm	Parts per million (Milyonda bir)
PSI	Pounds per square inch
s	Saniye
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences

1. GİRİŞ

Birbiriyle sürekli temas ve etkileşim halinde olan toprak, su, bitki ve hava; ışık, sıcaklık ve nem gibi faktörlerle etkileşerek yaşadığımız çevreyi oluşturur. Doğal koşullar altında temel çevresel unsurlar (hava, su ve toprak) arasında sürekli bir denge söz konusudur. Bu denge de ciddi bir şekilde bozulma olmadıkça çevredeki canlılık ve süreklilikte de bir sorun ortaya çıkmaz fakat bu unsurların birinde ortaya çıkan herhangi bir olumsuzluk diğer unsurları da zincirleme bir şekilde etkileyerek doğal dengenin ciddi bir biçimde bozulmasına neden olmaktadır (Çay, 2014).

Son yıllarda, genel olarak dünyanın en önemli sorunları nüfus artışına bağlı sorunlardır. Nüfusun artmasına paralel olarak hava, su ve toprak kirlenerek ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Kaya, 2009; Özel vd., 2019; Çetin ve Çobanoğlu, 2019). Doğanın ve kaynaklarının çok fazla ve doğru olmayan kullanımı ile doğanın temel fiziksel öğeleri olan hava, su, toprak ve bitki kirlenmesinin doğal çevre üzerinde oluşturduğu bozulmalar ve canlıların sağlığını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen ve ekolojik dengeyi bozan her türlü olumsuz etki çevre sorunları olarak değerlendirilmektedir (Duru vd., 2011; Çay, 2014).

Çevre kirliliği, günümüzde su, toprak ve hava gibi ekosistemlerde ciddi şekilde etkisini göstermeye devam etmektedir. Bu durum, dünyada yaşayan bütün canlıların hayatını olumsuz olarak etkilemektedir. İnsanların istek ve ihtiyaçları doğrultusunda çeşitli endüstrilere olan aşırı bağımlılığı ile birlikte her geçen gün kirlenme artmaktadır (Ghaffari vd., 2017; Serbula vd., 2012, Gholizadeh vd., 2019). Çevre kirliliği parçalanmalar, taşınım, ayrışmalar ve atmosferde gerçekleşen yağışlar, oksidasyon, toprak ve okyanuslar tarafından absorpsiyonla doğal yollardan giderilmektedir. Fakat, kirlilik çok aşırı olduğunda bu işlemler yeterli olmamaktadır (Yıldırım vd., 2012).

Düşük konsantrasyonlarda bile toksik etkiye sebep olan, yüksek yoğunluğa sahip, yoğunluğu 5 gr/cm³ ten daha yüksek olan metallere denir. Dünya üzerinde bulunan 92 elementten 53 tanesi ağır metal olarak adlandırılır. 1950'li yıllardan sonra çeşitli kirlilikler artınca yapılan araştırmalar sonucunda bu kirliliğe sebep olan metallere ağır

metal denir. Alüminyum, kadmiyum, krom, bakır, demir, mangan, nikel, kurşun ve çinko gibi elementler bu gruba girmektedirler. (Yavuzer ve Osma, 2018).

Çevre kirliliğine neden olan faktörler içinde ağır metaller önemli bir yere sahiptir. Ağır metaller, enerji üretimi ve tüketimi (Lv vd., 2015; Martin ve Nanos, 2016; Martin vd., 2018) sanayi ve teknolojik faaliyetler, kentsel atıklar, tarımsal gübre ve ilaçlar, egzoz gazları, madencilik gibi antropojenik faaliyetler ile çevreye yayılmaktadır (Odumo vd., 2014; Karbassi vd., 2015; Küçük ve Karaoğlu, 2017). Sanayileşme ve kentleşmenin etkisinden dolayı atmosfere birçok zararlı maddeler geçmektedir. Ağır metaller, çeşitli üretim ve tüketimle ilgili yerlerde kullanıldıklarından dolayı kent kirlenmesinde yaygın olarak bulunurlar (Zengin ve Yıldız, 2019). Bazı ağır metaller canlılar için gerekli elementlerdir, fakat aşırı konsantrasyonlara ulaştığında insanlar, hayvanlar ve bitkiler için zararlıdır. Yer kabuğunda var olan çinko, bakır, kobalt, mangan, nikel ve molibden gibi mikro elementler bitki gelişimi için gerekli iken kurşun, kadmiyum, alüminyum, selenyum, vanadyum, arsenik ve civa gibi elementler canlılar için küçük konsantrasyonlarda bile toksik özelliğe sahiptir (Yavuzer ve Osma, 2018).

Doğal dönüşümlerinde toksik etki oluşturmayan ağır metaller, insanların çeşitli faaliyetleri sonucunda kirlilik oluşturmaktadır. Ağır metallerin yıllık olarak doğal dönüşümlerinin sonucunda;

- ❖ Kadmiyum : 7600 ton,
- ❖ Arsenik : 18800 ton,
- ❖ Cıva : 3600 ton.
- ❖ Doğal dönüşümler sonucunda 332000 ton kurşun atmosfere atılırken, insan aktivitelerinin sonucunda dışarıya atılan miktarlar ise;
- ❖ Kadmiyum : 8 kat,
- ❖ Arsenik : 3 kat,
- ❖ Kurşun ve cıva 6 kat daha fazladır (Akbayır, 2020).

Bitkiler çevre kirliliği açısından önemli bir biyolojik monitörlerdir. Bitki örneklerinde element analizleri kolay ve ekolojik araştırmalarda kullanılan alternatif etkili yöntemlerdir (Yavuzer ve Osma, 2018). Çevre kirliliğinin göstergesi olarak ağaçlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bitki doku ve organlarında ağır metaller biriktiğinde

bitkilerin vejetatif ve generatif yapılarında ciddi manada olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Ağır metaller, bitkilerin metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal aktivitelerine zarar verebilmekle birlikte bitki köklerinin daha ince ve kısa kalmasına neden olabilmektedir (Saklı, 2011; Yıldırım vd., 2019). Ayrıca, ağır metallerin toprakta birikimi ile birlikte toprağın verimliliğini ve mikrobiyolojik faaliyetlerini azaltırken, bitkilerde verim kayıplarını artırmaktadır. Bu şekilde besin zinciri vasıtasıyla tüm canlılarda tehlikeli sonuçlara neden olabilmektedir (Blaylock ve Huang, 2000; Long vd., 2002; Yıldırım vd., 2019). Bitkiler, özellikle ağır metalleri gövdelerinde, yapraklarında ve köklerinde biriktirerek bir bölgenin kirlilik durumu hakkında bilgi verebilmektedir (Çetin ve Cobanoğlu, 2019; Turkyılmaz vd., 2018a; Turkyılmaz vd., 2018b; Arıcak vd., 2019; Sevik vd., 2019). Ekosistemlerin üreticisi olan bitkiler, çevre kirliliğinin takip edilmesinde ve belirlenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir (Aksoy vd., 2000; Sawadis vd., 2011; Yavuzer ve Osma, 2018).

Tek yıllık bitkilerin yapraklarında olduğu gibi organları da her yıl kendini yenilediği için ağır metal birikmesinin konsantrasyonlarının zamanla bağlantısının incelenmesi açısından önem teşkil etmektedirler. İlkbaharlarda meydana gelen yapraklar sonbaharda dökülene kadar bitki üzerindeki etkinliklerini sürdürdükleri için ağır metallerle maruz kalırlar ve ağır metalleri bünyelerinde biriktirirler (Akbayır, 2020).

Ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde, uzun yaşam özelliğine sahip ağaçlar biyoindikatör olarak sıklıkla bilimsel araştırmalarda kullanılmaktadır. Ağır metallerin toksisitesi (zehir etkisi), metalden metale, organizmadan organizmaya değişim gösterebilmektedir (Bkz. Tablo 1.1.). Canlılar üzerindeki olumlu veya olumsuz etkiler sadece metallerin miktarına ve çeşidine bağlı olmayıp türlerin genetik ve fizyolojik özelliklerine de bağlıdır (Küçük ve Karaoğlu, 2017). Ağır metaller, insanoğlunun ihtiyaç ve isteklerini karşılayabilmek için yapmış olduğu üretim ve tüketim ile ilgili süreçler kent kirliliğinde etkisini göstermektedir (Zengin ve Yıldız, 2019). Dolayısıyla, günümüzde büyük kentlerin karşı karşıya kaldığı en önemli sorun kentsel olarak kirlenmedir (Wei ve Yang, 2010).

Kentlerin kirlenmesi, insanların sağlık ve yaşam kalitesi üzerinde ciddi rahatsızlıklara neden olabilmektedir (Cocozza vd., 2016). Yapılan bu çalışma ile ülkemizin nüfus yoğunluğunun fazla olduğu illerden Ankara kentinde yayılış gösteren *Pinus nigra Arnold*

Arnold bitkisi kullanılarak ağır metallerin (Al, Cr, Cd, Cu, Fe, Zn, Mn, Pb, Ni) yoğunluklarını tespit ederek kent genelinde özellikle trafik yoğunluğunun ve sanayi faaliyetlerinin daha fazla ve daha az olduğu alanlardan (kent dokusunu temsil eden 4 istasyondan) yaprak, kök, kabuk ve toprak örnekleri toplanarak *P. nigra* bünyesinde bulunan ağır metal kirliliğini tespit ederek çalışılan bitki türünün biyomonitor özelliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tablo 1.1. Ağır Metal Kaynakları (Markert, 1993)

1.Endüstri	• Plastikler (Co, Cr, Cd, Hg)
	• Tekstil (Zn, Al, Tl, Sn)
	• Ağaç İşletmeciliği (Cu, Cr, As)
	• Rafineri (Pb, Ni, Cr)
	• Ev aletleri üretimi (Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)
2.Tarım	• Sulama (Cd, Pb, Zn)
	• Kimyasal ve Hayvansal Gübreler (As, Cd, Cu, Mn, Zn, U)
	• Kireçler (As, Pb)
	• Metal Aşınması (Fe, Pb, Zn)
3. Metal ve maden sanayi	• Demir ve çelik Endüstrisinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)
	• Metal İşletmeciliğinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd, Hg, Pb, As)
	• Metallerin Eritilmesinden (As, Cd, Hg, Pb, Sb, Se)
4.Atıklar	• Lağım (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, V,Pb, Zn)
	• Kazma ve Delmeler (As, Cd, Fe, Pb)
	• Küller (Cu, Pb)
5. Biyosferdeki Partikül ve Dumanlar	• Taşıtlardan (Cd, Pb, Mo)
	• Fosil Yakıtlardan(As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, V, U, Pb, Zn, Tl)
	• Şehir, Fabrika (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V)

Çalışmanın alt amaçlarını sıralayacak olursak:

- (1) Ankara ilinde kent ekosistemine uyum sağlamış *Pinus nigra* Arnold bitkisinin yaprak, kök, kabuk ve toprak örnekleri alınarak kentsel ortamdaki ağır metallerin kirliliğini tespit etmek.
- (2) Karaçamlardan toplanan yaprak örneklerinin yıkama prosedürü ile topraktan ve havadan gelen ağır metal konsantrasyonunu tespit etmek.
- (3) Kontrol ve diğer belirlenen lokalitelerden toplanan bitki örneklerinden her ağır metal için yapılan istatistiksel değerlendirmelerle lokaliteler arasındaki farklılıkları tespit etmek.
- (4) Ankara ilinin hava kirliliği yönünden durumunu elde ettiğimiz veriler doğrultusunda belirleyerek bu kirliliğin önlenmesine yönelik önerilerde bulunmak.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Son yıllarda dünya üzerinde şehirleşmenin hızlı bir şekilde artmasından, sanayi alanlarının çoğalması, yeryüzünde bulunan doğal kaynakların hızlı bir şekilde tüketilmesi, araç yoğunluğunun hızlı bir şekilde artması ve buna bağlı olarak egzoz gazlarından kaynaklı ağır metallerin hava, su ve toprakları kirletmelerinden dolayı araştırmacıların çevre kirliliği ve ağır metal birikimi konusunda araştırmalara yönelmesine sebep olmuştur.

Şanda (1993), Konya şehir merkezi ile Konya-Afyon çevre yolu üzerinde bulunan ve yaygın olarak yetişen 2 adet step bitkilerinde kurşun (Pb) miktarları incelenmiştir. Şehrin merkezinde *Fraxinus excelsior* L., *Cedrus libani* A. Richard, *Platanus orientalis* L., *Thuia orientalis* L. ve *Aesculus hippocastanum* L. ağaçlarının meyve, dal, yaprak ve kabuklarında Pb birikimi araştırılmıştır. Ayrıca Konya-Afyon çevre yolunda ise *Centaurea virgata* Lam. ve *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb.) Devs.'de yoldan uzaklığına göre Pb birikimi incelenmiştir. Sonuç olarak, Pb birikimi bakımından trafik yoğunluk olarak değerleri bilinen iki bölgede ve çevre yolunda, yola yakınlıkları ile orantılı olarak artış gözlemlendiği açıklanmıştır.

Karademir ve Toker (1995), Ankara'da bulunan bazı kavşaklarda ve bu kavşaklarda yetişen çim bitkilerinde egzoz gazlarından kaynaklı olarak kurşun birikimi araştırılmıştır. Çalışmada; çim bitkilerinde, egzoz gazlarından kaynaklı olarak kurşun birikimi, 6 ay boyunca incelenmiştir. Sonuç olarak, saatte 5.000'in üzerinde aracın geçtiği bu kavşaklarda yetişen bitkilerde bulunan ağır metal değerlerinin devamlı olarak arttığı bildirilmiştir.

Aksoy vd. (2000), Kayseri ilinde yapılan çalışma ile *Robinia pseudo-acacia* L. bitkisinin yapraklarında ve yetiştiği topraklarda bulunan ağır metallerin analizlerini yaparak, bu bitkinin biyomonitör olabileceğini değerlendirmişlerdir. Yaptıkları bu çalışma ile *R. pseudo-acacia* L.'nin araştırılan ağır metal kirliliğinin tespitinde etkili bir biyomonitör olduğu yönünde görüş bildirilmişlerdir.

Caselles vd. (2002), Madrid şehir merkezinde bulunan parklarda Petunya yaprak ve toprağının içerdiği iz elementlerle (Fe, Mn, Cu, Zn, Al, Pb, Ni) araştırma yapmışlardır ve

Fe, Al, Ni ve Pb elementlerinin bitki ve toprak tarafından absorbe edildiğini gözlemlemişlerdir. Çalışma neticesinde, trafik yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde Pb değerinin yüksek olduğunu açıklamışlardır.

Wang vd. (2003), Çin'de gerçekleştirilen çalışmalarda birden fazla lokalitede farklı bitki türleri ve yetiştikleri toprakta bulunan ağır metal birikimini incelemişlerdir. *Pinus acerifolia* türünde Pb (13,37 µg/g dw), Cd (2,07 µg/g dw), Cr (4,06 µg/g dw) metallerinin konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir.

Yenisoy vd. (2004), Ege Bölgesi'nde bulunan 51, 800 km²'lik mekandan, 234 adet *Xanthoria parietina* L. türü liken toplamış ve 35 adet elementin (As, Au, Al, Br, Ba, Ca, Cd, Cl, Co, Ce, Cs, Cr, Cu, Eu, Fe, Hg, Hf, K, Lu, La, Mn, Mg, Na, Nd, Rb, Sc, Se, Sb, Sm, Ti, Th, V, Yb, Zn, Pb, Ni) konsantrasyon miktarlarını belirledikten sonra çoğu elementin, sanayileşme ve şehirleşmenin fazla olan yerlerde yüksek miktarda bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Ünalın (2006), ağır metal stresine karşı dayanıklı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerini belirlemek, belirlenen mısır çeşitlerinde dayanıklılığı sağlayan içsel savunma mekanizmalarını açıklamak ve sudaki ağır metal kirliliğinin bitki atıklarıyla (koçan) giderilmesini sağlamayı amaçlamıştır. Sonuç olarak, erken fide evresinde artan Cu ve Zn konsantrasyonlarıyla bütün mısır çeşitlerinin kök ve koleoptil uzunluğu ile kök gerçek büyüme hızının azaldığını tespit etmiş ve kök nispi büyüme hızının Cu stresi altında azalıp ancak Zn stresinden etkilenmediğini saptamıştır.

Keleş (2007), Konya şehir merkezinde ve çevre yollarının üzerinde bulunan çam ağaçları ve toprağın bünyesindeki ağır metal kirlilikleriyle alakalı bir araştırma yapmıştır. Yapılan bu araştırmaların sonucunda ağır metal kirliliğinin trafik ve araç yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde ağır metal kirliliğinin daha çok olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca bu noktalarda bulunan bitkilerin ağır metalleri bünyelerinde barındırdığı, toprağın ise daha az ağır metal biriktirdiğini belirtmiştir.

Pourkhabbaz vd. (2010), İran kentinin Mashhad şehrinde kent içinde ve kırsal alanlarda yayılmış olan *Pinus orientalis* L.'in yetiştikleri topraklarda Cu, Zn, Pb, Ni, Cr metal konsantrasyon miktarlarını tespit etmeye çalışmışlardır.

Sawidis vd. (2011), Avrupa'nın kuzey ve güney bölgelerinin kirlenmiş olan bölgelerinde yetişen *Pinus orientalis* yapraklarında Cu, Cr, Fe ve Pb metal konsantrasyon miktarlarını tespit etmeye çalışmışlardır.

Duru vd. (2011), Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon ve Rize illeri ile Hopa ilçesi arasında uzanan Karadeniz Sahil yolundan toplanmış *Verbascum sinuatum* L. (Scrophulariaceae) (sığırkuyruğu) örneğinin yapraklarında motorlu taşıtlarla benzer neden olduğu ağır metal kirliliğinin boyutlarını araştırmışlar, yaprak örnekleri üzerinde yapılan ağır metallerin analizi sonucunda sırasıyla Kurşun (Pb) > Çinko (Zn) > Krom (Cr) > Nikel (Ni) > Bakır (Cu) > Kadmiyuma (Cd) rastlamışlar ve yapraklardaki ağır metal birikiminin trafik yoğunluğu ile arttığını ve *V. sinuatum* türünün bu birikimin tespitinde biyolojik bir belirleyici (markır) olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Yıldırım vd. (2012), Amasya şehir merkezinde yaygın olarak bulunan *Elaeagnus angustifolia* ve *Pinus brutia*'nın Cu, Fe ve Mn içerikleri ve Cu, Fe ve Mn kirliliğinin tespitinde kullanılabilirliklerini araştırmışlar. Sonucunda her iki türde de Fe ve Mn birikiminin normal sınırların üzerinde olmadığını, Cu'nun ise çok miktarda biriktirildiğini belirlemişlerdir. Yani Amasya şehir merkezinde Cu kirliliğinin olduğunu ve Cu kirliliğinde *E. angustifolia* ve *Pinus brutia* türlerinin biyomonitör olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Yaldız ve Şekeroğlu (2013), bitkilerin kirleticilere karşı verdiği tepkiler ve hangi adaptif mekanizmalar geliştirdiğini belirlemek amacıyla ülkemizde tıbbi ve aromatik bitkilerin mineral kompozisyonu üzerine yapılan çalışmalarını yoğunlaştırarak, ağır metaller ve diğer yararlı mineraller açısından değerlendirmeye çalışmışlardır. Yapılan çalışmanın sonucunda çeşitli tıbbi ve aromatik olarak kullanılan bitkilerin (lavanta, nane, kantaron, kekik, , kenevir, labada, portakal nergisi, gül hatmi, it üzümü vs) ağır metal ve çeşitli kirlilik etmenlerine aynı şartlarda yetiştirilen diğer bazı kültür bitkilerine kıyasla çok daha dayanıklı olduklarını görmüşlerdir.

Özay ve Mammadov (2013), hazırladıkları derlemede süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliğini tartışmış ve çevre kirliliğinin temizlenmesinde bu bitkilerin araştırılmasının önemli bir temel teşkil edeceğine, özellikle kentsel alanlarda süs

bitkilerinin çevreyi güzelleştirirken aynı zamanda da ağır metal kirliliğini de giderebileceğine değinmişlerdir.

Ata (2014), Erzurum İli sınırları içerisinde yer alan 5 farklı toprak grubundan aldığı örnekler üzerinde çalışmıştır. Arıtma çamuru uygulamalarına bağlı olarak buğday bitkisinin besin elementi ve ağır metal içeriklerine olan etkisinin yanında toprakların Fe, Zn, Mn, B, Cu, Ni, Pb ve Cd gibi elementlerinin topraklar tarafından adsorpsiyon ve desorpsiyon kapasiteleri belirlenerek, topraklara uygulanması muhtemel atıklara ait kritik değerlerini belirlemeye çalışmıştır. Sonuç olarak, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin düzeltilmesi ve toprağın verimliliğinin sağlanması amacı ile kullanılacak olan arıtma çamurlarının önemli bir alternatif kaynak olduğu ve çevre açısından olumlu katkılar sağlayacağını belirlemiştir.

Karacakaya (2016), Asartepi Baraj Gölü'nde (Ankara) su, sediment, turna (*Esox lucius* L., 1758) ve kadife (*Tinca tinca* L., 1758) balığında; kadmiyum, krom, bakır, demir, mangan, kurşun ve çinko olmak üzere yedi farklı ağır metalin birikimi ve mevsimsel değişimini ICP-MS (İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrofotometresi), yöntemi kullanarak araştırmıştır. Ayrıca gölün bazı fizikokimyasal parametrelerinin (çözünmüş oksijen, su sıcaklığı, pH, ışık geçirgenliği ve elektriksel iletkenlik) mevsimsel olarak değişimlerini incelemiştir. Yapılan analizlerin sonucunda suda en çok gözlenen ağır metal Mn, en az gözlenen ağır metalin ise Cu olduğunu belirtmiştir. Araştırma boyunca en çok birikimin sedimentte gözlemlenmiş ağır metaller arasındaki ilişkiyi $Fe > Zn > Pb > Cu > Mn > Cd > Cr$ olarak saptamıştır. Ağır metallerin dokulara göre dağılımını incelendiğinde tüm metaller için en az birikimin kas dokusunda olduğunu belirtmiştir.

Seven vd. (2018), hazırladıkları bildiri de toprakta ve havada bulunabilecek ağır metallerin kaynakları, birikimine ve giderimine yönelik metotlar üzerinde çalışmışlar ve sonuç olarak ülkemizde yeteri kadar önlem alınmadığı ve kirlenen topraklarla ilgili yapılan çalışmaların yeterli düzeyde olmadığını belirtmişlerdir. Öncelikle yapılması gerekenin kirlilik potansiyeline sahip olan bölgelerin araştırılması ve arıtım gerektirecek bölgelerin tespit edilmesi gerektiğini daha sonra kirletici özellikleri, bölge özellikleri, hidrojeolojik özellikler ve ekonomik uygunluk gibi çok sayıda faktör dikkate alınarak gerekli fizibilite ve laboratuvar ağırlıklı çalışmalar yapılarak uygun arıtım yönteminin seçilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Yavuzer ve Osma (2018), 4 farklı lokaliteden (Karasu Nehri ve Işıkpınar deresi çevresinden olmak üzere) toplanan gevrek söğüt (*Salix fragilis* L.) bitkisinden kabuk, kök, yaprak ve yetiştikleri toprak örneklerinden bazı ağır metallerin miktarını tespit etmişler ve ağır metal konsantrasyonunun bitkinin daha çok köklerinde biriktiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, ağır metal miktarının diğer lokalitelere göre Yedisu lokalitesinde daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. *S. fragilis*'in ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde biyomonitör olabileceği sonucuna varılmıştır.

Güneş ve Çilali (2018), Amasya-Tokat karayolunun 15-21'nci km'lerinin arasında bulunan doğal olarak yetişen ve egzoz gazına maruz kalan kuşburnu bitkilerinde ağır metal birikimini araştırmayı amaçlamışlar ve bunun sonucunda kuşburnunun uzaklık ile ilişkili olarak çevre kirlenmesinden etkilenmediği sonucuna varmışlardır.

Çolak Esetlili vd. (2019), Aliğa'dan Ezine'ye uzanan karayolu çevresinde zeytin yetiştirilen alanların ağır metal (Cd, Pb, Ni, Cr, Al) ve doğal radyonüklit (238U, 232Th, 40K) içeriklerinin belirlenmesini amaçlamış ve analiz sonuçları değerlendirildiğinde genelde ağır metal miktarlarının toprağın yüzey altında daha fazla bulunduğu ve incelenen ağır metallere sadece toplam Ni miktarının Bergama hariç diğer lokasyonlarda 11-69 mg/kg arasında değiştiği ve referans değer (30 mg/kg) üzerinde ölçüldüğünü bulmuşlardır.

Balcı (2019), Roka (*Eruca sativa* L.) Bengi çeşidini kullanarak farklı konsantrasyonlarda kadmiyum (0, 100, 150 ve 200 mg/kg) ve kurşun (0, 1000, 1500 ve 2000 mg/kg) uygulamalarının fizyolojik ve morfolojik reaksiyonlarını belirlemeyi amaçlamış ve sonucunda Roka bitkisinde kurşun ve kadmiyum ağır metallerinin; bitki gelişimi, fotosentetik aktivite, klorofil miktarı üzerinde olumsuz etki gösterdiğini gözlemlemiştir. Kurşun ve kadmiyum konsantrasyonları arttırıldığında Roka bitkisindeki canlılık aktivitelerinin daha fazla olumsuz etkilendiğini gözlemlemiştir.

Abusalih (2019), Cd ile kirlenmiş topraklarda yetiştirilen *Cubana kordes* gülünün yetiştirme ortamına farklı dozlarda leonardit uygulamasının; bitki Cd alımı ile Cd x leonardit etkileşimi altında bitki gelişiminde görülecek farklılıkları tespit etmeyi, toksisite belirtilerini gözlemlemeyi ve Cd'nin bitkiye geçme derecesini belirlemeyi amaçlamış ve sonuç olarak; 200 mg Cd kg-1 değerine kadar güllere kadmiyum verilmesine rağmen

bitkilerde hiçbir toksisite belirtisi gözlemlenmemiştir. Bitkinin yüksek kadmiyuma dayanmış olduğunu ve görselliğinde bozukluk olmadığını belirtmiştir. Bu bitkinin hem peyzaj hem de fitoremediasyon amacıyla kullanılabileceğini vurgulamıştır. Ağır metal kirliliği olan topraklarda bitki tarafından Cd alımı ve fitoremediasyon amacıyla *Cubana kordes* güllerinin kullanımında; %3 oranında leonarditin toprağa karıştırılmasının faydalı olabileceğini gözlemlenmiştir.

Kahramaner (2019), radyolojide X ışını ile çalışan personellerin kanlarında bulunan ağır metal ve eser element miktarlarındaki (Zn, Fe, Mn, Mg, Cu, Cd, Co ve Pb) artış veya azalışın sağlıklı bireylerin kanlarındaki değerlere göre değişimini kıyaslamış ve bu durumu radyoloji çalışanlarının iş sağlığı açısından değerlendirmiştir. Sonuç olarak radyolojide çalışan personellerin Zn, Fe, Cu, Mg düzeyleri kontrol grubuna göre daha düşük, Cd ve Pb düzeylerinin ise kontrol grubundan daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca Mn ve Co düzeylerinin gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark oluşturmadığını belirtmiştir.

Yılmaz (2019), hazırladığı doktora tezinde tane sorgum (*Sorghum bicolor* L.) çeşitlerinde kadmiyum (Cd), krom (Cr) ve nikel (Ni) uygulamalarının, bitkilerde meydana gelen ağır metal birikimini, morfolojik özelliklere olan etkisini ve yem kalite özelliklerindeki değişimini incelemiştir. Akdarı çeşidinin kadmiyum ile bulaşık alanlar için uygun olmadığı, krom stresinde bitkinin tane oluşturamadığını ve nikelin bitki organlarına dağılımının köklerde yoğunlaştığını ve tüm bitkide varlığını gözlemlediğini belirtmiştir.

Kurt (2019), *Lemna minor* L. ve *Lemna gibba* L. makrofit bitkilerine farklı konsantrasyonlarda uygulanan Sn, Co, Sb ve V gibi ağır metallerin remediasyonu, bu ağır metallerin bitkinin karbonhidrat, klorofil a-b, karotenoid ve lipid içeriği üzerine etkilerinin araştırılması ve ağır metallerin ilgili organizmada meydana gelen olası stres faktörlerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Sonuç olarak, adsorbsiyon yüzdeleri *Lemna minor* için en fazla adsorbsiyonlanan ağır metal Kalay iken, *Lemna gibba* için en fazla adsorbsiyonlanan ağır metal Antimon olduğunu ortaya koymuş ve istatistiksel verilerin ağır metal uygulamaları öncesi ve sonrası karbon, lipid, karotenoid ve klorofil a-b miktarlarını metal adsorblanma yüzdelerine oranlayarak uygulama değerlerini karşılaştırmıştır.

Zengin ve Yıldız (2019), Erzurum ilindeki *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinin yaprak örneklerini kullanarak kentteki ağır metallerin yoğunluklarını tespit etmiştir. Sonuç olarak *E. angustifolia* L.'nin yapraklarında birikmiş olan ağır metal elementlerinin mekânsal dağılımında; şehir merkezinde Fe (100-275 ppm) ve Zn (37.5-82.5 ppm), Yenişehir/Yıldızkent'de Pb (0.16-12.66 ppm), Ni (4.29-13.21 ppm) ve Mn (244.5- 278.7 ppm), Dadaşkent'de Cd (0.05-0.62 ppm) ve Cu (9.9- 47,6 ppm) en yoğun dağılıma sahip olduğunu belirlemiş ve Ni, Fe, Mn, Cu ve Zn elementleri için *E. angustifolia* L. bitkisinin iyi bir biyomonitör olabileceğini tespit etmişlerdir.

Mercan (2019), *Cotinus coggygia* (tetra otu) bitkisinin bünyesinde bulunan ağır metal kirlilik düzeylerinin araştırılması amaçlamış ve sonuç olarak genel olarak mikrodalga çözünürleştirme araştırma yöntemi kullanılarak çözünürleştirilen örneklerdeki ağır metal miktarlarının daha yüksek bulunmuş olup, Fe için Dalaman bölgesinden toplanıp mikrodalga çözünürleştirme yöntemiyle çözünürleştirilen bitki örnekleri haricinde diğer metaller için konsantrasyon seviyelerinin Dünya Sağlık Örgütü'ne göre izin verilen sınır değerlerde olduğunu tespit etmiştir.

Arıcak vd. (2020), Sarıçam (*Pinus sylvestris*) bitkisinin trafik kaynaklı ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesindeki kullanılabilirlik potansiyelini belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla, Türkiye'nin en işlek karayollarından birinden (Ankara-İstanbul güzergahı boyunca) yol kenarlarındaki sığınaklardan ve yol kenarlarından 3m, 10m, 30m, 50m ve 100m mesafelerde sarıçam örnekleri toplamışlardır. Numunelerin bazı dal ve iğnelerini yıkama işlemine tabi tutup bu numuneler için Ni, Cr ve Zn konsantrasyonlarındaki değişimlerini belirlemişlerdir. Ni, Cr ve Zn konsantrasyonlarının yola uzaklık, yıkama koşulları ve organelle bağlı olarak değişimini ayrı ayrı değerlendirmişlerdir. Sarıçam'ın özellikle Cr konsantrasyonlarındaki değişiklikleri izlemek için iyi bir biyomonitör olduğunu belirlemişlerdir.

Keleş Uzel ve Çimrin (2020), Gaziantep ili Nizip ilçesinde zeytin bahçelerindeki beslenmeleri belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu nedenle 20 bahçeden iki farklı derinlikten (0-30 ve 30-60 cm den olmak üzere) 40 tane toprak örneği ve 20 tane yaprak örneği almışlardır. Alınan toprak örneklerinde bünye, CaCO₃, pH, EC, organik madde, KDK ve bazı besin elementleri yanında bir kısım ağır metal analizlerini, yaprak örneklerinde ise N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn ve B analizlerini yapmışlardır. Sonuç olarak, Nizip

ilçesinde bulunan zeytin bahçelerinde, beslenme sorunlarının varlığı, bölgede yer alan zeytin bahçelerinde bitki ve toprak analizlerine dayalı bilinçli bitki beslenme programlarının olmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle zeytinle gübreleme çalışmalarının artırılarak gerekli dozların belirlenmesi gerektiği, üreticilerinin yaprak ve toprak analizlerine gereken önemi vermeleri ve bilimsel temellere dayalı beslenmeleriyle ilgili olarak bilinçlendirilmeleri gerekmektedir.

Akbayır (2020), İstanbul'un bazı ilçelerinin (Beşiktaş, Pendik, Tuzla, Kadıköy, Fatih ve Sarıyer) sahil kısımlarından toplanan *P. orientalis*'e ait yaprak, kabuk ve yetiştikleri toprak örneklerinde ağır metal (Cu, Fe, Zn, Mn, Pb, Ni, Cd, Cr) konsantrasyonlarını belirlemiş ve sonucunda ağır metal kirlenmesinin genelde Tuzla bölgesinde yoğun olduğunu ve *P. orientalis* L. de ağır metal kirliliğinin tespit edilmesinde biyomonitör olabileceği sonucuna varılmıştır.

Omar Sultan (2020), Kastamonu'daki farklı ekim alanlarından toplanan 21 adet siyez örneğinin doğal radyonüklit, esansiyel element ve ağır metal içeriklerini belirlemiş elde edilen verileri literatürde siyez ve diğer buğday türleri için belirlenen veriler ile karşılaştırmıştır. Ayrıca yıllık etkin radyasyon dozunu hesaplanarak siyez örneklerinin gıda olarak tüketilmesinden kaynaklanan radyolojik riski değerlendirmiştir. Sonuç olarak, araştırılan siyez örneklerinin gıda olarak tüketilmesinin, yöre halkının sağlığı için radyolojik açıdan önemli bir risk oluşturmadığı ancak eser miktarda zehirli Cd ve Pb ağır metalini içerdiğini belirlemiştir. Araştırılan siyez örneklerinin, K, Ca, Fe, Mn ve Zn içerikleri açısından ülkemizde ve farklı ülkelerde yetiştirilen einkorn, emmer, spelt, karabuğday ve durum buğday örneklerine göre daha zengin olduğu ortaya koyulmuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Numunelerin alındığı noktalar

Ağır metallerin son yıllarda kullanılmasının artması ve beraberinde çevreye ciddi zararlar vermesinde dolayı ağır metallerle alakalı yapılan çalışmalar çok önemli çalışmalar arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada Ostim sanayi bölgesi, Ankara Dr. Abdurrahman Yurtaslan Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi ve Karşıyaka mezarlığı 1. Kapı girişi olmak üzere 4 farklı noktadan (Bkz. Şekil 3.1.) toplanıp değerlendirilen örnekler ile şehir merkezi dışından belirlenen kontrol bölgesinden (Güvenç Göleti) alınan örneklerin analizleri yapılarak karşılaştırılmıştır. Bu bölgelerden alınan örnekler Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin Fen Edebiyat Fakültesi'nde bulunan Biyoloji Laboratuvarında gerekli işlemlere tabi tutularak analiz için hazır hale getirilmişlerdir.



Şekil 3.1. Numunelerin alındığı lokaliteler

3.1.1. Numune alınan bölgenin coğrafik konumu

Ankara, dünya haritası üzerinde 39° 55' 38' kuzey enlemleri ile 32° 51' 52' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinde yer alan Ankara ilinin doğusunda Kırşehir ve Kırıkkale, batısında Eskişehir, kuzeyinde Çankırı bulunmaktadır. Ankara, Türkiye'nin başkenti ayrıca en kalabalık ikinci şehridir. Nüfusu 2020 itibariyle 5.663.322 kişidir. Bu nüfus 25 ilçe ve bu ilçelere bağlı 1425 mahallede yaşamaktadır. Ankara Türkiye'nin merkezine yakın bir noktada bulunmakla beraber Batı Karadeniz Bölgesi'nde kalan kuzey kesimleri hariç büyük bölümü İç Anadolu Bölgesi'nde bulunur. Yüzölçümü olarakta ülkemizin üçüncü büyük ilidir. Bolu, Çankırı, Kırıkkale, Kırşehir, Aksaray, Konya ve Eskişehir illeri ile çevrilidir. Deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 890 m dir (Ankara ili plan açıklama raporu, 2020).

3.1.2. Numunelerin alındığı bölgenin iklim özellikleri

Ankara, Türkiye'nin orta bölümünde yer aldığı için karasal iklim koşulları etkisindedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklığı 11.7 °C iken, hava kirliliğinin yaşandığı kış şartlarında, ocak ayı ortalama sıcaklık 0.1°C dir. Yıllık yağış miktarı 377.6 mm., ortalama nemlilik ise %60 dır (Çiçek vd., 2014).

3.1.3. Numune alınan tür ile ilgili genel bilgiler

Karaçam (*P. nigra* Arnold), Dünya üzerinde çok geniş bir alanda yer almaktadır ve Güney Avrupa, Balkanlar, Güney Karpatlar, Kırım, Kıbrıs, Suriye ve asıl olarak Türkiye'de yayılış göstermektedir (Güngör, 2014).

P. nigra Arnold, Anadolu karaçamı; 30-35 m boylarına kadar uzanabilmektedir ve gövdelerinde derin çatlaklı kabuklara sahiptir. İğne yaprakları 8-15 cm uzunluğundadır. Karaçam, kuraklığa ve soğuğa karşı oldukça dayanıklı bir tür olduğundan, ülkemizde farklı ortamlarda geniş dağılıma sahiptir. Ayrıca karaçam, ülkemizin birçok bölgesinde ağaçlandırmada kullanılmaktadır (Yaltırık, 1988).

Karaçamın çok farklı iklimlerde yetişmesi, genetik çeşitliliğinin fazla ve ekolojik yayılışının geniş olmasıyla ilgilidir. Karaçam, Karadeniz'de ve etrafındaki bölgelerde

gürgen, sarıçam, kayın ve göknar karışık ormanlarının içerisinde küçük fertler olarak bulunurlar. Marmara Bölgesi'nde derelerin iç kısımlarında ve kuzey kısma bakan yamaçlarda göknar, kızılğaç, kayın ve kestane ağaçlarıyla karışık şekilde bulunur. Ege Bölgesi'nde diğer türlerden izole olmuş şekilde bulunan karaçam, Akdeniz Bölgesi'nde Toros dağlarının güney taraflarındaki yamaçlarında göknar ve sedir, Akdeniz'den sonra daha da izole bir şekilde ve ardıç ile Nur dağlarının kuzeyi ve Andırın civarlarında kayın ve farklı yapraklı türlerle beraber karışık ormanlar şeklinde bulunur. Karaçamın birçok türle beraber bir topluluk oluşturması bu canlının gençken hızlı büyüebilme ve gölgeye toleranslı olmasından kaynaklanır (Doğmuş, 2019).

3.2. Yöntem

3.2.1. Yapılan Çalışmalar

Ankara'da yaygın *P. nigra* Arnold'a ait kabuk, yaprak ile yetiştikleri topraklardan yol kenarı, sanayi, şehir merkezi ve Güvenç Gölet çevresi olmak üzere 4 farklı bölgeden yeterli miktarda örnekler toplanmıştır (Bkz. Şekil 3.1.).

Örnekler, 2018 yılının Ekim ayı içerisinde Ankara il sınırları içerisinde belirlenen bölgelerden toplanmıştır. Örnekleme sürecinde ağaçların yaşlarına ve morfolojik özelliklerine dikkat edilerek yeterli miktarda örnek toplanmıştır. Ağaç kabukları bitkilere zarar vermeyecek şekilde el ile yeterli miktarda alınmıştır. Bitki ve toprak örneklerinin örnekleme süreci tamamlandıktan sonra isimlendirmeleri yapılarak farklı poşetlere konulmuştur. Alınan yaprak örnekleri iki kısma ayrılarak bir kısmı yıkanmış, bir kısmı yıkanmamıştır. Başlangıçta bitki örnekleri, etüvde 80 °C'de 24 saat süresince kurutulmuştur. Kurutulan örnekler havanda toz haline getirilerek 1.5 mm'lik elekten geçirilmiştir. Her örnekten sonra havan etil alkol ile temizlenerek örnekler kontaminasyona karşı korunmuştur (Osma vd., 2014; Yavuzer ve Osma, 2018).

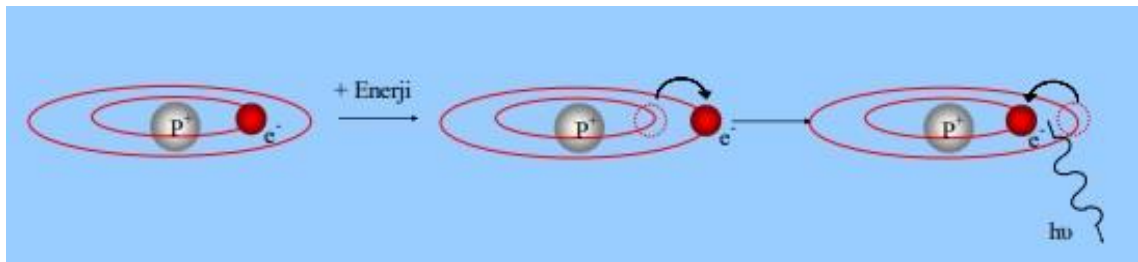
Toprak örnekleri, her bölgenin yüzey kısmından döküntü kısımları temizlendikten sonra 10 cm'lik derinlikten çapa ile alınmıştır. Örnekler, 500 g olacak şekilde alınarak poşetlere konulmuştur. Laboratuvara getirilen toprak örnekleri hava kurusu ile kurularak 1.5 mm'lik elekten geçirilmiştir. Bitki örnekleri, 0.5 g olarak tartılarak teflon hücrelere konulmuştur. Mikrodalga fırında örneklere 10 mL %65'lik HNO₃ eklendikten sonra Nowave SA (Kanada) mikrodalga cihazında, 280 PSI basınçta ve 180 °C'de 20 dakika

boyunca yakılmıştır. Hücreler mikrodalgadan çıkarılarak soğutulmuştur. Hücreler içinde yer alan örneklerin üzerine deiyonize su eklenerek 50 mL'ye tamamlanmıştır. Son olarak, örnekler filtre kağıdından süzildükten sonra Spectro Blue Marka ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında element okuması yapılmıştır. Toprak örnekleri de aynı şekilde 0.5 g tartılarak teflon hücrelere konulmuştur. Mikrodalga fırında bulunan örneklere 9 mL %65'lik HNO₃ ve 3 ml HCl ilave edilmiştir. Nowave SA (Kanada) mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 °C'de 5 dakika boyunca yakılmıştır. Hücreler mikrodalgadan çıkartıldıktan sonra soğutulmuştur. Hücrelerdeki örneklerin üzeri deiyonize su ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. Filtre kağıdından süzülen örnekler Spectro Blue Marka ICP-OES'de uygun dalga boylarında element okuması yapılmıştır (Anonim, 2015; Osm, 2017).

3.2.2. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES)

ICP-OES; çok sayıda elementin özellikle de metallerin aynı zamanda nicel (kantitatif) olarak tayin edilmesinde ve düşük yoğunluk seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan hassas ve başarılı bir yöntemdir (Aktaş, 2019).

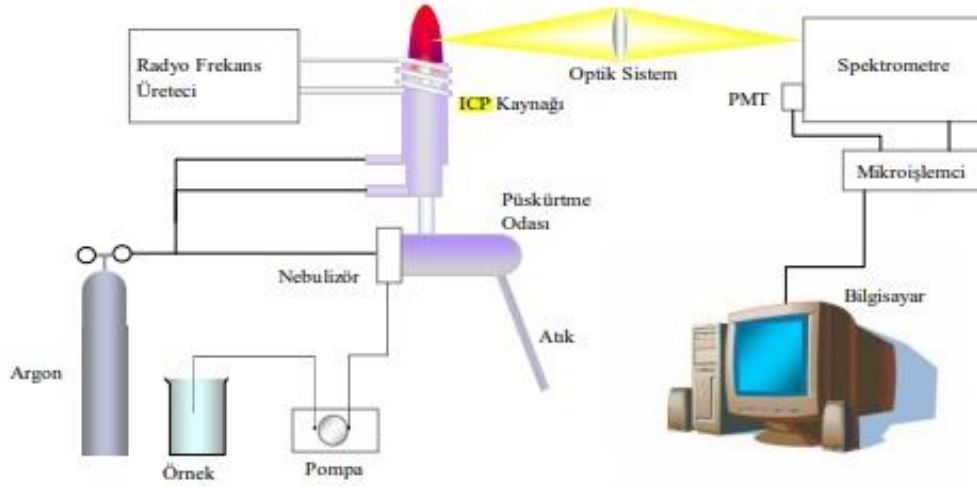
İndüktif eşleşmiş plazma spektroskopisinin çalışma prensibi (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy - ICP) yüksek derişimde bulunan katyon ve buna eşdeğer derişimde elektron barındıran, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun (Bkz. Şekil 3.2.) ölçülmesidir (Yener, 2011).



Şekil 3.2. Uyarılmış Bir Atom veya İyonun Işın Yayıması (Yener, 2011)

Plazma görüntüsü ateşe benzemesine rağmen herhangi bir yanma olayı mevcut değildir. ICP kaynağı iyonlaşmış bir argon gazı akışıyla genellikle 27 yada 40 MHz'lik güçlü bir

radyo frekans alanının eşleştirilmesi ile elde edilir. Örnek genel olarak sıvı fazda, aerosol şeklinde yüksek ısıdaki plazmaya gönderilir. Şekil 3.3’de şematik şekilde gösterilen ICP-OES cihazı, aerosol tanecikleri plazmada sırası ile kurur, parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır ve oluşan atom ve iyonlar uyarılır. Analit elementin atomik ve iyonik çizgileri bir spektrometre ve uygun bir bilgisayarla değerlendirilerek analiz edilirler (Yener, 2011).



Şekil 3.3. İndüktif Eşleşmiş Plazma Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES) Cihazının Temel Bileşenleri (Yener, 2011).

ICP-OES Cihazının Temel Özellikleri:

- Analizi yüksek sıcaklıklarda (6 000-10 000 K) gerçekleştirir.
- Elektron yoğunlukları fazladır.
- Kimyasal olarak inert bir ortamda serbest atomlar meydana getirir.
- Alt seviyelerde moleküler türler çok azdır.
- Optik olarak incedirler.
- Elektrodları yoktur.
- Patlayıcı gaz bulundurmazlar (Aktaş, 2015).

ICP tekniğinde, plazma gazı olarak argon (Ar) kullanılmasından dolayı, indüktif eşleşmiş plazmada Argon, elektron ve iyonlaşmış argon bulunduğunu söyleyebiliriz. Bahsettiğimiz bu indüktif eşleşmiş plazma kaynağı iç içe geçmiş üç kuvars tüpten (torch) meydana gelmektedir. Argon, en dış ve ara borudan kıvrımlı (helezonik) bir şekilde geçtikten sonra borunun ucuna, genellikle bakır olan su soğutmalı induksiyon bobininin sarmaladığı kısma gelir. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması, bir elektron kaynağıyla sağlanmakta ve argon atomları ile çarpışmaktadır. Bu sayede argon iyonları daha çok sayıda elektronun oluşmasını sağlar. Bu etkileşimin sonucunda iyonlar ve elektronlar beraber aynı tarafa doğru hareket etmeye başlarlar. Plazmanın içine giren örnek çözelti, atomlaşır ve uyarılır (Osma, 2009). ICP yönteminin avantajları; yüksek sıcaklığa ulaşması, plazma sıcaklığının sabit kalması ve buna bağlı olarak öz emilim ve dönüşüm etkileriyle karşılaşılmasının önlenmesi, örnek çözeltinin plazma içerisinde oldukça uzun süre kalması ve atomlaştırılması, uyarma işlemlerinin tepkime meydana gelmeyen kimyasal bir çevrede gerçekleştirilmesidir. ICP-OES, 70 civarında kimyasal elementin eser, az ve çok konsantrasyon miktarlarında ve aynı anda analizine imkân verecek hızlı bir tekniktir. Bu nedenle çevresel analizler için tercih edilir ve kullanılır. Geniş bir değerlendirme aralığına sahiptir. Her elementin kendine özgü enerji düzeyleri, dolayısıyla bu enerji düzeylerinde emisyon yapabilecekleri dalga boylarına sahiptirler. Emisyonun şiddeti ve dalga boyu ölçülerek bir örnekte bulunan elementler miktarlarıyla beraber öğrenilebilmektedir (Osma, 2009). Ekstraksiyonu gerçekleştirilmiş olan numuneler, ICP-OES'in hassas ölçebileceği konsantrasyonlarda seyreltikten sonra otomatik örnekleyici yardımıyla cihaza konulur. Numuneler pompa yardımıyla öncelikle nebulizere geçer ve daha sonra spreysel odasında sisleştirilir. Daha sonra sırasıyla spektrometre ara yüzey, plazma ve kütle spektrometreye (oda sıcaklığı ve yüksek ısı) geçirilir. İyonlar kütle/yük oranlarına göre ayrılırlar. Analiz süresi 30 s gibi oldukça az bir süredir (Osma, 2009).

3.2.3. İstatistiksel Analizler

Yapılan çalışmada elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel hesaplamalarda ve karşılaştırılmalarda $p \leq 0.05$ değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir. SPSS 22 Paket İstatistik Programı ile veriler, %95'lik güven aralığında ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda bitkiye ait kısımlar ve toprak örneklerinin toplandığı lokaliteler arasındaki farklılığın tespiti için Dunnett testi kullanılmıştır (Yavuzer & Osma, 2018).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Bulguları

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, SPSS istatistiksel paket programı ve Microsoft Office Exel programı kullanılarak istatistiksel karşılaştırmaları yapılarak elde edilen sonuçlar her bir ağır metalde ayrı ayrı olarak tartışılmıştır.

4.1.1. Alüminyum

Ankara şehir merkezindeki 3 farklı lokaliteden ve 1 kontrol bölgesinden alınan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) kabuk, toprak, yaprak (yıkamış ve yıkamamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan toplanan örnekler analiz edilerek Al konsantrasyonu analiz edilmiştir.

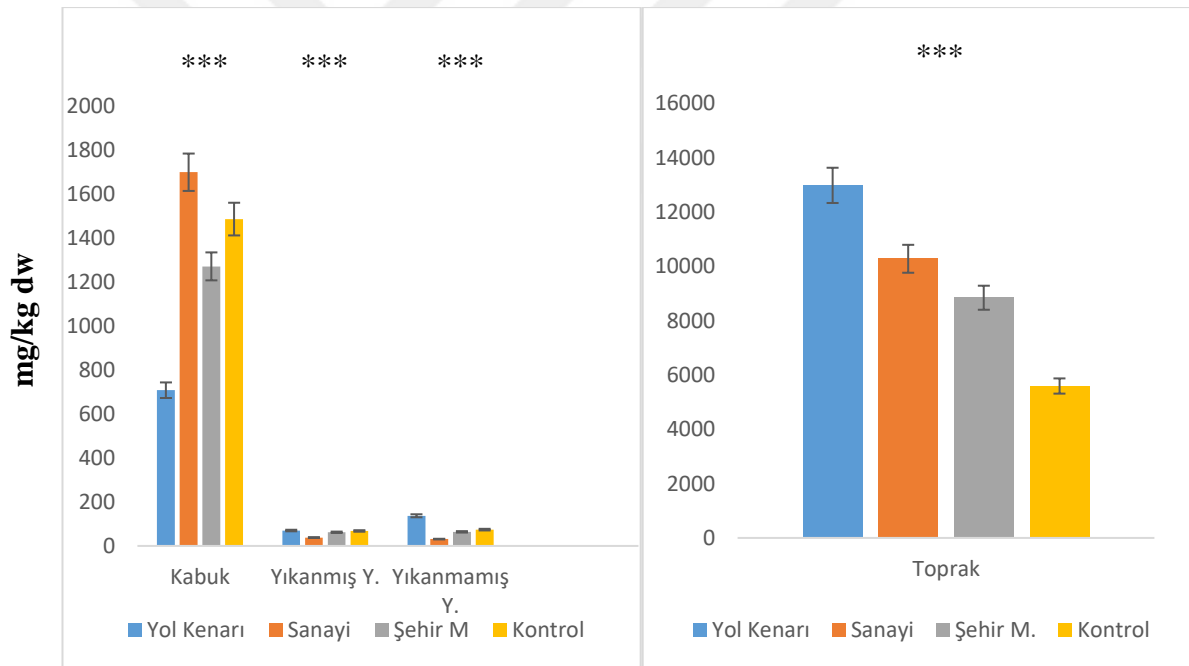
Tablo 4.1. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Alüminyum konsantrasyonları (mg/kg dw)

Lokaliteler	Kabuk	Yıkamış Y.	Yıkamamış Y.	Toprak
Yol Kenarı	708,32	69,81	136,66	12981,21
Sanayi	1699,03	37,83	30,94	10278,30
Şehir M.	1271,61	61,95	63,57	8844,42
Kontrol	1486,85	67,88	74,27	5593,22

Analizler sonucunda bitki kabuklarındaki Al konsantrasyonunun yıkamış ve yıkamamış yapraklara göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 4.1. deki değerlere

bakıldığında kabuktaki Al konsantrasyonu, yol kenarı bölgesinde kontrol bölgesine göre oldukça düşük olup diğer bölgelerdeki Al birikimi birbirlerine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Bitkinin yapraklarından alınan örneklerde Al birikimi yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda farklılık göstermektedir. Yıkanmamış yapraklarda bulunan Al konsantrasyonu yıkanmış yapraklarda bulunan Al konsantrasyonundan fazladır. Özellikle yol kenarından alınmış olan yaprak örneklerinde Al birikiminin fazla olduğu gözlenmiştir (Bkz. Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Alüminyum konsantrasyonu (p<0,001 ***, p<0,01 **, p<0,05 *)

Toprakta ve bitkinin kısımlarında elde edilen veriler değerlendirildiğinde hem toprak hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ve diğer bölgeler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür.

4.1.2. Kadmiyum

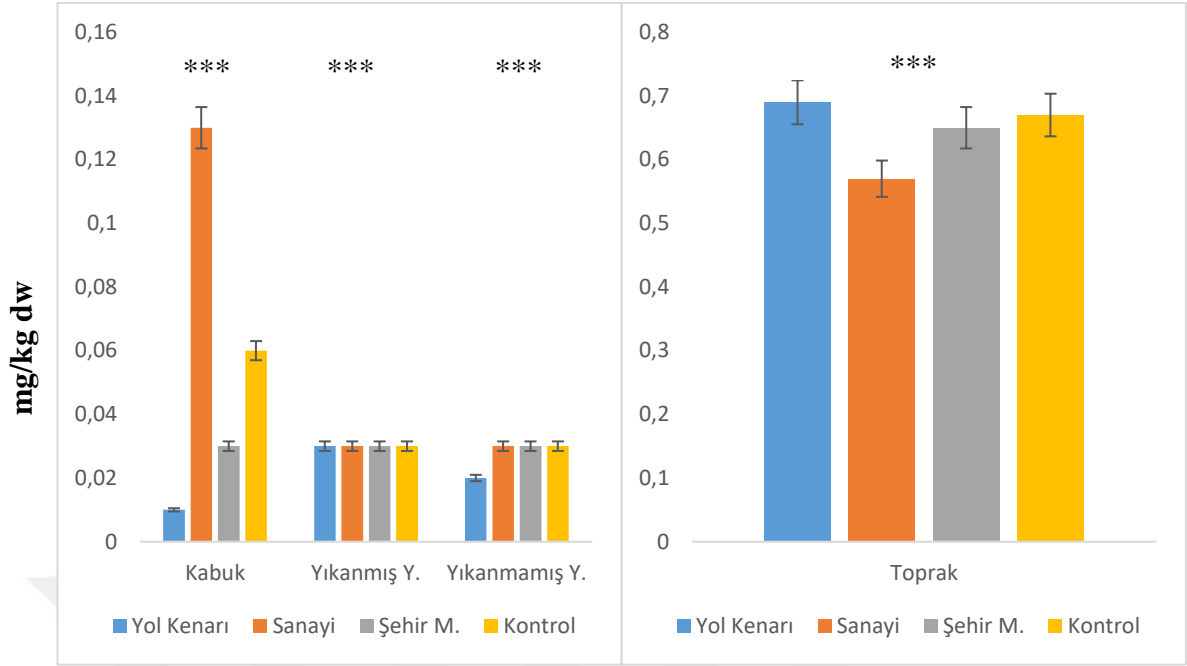
Ankara şehir merkezindeki 3 farklı lokaliteden ve 1 kontrol bölgesinden alınan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) kabuk, toprak, yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) örnekleri ve yetiştiği topraklardan alınan örnekler analiz edilerek Cd konsantrasyonu analiz edilmiştir.

Tablo 4.2. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Kadmiyum konsantrasyonları (mg/kg dw)

Lokaliteler	Kabuk	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
Yol Kenarı	0,01	0,03	0,02	0,69
Sanayi	0,13	0,03	0,03	0,57
Şehir M.	0,03	0,03	0,03	0,65
Kontrol	0,06	0,03	0,03	0,67

Analizler sonucunda bitki kabuklarındaki Cd konsantrasyonunun yıkanmış ve yıkanmamış yapraklara göre daha çok olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 4.2. deki değerlere bakıldığında kabuktaki Cd konsantrasyonu, sanayi bölgesinde diğer bölgelere göre oldukça yüksek olduğu, diğer bölgelerdeki Cd birikiminin birbirlerine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Bitkinin yapraklarından alınan örneklerde Cd birikimi yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda çok fazla farklılık göstermemektedir. Yıkanmamış yapraklardaki Cd konsantrasyonu yıkanmış yapraklardaki Cd konsantrasyonuyla benzer değerlerdedir (Bkz. Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Kadmiyum konsantrasyonu ($p < 0,001$ ***, $p < 0,01$ ***, $p < 0,05$ *)

Bitkilerin yetiştiği topraktan alınan örneklerin analizleri sonucunda yol kenarından alınan örneklerde kontrol bölgesinden alınan örneklere göre daha yüksek Cd birikimi olduğu belirlenmiştir. Topraktaki Cd konsantrasyonunun bitkilere oranla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Toprakta ve bitkinin kısımlarında elde edilen veriler değerlendirildiğinde hem toprak hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ve diğer bölgeler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür.

Genel olarak baktığımızda kontrol bölgesine göre yol kenarı bölgesinde Cd birikiminin daha fazla, sanayi ve şehir merkezinde ise daha az olduğunu söyleyebiliriz. Yol kenarındaki bu kirlenmenin hem toprak hem de hava kaynaklı olduğunu söyleyebiliriz.

4.1.3. Krom

Ankara şehir merkezindeki 3 farklı lokaliteden ve 1 kontrol bölgesinden alınan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) kabuk, toprak, yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) örnekleri ve yetiştiği topraklardan alınan örnekler analiz edilerek Cr konsantrasyonu analiz edilmiştir.

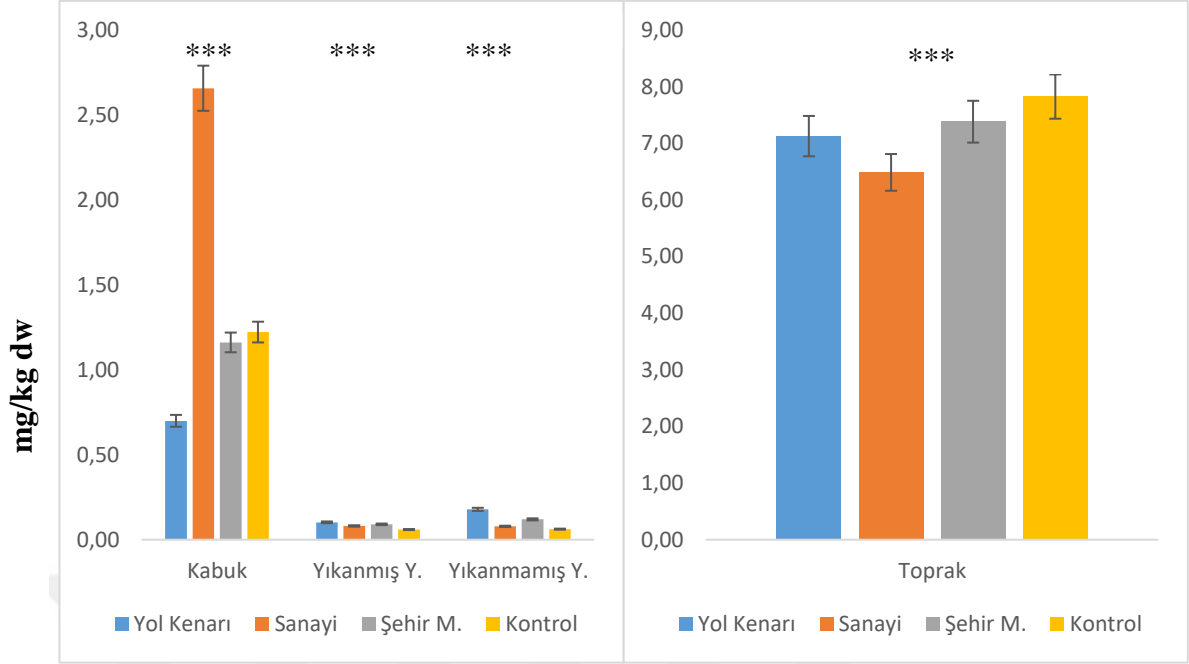
Tablo 4.3. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Krom konsantrasyonları (mg/kg dw)

Lokaliteler	Kabuk	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
Yol Kenarı	0,70	0,10	0,18	7,13
Sanayi	2,66	0,08	0,08	6,49
Şehir M.	1,16	0,09	0,12	7,38
Kontrol	1,22	0,06	0,06	7,83

Analizler sonucunda bitki kabuklarındaki Cr konsantrasyonunun yıkanmış ve yıkanmamış yapraklara göre daha çok olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 4.3. deki değerlere baktığımız zaman kabuktaki Cr konsantrasyonu, sanayi bölgesinde diğer bölgelere göre oldukça yüksek olduğu, yol kenarında en az konsantrasyona sahip olduğu ve diğer bölgelerdeki Cr birikiminin birbirlerine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Bitkinin yapraklarından alınan örneklerde Cr birikimi yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda çok fazla farklılık göstermemektedir. Yıkanmamış yapraklardaki Cr konsantrasyonu yıkanmış yapraklardaki Cr konsantrasyonu ile benzer değerlerdedir (Bkz. Şekil 4.3.).

Bitkilerin yetiştiği topraklardan alınan örneklerin analizleri sonucunda kontrol bölgesinden alınan örneklerde sanayi bölgesinden alınan örneklere göre daha yüksek Cr birikimi olduğu belirlenmiştir. Topraktaki Cr konsantrasyonunun bitkilere oranla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.3. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Krom konsantrasyonu (p<0,001 ***, p<0,01 ***, p<0,05 *)

Toprakta ve bitkinin kısımlarında elde edilen veriler değerlendirildiğinde hem toprak hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ve diğer bölgeler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür.

Genel olarak baktığımızda kontrol bölgesinde Cr birikiminin en çok, daha sonra azalarak sırasıyla şehir merkezi, yol kenarı ve sanayi bölgesinde ise en az olduğunu söyleyebiliriz. Kontrol bölgesinde bu kirlenmenin toprağın yapısıyla alakalı olduğunu söyleyebiliriz.

4.1.4. Bakır

Ankara şehir merkezindeki 3 farklı lokaliteden ve 1 kontrol bölgesinden alınan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) kabuk, toprak, yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan alınan örnekler analiz edilerek Cu konsantrasyonu analiz edilmiştir.

Analizler sonucunda bitki kabuklarındaki Cu konsantrasyonunun yıkanmış ve yıkanmamış yapraktaki Cu konsantrasyonundan daha çok olduğu gözlemlenmiştir.

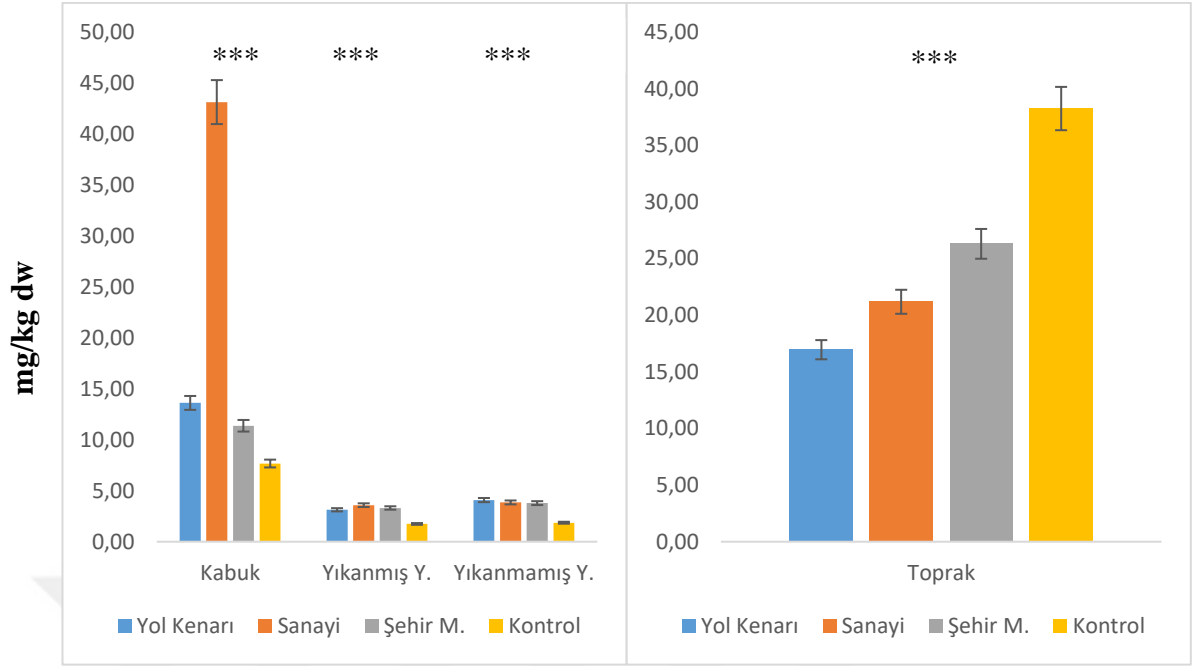
Tablo 4.4. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Bakır konsantrasyonları (mg/kg dw)

Lokaliteler	Kabuk	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
Yol Kenarı	13,62	3,13	4,09	16,96
Sanayi	43,14	3,59	3,85	21,19
Şehir M.	11,38	3,31	3,79	26,31
Kontrol	7,67	1,74	1,86	38,26

Tablo 4.4. deki değerlere bakıldığı zaman kabuktaki Cu konsantrasyonu, sanayi bölgesinde diğer bölgelere göre oldukça yüksek olduğu, kontrol bölgesinde ise en az konsantrasyona sahip olduğu ve diğer bölgelerdeki Cu birikiminin birbirlerine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Bitkinin yapraklarından alınan örneklerde Cu birikimi yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda çok fazla farklılık göstermemektedir. Yıkanmamış yapraklardaki Cu konsantrasyonu yıkanmış yapraklardaki Cu konsantrasyonuyla benzer değerlerdedir (Bkz. Şekil 4.4.).

Bitkilerin gelişip büyüdüğü topraklardan alınan örneklerin analizleri sonucunda kontrol bölgesinden alınan örneklerde sanayi bölgesinden alınan örneklere göre daha yüksek Cu birikimi olduğu belirlenmiştir. Topraktaki Cu konsantrasyonunun bitkilere oranla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.4. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Bakır konsantrasyonu ($p < 0,001$ ***, $p < 0,01$ ***, $p < 0,05$ *)

Toprakta ve bitkinin kısımlarında elde edilen veriler değerlendirildiğinde hem toprak hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ve diğer bölgeler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür.

Genel olarak baktığımızda kontrol bölgesinde Cu birikiminin en çok, daha sonra azalarak sırasıyla şehir merkezi, sanayi ve yol kenarı bölgesinde ise en az olduğunu söyleyebiliriz. Kontrol bölgesinde bu kirlenmenin toprağın yapısıyla alakalı olduğunu söyleyebiliriz.

4.1.5. Demir

Ankara şehir merkezindeki 3 farklı lokaliteden ve 1 kontrol bölgesinden alınan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) kabuk, toprak, yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan alınan örnekler analiz edilerek Fe konsantrasyonları analiz edilmiştir.

Analizler sonucunda bitki kabuklarındaki Fe konsantrasyonunun yıkanmış ve yıkanmamış yapraktaki Fe konsantrasyonundan daha çok olduğu gözlemlenmiştir.

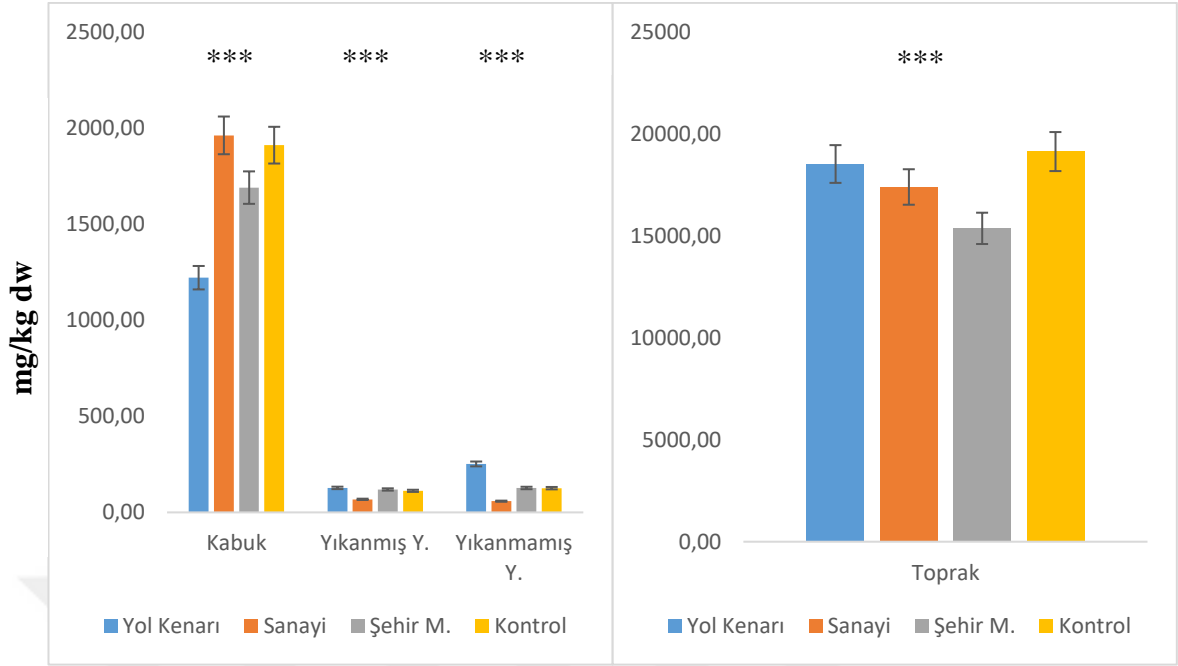
Tablo 4.5. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Demir konsantrasyonları (mg/kg dw)

Lokaliteler	Kabuk	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
Yol Kenarı	1221,95	127,51	252,25	18533,92
Sanayi	1963,00	68,01	58,35	17405,77
Şehir M.	1691,01	119,38	127,12	15375,57
Kontrol	1911,97	112,34	126,15	19143,89

Tablo 4.5. deki değerlere bakıldığında kabuktaki Fe konsantrasyonu, sanayi bölgesinde diğer bölgelere göre yüksek olduğu, yol kenarı bölgesinde ise en az konsantrasyona sahip olduğu belirlenmiştir.

Bitkinin yapraklarından alınan örneklerde Fe birikimi yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda çok fazla farklılık göstermemektedir. Yıkanmamış yapraklardaki Fe konsantrasyonu yıkanmış yapraklardaki Fe konsantrasyonu ile benzer değerlerdedir (Bkz. Şekil 4.5.).

Bitkilerin büyüdüğü ve geliştiği topraklardan alınan örneklerin analizi sonucunda kontrol bölgesinden alınan örneklerde sanayi bölgesinden alınan örneklere göre daha yüksek Fe birikimi olduğu belirlenmiştir. Topraktaki Fe konsantrasyonunun bitkilere oranla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Toprakta ve bitkinin kısımlarında elde edilen veriler değerlendirildiğinde hem toprak hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ve diğer bölgeler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür.



Şekil 4.5. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Demir konsantrasyonu ($p < 0,001$ ***, $p < 0,01$ ***, $p < 0,05$ *)

Genel olarak baktığımızda kontrol bölgesinde Fe birikiminin en çok, daha sonra azalarak sırasıyla yol kenarı, sanayi ve şehir merkezi bölgesinde ise en az olduğunu söyleyebiliriz. Kontrol bölgesinde bu kirlenmenin toprağın yapısıyla alakalı olduğunu söyleyebiliriz.

4.1.6. Mangan

Ankara şehir merkezindeki 3 farklı lokaliteden ve 1 kontrol bölgesinden alınan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) kabuk, toprak, yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan alınan örnekler analiz edilerek Mn konsantrasyonları analiz edilmiştir.

Analizler sonucunda bitki kabuklarındaki Mn konsantrasyonunun yıkanmış ve yıkanmamış yapraktaki Mn konsantrasyonundan daha çok olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 4.6. daki değerlere bakıldığında kabuktaki Mn konsantrasyonu, sanayi ve şehir merkezi bölgesinde diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu, yol kenarı bölgesinde ise en az konsantrasyona sahip olduğu belirlenmiştir.

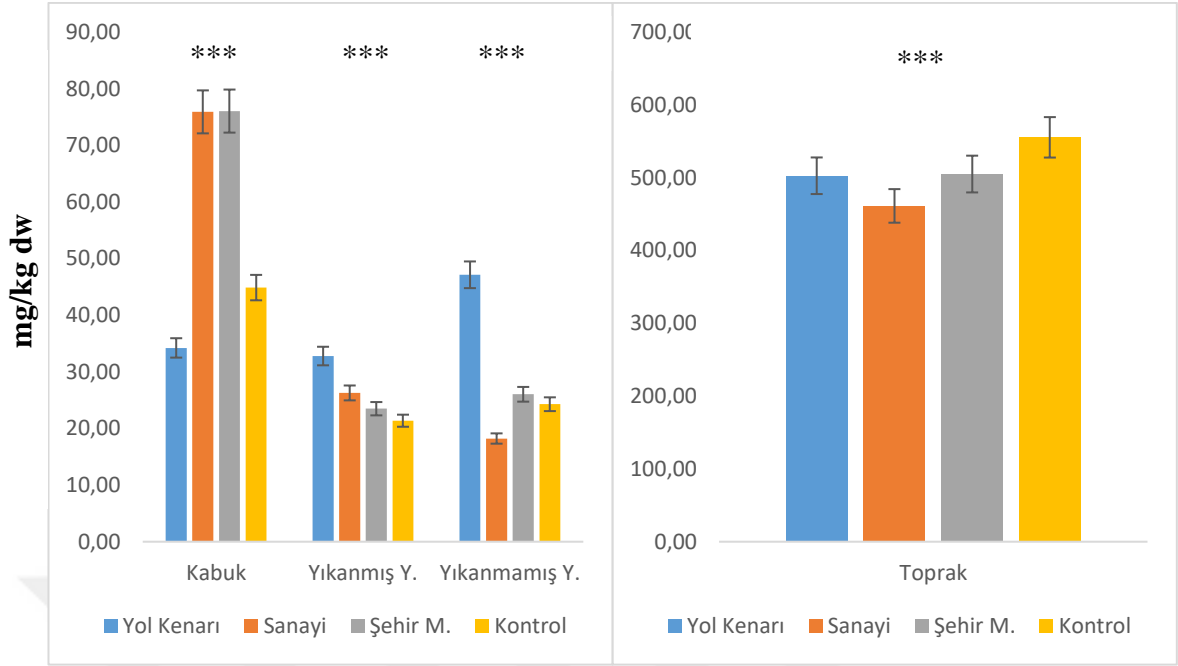
Tablo 4.6. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Mangan konsantrasyonları (mg/kg dw)

Lokaliteler	Kabuk	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
Yol Kenarı	34,23	32,80	47,15	502,80
Sanayi	75,93	26,28	18,23	461,36
Şehir M.	76,07	23,49	26,04	505,15
Kontrol	44,89	21,37	24,29	555,58

Bitkinin yapraklarından alınan örneklerde Mn birikimi yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda çok fazla farklılık göstermemektedir. Yıkanmamış yapraklardaki Mn konsantrasyonu yıkanmış yapraklardaki Mn konsantrasyonuyla benzer değerlerdedir (Bkz. Şekil 4.6.).

Bitkilerin büyüdüğü ve geliştiği topraklardan alınan örneklerin analizi sonucunda kontrol bölgesinden alınan örneklerde sanayi bölgesinden alınan örneklere göre daha yüksek Mn birikimi olduğu belirlenmiştir. Topraktaki Mn konsantrasyonunun bitkilere oranla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Toprakta ve bitkinin kısımlarında elde edilen veriler değerlendirildiğinde hem toprak hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ve diğer bölgeler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür.

Genel olarak baktığımızda kontrol bölgesinde Mn birikiminin en çok, daha sonra azalarak sırasıyla şehir merkezi, yol kenarı ve sanayi bölgesinde ise en az olduğunu söyleyebiliriz. Kontrol bölgesinde bu kirlenmenin toprağın yapısıyla alakalı olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 4.6. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Manganez konsantrasyonu ($p < 0,001$ ***, $p < 0,01$ **, $p < 0,05$ *)

4.1.7. Nikel

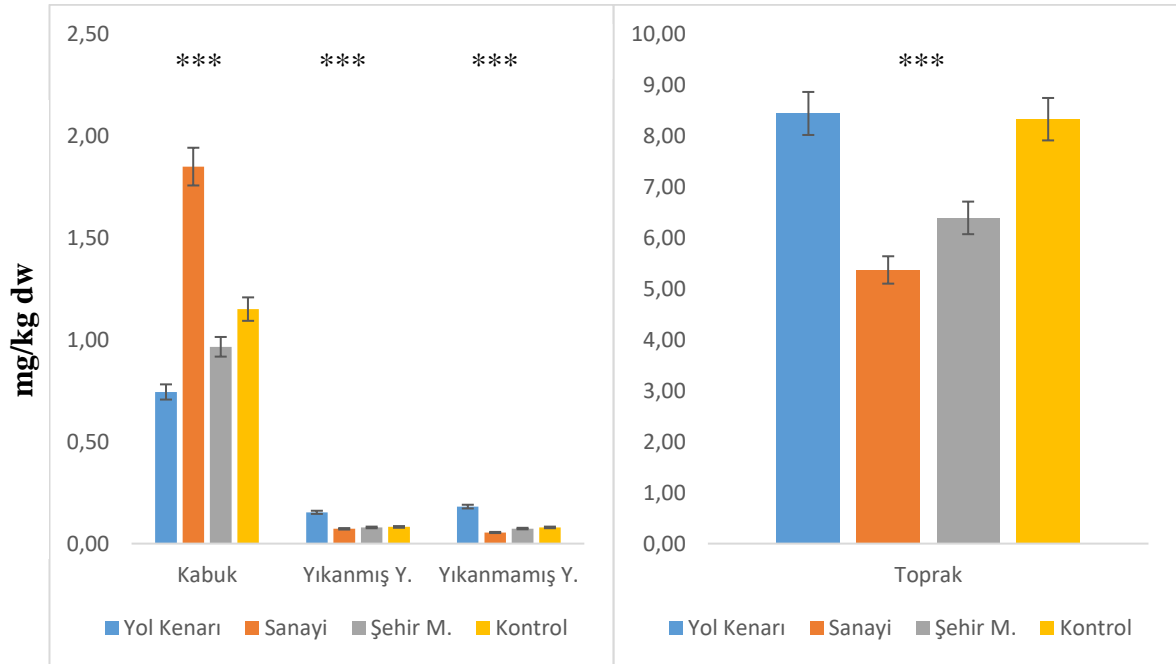
Ankara şehir merkezindeki 3 farklı lokaliteden ve 1 kontrol bölgesinden alınan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) kabuk, toprak, yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) örnekleri ve yetiştiği topraklardan alınan örnekler analiz edilerek Ni konsantrasyonu analiz edilmiştir.

Analizler sonucunda bitki kabuklarında Ni konsantrasyonunun yıkanmış ve yıkanmamış yapraktaki Ni konsantrasyonundan daha çok olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 4.7. deki değerlere bakıldığında kabuktaki Ni konsantrasyonu, sanayi bölgesinde diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu, yol kenarı bölgesinde ise en az konsantrasyona sahip olduğu belirlenmiştir.

Bitkinin yapraklarından alınan örneklerde Ni birikimi yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda çok fazla farklılık göstermemektedir. Yıkanmamış yapraklardaki Ni konsantrasyonu yıkanmış yapraklardaki Ni konsantrasyonuyla benzer değerlerdedir (Bkz. Şekil 4.7.).

Tablo 4.7. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Nikel konsantrasyonları (mg/kg dw)

Lokaliteler	Kabuk	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
Yol Kenarı	0,74	0,15	0,18	8,44
Sanayi	1,85	0,07	0,05	5,37
Şehir M.	0,97	0,08	0,07	6,39
Kontrol	1,15	0,08	0,08	8,33



Şekil 4.7. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Nikel konsantrasyonu (p<0,001 ***, p<0,01 ***, p<0,05 *)

Bitkilerin büyüdüğü ve geliştiği topraklardan alınan örneklerin analizi sonucunda yol kenarı bölgesinden alınan örneklerde sanayi bölgesinden alınan örneklere göre daha yüksek Ni birikimi olduğu belirlenmiştir. Topraktaki Ni konsantrasyonunun bitkilere oranla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Toprakta ve bitkinin kısımlarında elde edilen veriler değerlendirildiğinde hem toprak hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ve diğer bölgeler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür.

Genel olarak baktığımızda yol kenarı bölgesinde Ni birikiminin en çok, daha sonra azalarak sırasıyla kontrol, şehir merkezi ve sanayi bölgesinde ise en az olduğunu söyleyebiliriz. Yol kenarındaki bu kirlenmenin hem toprak hem de hava kaynaklı olduğunu söyleyebiliriz.

4.1.8. Kurşun

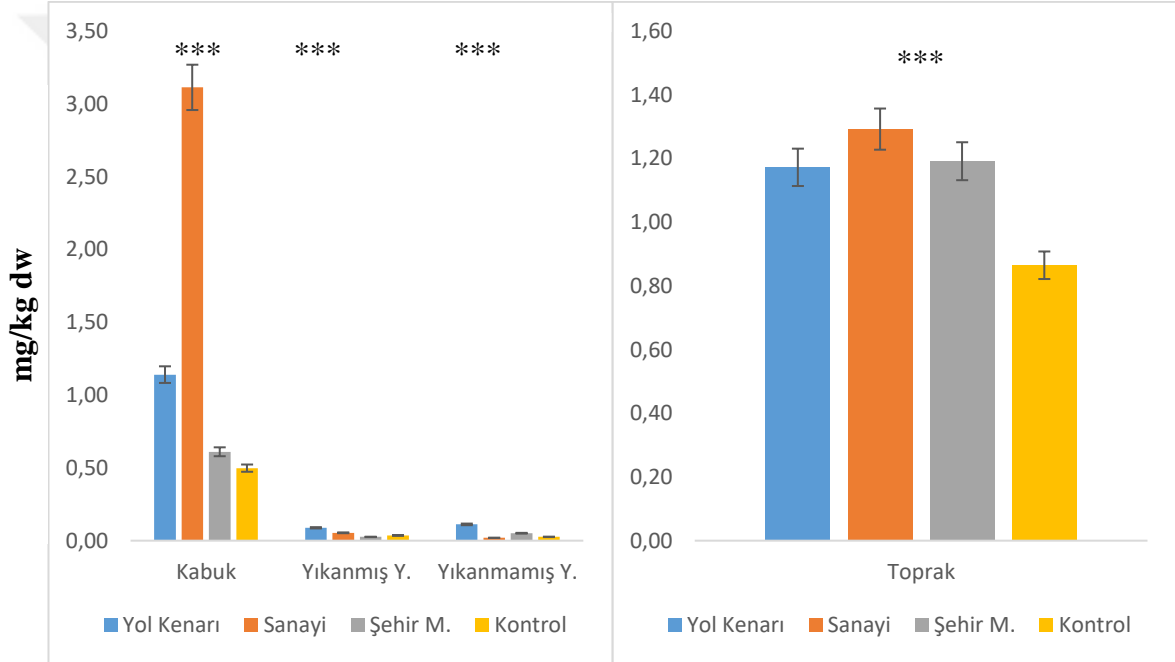
Ankara şehir merkezindeki 3 farklı lokaliteden ve 1 kontrol bölgesinden alınan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) kabuk, toprak, yaprak (yıkamış ve yıkamamış) örnekleri ve yetiştiği topraklardan alınan örnekler analiz edilerek Pb konsantrasyonu analiz edilmiştir.

Tablo 4.8. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Kurşun konsantrasyonları (mg/kg dw)

Lokaliteler	Kabuk	Yıkamış Y.	Yıkamamış Y.	Toprak
Yol Kenarı	1,14	0,09	0,11	1,17
Sanayi	3,11	0,05	0,02	1,29
Şehir M.	0,61	0,03	0,05	1,19
Kontrol	0,50	0,04	0,03	0,87

Analizler sonucunda bitki kabuklarında Pb konsantrasyonunun yıkanmış ve yıkanmamış yapraklara göre Pb konsantrasyonundan daha çok olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 4.8. deki değerlere bakıldığında kabuktaki Pb konsantrasyonu, sanayi bölgesinde diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu, kontrol bölgesinde ise en az konsantrasyona sahip olduğu belirlenmiştir.

Bitkinin yapraklarından alınan örneklerde Pb birikimi yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda çok fazla farklılık göstermemektedir. Yıkanmamış yapraklardaki Pb konsantrasyonu yıkanmış yapraklardaki Pb konsantrasyonu ile benzer değerlerdedir (Bkz. Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Kurşun konsantrasyonu (p<0,001 ***, p<0,01 ***, p<0,05 *)

Bitkilerin büyüdüğü ve geliştiği topraklardan alınan örneklerin analizi sonucunda sanayi bölgesinden alınan örneklerde kontrol bölgesinden alınan örneklere göre daha yüksek Pb birikimi olduğu belirlenmiştir. Topraktaki Pb konsantrasyonunun bitkilerin kabuklarına oranla benzer miktarlarda olduğu gözlemlenmiştir. Toprakta ve bitkinin kısımlarında elde edilen veriler değerlendirildiğinde hem toprak hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ve diğer bölgeler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür.

Genel olarak baktığımızda sanayi bölgesinde Pb birikiminin en çok, daha sonra azalarak sırasıyla şehir merkezi, yol kenarı ve kontrol bölgesinde ise en az olduğunu söyleyebiliriz. Sanayi bölgesindeki bu kirlenmenin hem toprak hem de hava kaynaklı olduğunu söyleyebiliriz.

4.1.9. Çinko

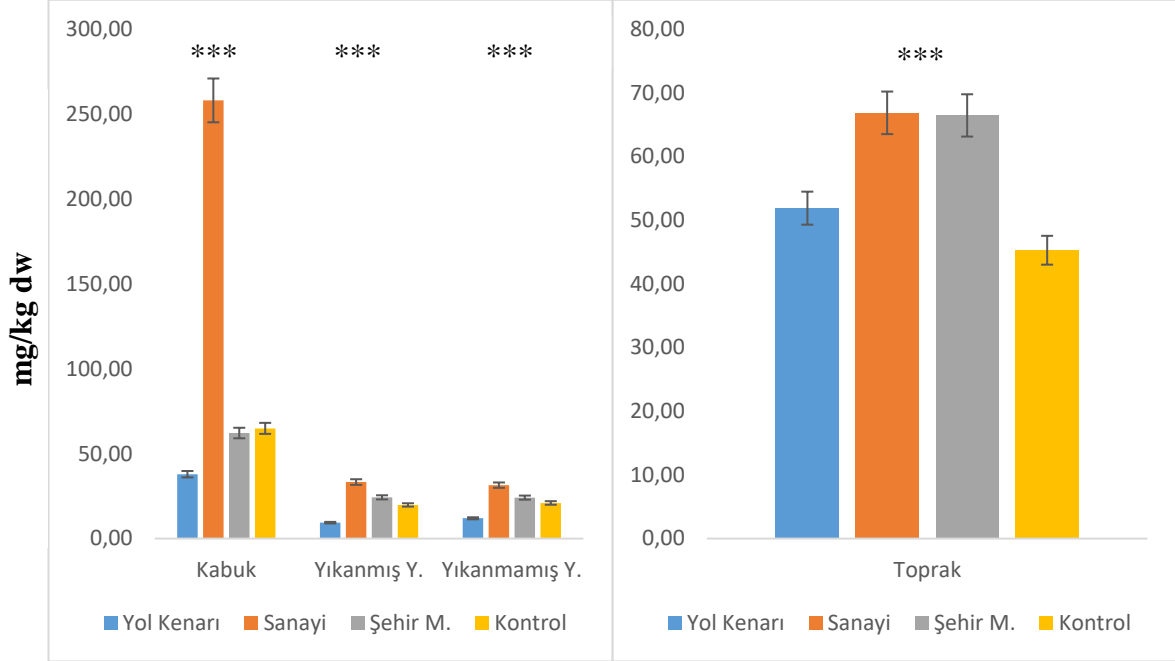
Ankara şehir merkezindeki 3 farklı lokaliteden ve 1 kontrol bölgesinden alınan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) kabuk, toprak, yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan alınan örnekler analiz edilerek Zn konsantrasyonu analiz edilmiştir.

Tablo 4.9. Farklı lokalitelerden toplanan karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştği topraktaki Çinko konsantrasyonları (mg/kg dw)

Lokaliteler	Kabuk	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
Yol Kenarı	37,90	9,37	11,94	51,88
Sanayi	258,03	33,29	31,46	66,85
Şehir M.	62,15	24,27	24,12	66,45
Kontrol	64,90	19,80	20,98	45,28

Analizler sonucunda bitki kabuklarında Zn konsantrasyonunun yıkanmış ve yıkanmamış yapraklara göre Zn konsantrasyonundan daha çok olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 4.9. daki değerlere bakıldığında zaman kabuktaki Zn konsantrasyonu, sanayi bölgesinde diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu, yol kenarı bölgesinde ise en az konsantrasyona sahip olduğu belirlenmiştir.

Bitkinin yapraklarından alınan örneklerde Zn birikimi yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda çok fazla farklılık göstermemektedir. Yıkanmamış yapraklardaki Zn konsantrasyonu yıkanmış yapraklardaki Zn konsantrasyonu ile benzer değerlerdedir (Bkz. Şekil 4.9.).



Şekil 4.9. Farklı lokalitelerden alınan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve yetiştiği topraktaki Çinko konsantrasyonu ($p < 0,001$ ***, $p < 0,01$ ***, $p < 0,05$ *)

Bitkilerin büyüdüğü ve geliştiği topraklardan alınan örneklerin analizi sonucunda sanayi bölgesinden ve şehir merkezi bölgesinden alınan örneklerde diğer bölgelerden alınan örneklere göre daha yüksek Zn birikimi olduğu belirlenmiştir. Topraktaki Zn konsantrasyonunun bitkilerin kabuklarına oranla benzer miktarlarda olduğu gözlemlenmiştir. Toprakta ve bitkinin kısımlarında elde edilen veriler değerlendirildiğinde hem toprak hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ve diğer bölgeler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür.

Genel olarak baktığımızda sanayi ve şehir merkezi bölgesinde Zn birikiminin en çok, daha sonra azalarak sırasıyla yol kenarı ve kontrol bölgesinde ise en az olduğunu söyleyebiliriz. Sanayi bölgesi ve şehir merkezi bölgesindeki bu kirlenmenin hem toprak hem de hava kaynaklı olduğunu söyleyebiliriz.

5. SONUÇ ve TARTIŞMA

Ağır metallerin toprakta birikmesinin yalnız ekosistemin fonksiyonları ile toprak verimliliği ekosistemin etkinlikleri üzerinde değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla insan ve hayvan sağlığı üzerinde de önemli etkileri vardır (Özay ve Mammadov, 2013).

Bu çalışmada elde edilen metal verilerine göre Fe konsantrasyonu hem bitki kısımlarında hem de toprakta aşırı miktarda yüksek olup olması gereken değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde çalışılan lokaliteler arasında önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Toprakta metal konsantrasyonlarının daha çok sanayi ve yol kenarlarında olduğu görülmüştür. Bitki kısımlarında metal verileri değerlendirildiğinde sanayi bölgesinden toplanan bitki kabuklarında çalışılan bütün ağır metallerin konsantrasyonunun yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yıkanmamış yapraklarda elde edilen metal verileri, yıkanmış yapraklardan elde edilen metal verilerden daha yüksek olduğu, aradaki yüzdelik farkın kontrol bölgesinde daha düşük olduğu gözlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmelerde, lokaliteler arasında genelde güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. (Şekil 2, 3).

Toprakta en yüksek Al konsantrasyonu $12981,21 \pm 196,46$, Cd konsantrasyonu $0,69 \pm 0,02$, Cr konsantrasyonu $7,83 \pm 1,06$, Cu konsantrasyonu $38,26 \pm 1,37$, Fe konsantrasyonu $19143,89 \pm 382,84$, Mn konsantrasyonu $555,58 \pm 16,75$, Ni konsantrasyonu $8,44 \pm 0,18$, Pb konsantrasyonu $1,29 \pm 0,06$, Zn konsantrasyonu $66,85 \pm 2,52$ olarak tespit edilmiştir. Bitki kısımlarında ise en yüksek Al konsantrasyonu $1699,03 \pm 103,83$, Cd konsantrasyonu $0,13 \pm 0,01$, Cr konsantrasyonu $2,66 \pm 0,11$, Cu konsantrasyonu $43,14 \pm 2,05$, Fe konsantrasyonu $1963,00 \pm 249,24$, Mn konsantrasyonu $76,07 \pm 3,10$, Ni konsantrasyonu $1,85 \pm 0,07$, Pb konsantrasyonu $3,11 \pm 0,09$, Zn konsantrasyonu $258,03 \pm 10,83$ olarak kabukta tespit edilmiş olup bu veriler sanayi bölgesinde elde edilmiştir. Yıkanmış ve yıkanmamış yapraklar arasındaki yüzdelik farkın kontrol bölgesi dışındaki bölgelerde daha yüksek olduğu görülmüştür.

Canözer vd. (1984), bitkilerdeki Fe sınır değerini 60-140 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Elde edilen metal verilerinin, bu çalışmada elde edilen verilerden çok düşük olduğu görülmüştür.

Wang vd. (2003), Çin'de yaptıkları çalışmada birçok lokalitede farklı bitki türü ve yetiştikleri toprakta ağır metal birikimini araştırmışlardır. *Pinus acerifolia* türünde Pb (13,37 µg/g dw), Cd (2,07 µg/g dw), Cr (4,06 µg/g dw) metallerinin konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Elde edilen metal verileri, bu çalışmada elde edilen verilerden çok yüksek olduğu görülmüştür.

Baycu vd. (2006), İstanbul'da ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde 10 farklı bölge olmak üzere 7 farklı ağaç türünde Ni (2,21-2,26 µg/g dw) Pb (7,95-12,82 µg/g dw), Cd (0,22-0,3 µg/g dw), Zn (24,24-28,60 µg/g dw) metallerinin miktarını belirlemişlerdir. Elde etmiş oldukları veriler, bu çalışmada elde edilen verilere göre Zn, Ni ve Cd paralel, Pb ise yüksek düzeydedir.

Ercişli (2007), Erzurum'da *Rosa canina* ile yaptığı çalışmada Zn seviyesini 30 mg/kg olarak belirlemiştir. Elde edilen metal verilerinin, bu çalışmada elde edilen verilerden çok düşük olduğu görülmüştür.

Keleş (2007), Konya şehir merkezinde yaptığı çalışmada bitki topraklarındaki Ni konsantrasyonunu 41,1-266,6 mg/kg, Cu konsantrasyonunu 5,9 ile 130,1 mg/kg, Zn konsantrasyonunu 22,2 ile 25,9 mg/kg aralığında belirlemiştir. Elde edilen metal verilerine bakıldığında; Ni konsantrasyonunun bu çalışmada elde edilen verilerden çok yüksek olduğu, Cu konsantrasyonunun bu çalışmada elde edilen verilerle paralellik göstermekte olduğunu ve Zn konsantrasyonunun ise bu çalışmada elde edilen verilerden çok düşük olduğu görülmüştür.

Bayar (2009), Erzurum şehir merkezinde Sarıçam bitkisindeki Zn konsantrasyonuna bakmış ve 29,75-51,43 mg/kg olarak belirlemiştir. Elde edilen metal verilerinin, bu çalışmada elde edilen verilerden çok düşük olduğu görülmüştür.

Akgüç vd. (2010,) Muğla'da, *Pyracantha coccinea* Roem. (firethorn) bitkisindeki Fe birikimini 9.532 µg/g dw olarak belirlemişlerdir. Elde edilen metal verilerinin, bu çalışmada elde edilen verilerden çok düşük olduğu görülmüştür.

Pourkhabbaz vd. (2010), Mashhad (İran) şehrinin kent içi ve kırsal alanlarında yayılış gösteren *Pinus orientalis* L.'in yetiştikleri topraklarda Cu ($40,9 \pm 7,7 \mu\text{g/g dw}$), Zn ($109,1 \pm 7,8 \mu\text{g/g dw}$) tespit edilen metal konsantrasyonları, bu çalışmada elde edilen metal konsantrasyonları ile paralel iken, Pb ($31,2 \pm 5,2 \mu\text{g/g dw}$), Ni ($107,2 \pm 10 \mu\text{g/g dw}$), Cr ($202,6 \pm 22,8 \mu\text{g/g dw}$) konsantrasyonları ise oldukça yüksektir. Bitki yapraklarında Ni ($4,4 \pm 1,3 \mu\text{g/g dw}$), Cu ($14,5 \pm 3,4 \mu\text{g/g dw}$), Cr ($2,4 \pm 0,7 \mu\text{g/g dw}$) Zn ($76,8 \pm 17,7 \mu\text{g/g dw}$), Pb ($4,5 \pm 1,9 \mu\text{g/g dw}$) elde edilen metal konsantrasyonları bu çalışmada elde edilen metal konsantrasyonlarından yüksektir.

Özcan (2011), Kırklareli de hasır otu (*Typha latifolia*), defne (*Laurus azorica*) ve karaçam (*Pinus nigra Arnold Arnold*) örneklerindeki Fe konsantrasyonunu sırasıyla; $3.12 \mu\text{g/g dw}$, $1.64 \mu\text{g/g dw}$ ve $4.29 \mu\text{g/g dw}$ olarak tespit etmiştir. Elde edilen metal verilerinin, bu çalışmada elde edilen verilerden çok düşük olduğu görülmüştür.

Sawidis vd. (2011), Avrupa'nın güney ve kuzey kesimlerinin kirlenmiş bölgelerinde yetişen *Pinus orientalis* yapraklarında Cu ($2,6-27,8 \mu\text{g/g dw}$), Cr ($0,2-1,2 \mu\text{g/g dw}$), Fe ($165,7-413,1 \mu\text{g/g dw}$) ve Pb ($2,4-15,2 \mu\text{g/g dw}$) verilerini elde etmişlerdir. Elde ettikleri veriler, bu çalışmada elde edilen veriler ile kıyaslandığında Cu ve Fe paralel, Pb ve Cr yüksektir.

Yıldırım vd. (2012), Amasya ilinde yaptıkları çalışmada *Elaeagnus angustifolia* L.'nin Fe içeriğini $26.37 \mu\text{g/g dw}$, *Pinus brutia*'nın Fe içeriğini ise $67.22 \mu\text{g/g dw}$ olarak bildirmişlerdir. Elde edilen metal verileri, bu çalışmada elde edilen verilerden yüksek olduğu görülmüştür.

Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolunda topraktaki Zn konsantrasyonunu $0,03$ ile $1,21 \text{ mg/kg}$ aralığında belirlemiştir. Elde edilen metal verileri, bu çalışmada elde edilen verilerden çok düşük olduğu görülmüştür.

Kocic vd. (2014), Sırbistan'da yaptıkları çalışmada at kestanesi (*Aesculus hippocastanum*) ve ıhlamur (*Tilia spp.*) bitkilerinin Fe içeriklerini $700 \mu\text{g/g dw}$ olarak belirlemişlerdir. Elde edilen metal verilerinin, bu çalışmada elde edilen verilerden çok düşük olduğu görülmüştür.

Norouzi vd. (2015), İran'da (İsfahan şehrinde), düzlem ağacı (*Platanus orientalis* L.) ile yaptıkları çalışmada bitkideki Fe birikimini 404.4 ile 1461 µg/g dw arasında belirlemişlerdir. Elde edilen metal verilerinin, bu çalışmada elde edilen verilerden çok düşük olduğu görülmüştür.

Özel vd. (2015), Bartın ve Karabük karayolları etrafında biri kontrol olmak üzere 21 bölgeden toplanan *Pinus orientalis* L. örneklerinde en düşük ve en yüksek metal konsantrasyonları Cu (10.42±2. -23.72±3.4 µg/g dw), Cr (4.32±1.4- 13.75±2.4 µg/g dw), Cd (0.21±0.02- 0.94±0.88 µg/g dw), Zn (42.16±2.7-75.63±3.3 µg/g dw), Pb (55.64±4.4- 96.84±3.5 µg/g dw), Ni (15.48±2.6-42.29±3.3 µg/g dw) olarak tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, bu çalışmada elde edilen verilerden oldukça yüksektir.

Karakoyun ve Osma (2015), *Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven bitkisini inceleyerek Erzincan'da yapmış oldukları çalışmada Fe miktarını toprakta 24635.5-39281.6 µg/g dw, kabukta 901.44- 1838.70 µg/g dw, dalda 451.64-864.50 µg/g dw olarak önermişlerdir. Elde edilen metal konsantrasyonlarına bakıldığında topraktaki Fe konsantrasyonu, bu çalışmada elde edilen metal konsantrasyonundan fazladır. Fakat kabuktaki metal konsantrasyonuna bakıldığında, bu çalışmadaki metal konsantrasyonundan azdır.

Pajak vd. (2016), Polonya'da yaptıkları çalışmayla İskoç çamı (*Pinus sylvestris* L) ve kirlenmiş bir huş ağacı (*Betula pendula* Roth) yapraklarında bulunan Pb, Zn, Cd, Cu ve Cr ağır metallerinin birikme miktarlarını tespit ederek bu bitkilerin biyomonitör olabilirliğini değerlendirmişlerdir.

Öztürk vd. (2017), İstanbul'da yol kenarı, kenar semt, kent içi olmak üzere 40 farklı lokaliteden topladıkları *Celtis australis* L. dal, kabuk ve yapraklarında en düşük ve en yüksek metal konsantrasyonları Pb (1,19-14.90 µg/g dw), Cd (0,30-0.65 µg/g dw), Cu (5,99- 19.94 µg/g dw) ve Zn (14,34-42.53 µg/g dw) olarak belirlemişlerdir. Tespit edilen verilerin, bu çalışmada elde edilen veriler ile örtüştüğü görülmüştür.

Liang vd. (2017), Çin'de 7 farklı ağaç türünün yıkanmış yapraklarında Cu, Zn, Pb, Cd ağır metallerinin konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Bu ağaç türlerinden biri *Pinus acerifolia* olup yıkanmış yapraklarda Cu (6,37±4,27 µg/g dw), Zn (20,2±5,10 µg/g dw), Pb (0,85±0,48 µg/g dw), Cd (0,037±0,018 µg/g dw) tespit etmişlerdir. Elde ettikleri verilerin, bu çalışmada elde edilen veriler ile örtüştüğü gözlenmiştir.

Pajak ve ark. (2017), Olkusz (Polanya) yakınlarında yapılan çalışmada *Pinus sylvestris* L. ait yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda Zn (152.5-409.5 µg/g dw), Pb (13-166 µg/g dw) Cd (0.1-2.4 µg/g dw) Cu (5.1-15.5 µg/g dw) Cr (0.1-3.8 µg/g dw) konsantrasyonları tespit edilmiştir. Elde ettikleri metal konsantrasyonları bu çalışmada elde edilen metal konsantrasyonlarından yüksektir.

Khosropour vd. (2018), İran'da kent içi ve kent dışı ormanlık alanlarda yaptıkları çalışmada *Pinus orientalis* L.'in yapraklarında ve yetiştikleri toprakta Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn miktarlarını tespit etmişlerdir. Bitki yapraklarında Cu (9,1 µg/g dw), Ni (8,1 µg/g dw), Cr (5,3 µg/g dw) Cd (0,76 µg/g dw), Pb (13 µg/g dw), Zn (72,2 µg/g dw) değerlerinde metal konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Elde ettikleri veriler, bu çalışmada elde edilen verilerden yüksektir.

Zengin ve Yıldız (2019), Erzurum'un farklı bölgelerinde *Eleagnus angustifolia* L. yapraklarındaki ağır metal birikimini araştırmışlardır. Elde ettikleri veriler, yapılan çalışmada elde edilen verilerden Pb (1.05-5.47 µg/g dw), Cd (0.01- 0.24 µg/g dw), Ni (2.13-6.61 µg/g dw), Fe (30.8-237 µg/g dw) Cu (4.18-19.42), Zn (45.0- 58.5 µg/g dw), Mn 162.35-253.3 µg/g dw) yüksektir.

Bitkiler kirliliğin belirlenmesinde önemli indikatörlerdir. Bitkilerin yer değiştirememeleri ve fizyolojik bakımdan insan ile hayvanlara göre kirlenmeye karşı daha hassas olmaları bir bölgenin kirlilik durumunu belirlemede önemlidir. Çam ağaçları, dünyanın birçok ülkesinde özellikle şehirlerde yaygın olarak bulunması ve kabuk, dal ile yapraklarının kolaylıkla örneklenebilmesinden dolayı ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde önemli biyomonitör bitkilerdir. Yapılan çalışmada *P. nigra*'nın biyomonitör olabileceği kanısına varılmıştır. Ankara, özellikle 1980'li ve 1990'lı yıllarda fosil yakıtların kullanılmasına bağlı olarak hava kirliliği problemleri ile karşı karşıya kalmış olan bir kentimizdir. Yapılan bu çalışmada, kabuklarda ağır metal konsantrasyonunun fazla olması geçmişteki kirliliğin en önemli göstergesidir. Son yıllarda doğal gaz kullanımı ve benzinde kurşunun kullanılmaması ağır metal kirliliğinin azalmasına katkı sağlarken insanoğlunun bitmeyen istek ve ihtiyaçları doğrultusunda çevre problemleri devam etmektedir. Dolayısıyla, kirlenme potansiyeline sahip bölgelerin çok iyi şekilde araştırılması gerekmektedir.

6. ÖNERİLER

1. Kirlenen bölgelerin yapısı, kirlenme faktörleri ve ekonomi gibi çok sayıda etken ile birlikte laboratuvar çalışmaları yapılmalı ve elde edilen sonuçlara göre önlemler alınmalıdır.
2. Ankara da yol kenarlarındaki flora ile ilgili çalışmalar zenginleştirilmelidir.
3. Geri dönüşüm ve arıtma tesisleri kurulmalı ve ağır metal yayılımı yapan çöplerin toplama merkezlerinde toplanıp bunların uygun geri dönüşüm yöntemleri ile tekrar geri kazanılıp çevreye zarar vermesi engellenmelidir.
4. Özellikle insanların neden olduğu ağır metal kirlenmesinin ilerde tüm canlılar için büyük bir sorun haline gelmesini önlemek için ağır metallerle dayanıklı bitki türleri belirlenmeli ve dayanıklılık mekanizmaları aydınlatılmalıdır.
5. Fabrikalar ve endüstri merkezleri şehir merkezlerinden çok daha uzak alanlara kurulmalı ve endüstri kuruluşlarının bacalarına filtre takılmalıdır.
6. Isınmaya yönelik olarak doğal gaz kullanımı, fosil yakıtlara göre artırılmalı ve yaygınlaştırılmalıdır.
7. Sahip olduğumuz orman-yeşillik alanlar koruma altına alınmalı hatta daha fazla yeşil alan oluşturma çalışmalarına önem verilmelidir.
8. Yaşamsal önem taşıyan doğal varlıklarımızın bütüncül düşünülerek bunların korunmasının da önemli bir konu olduğu dikkate alınmalıdır.
9. İnsanların çevre bilincini artırmak için bu tarz çalışmalara ve seminerlere yer açarak, insanların daha fazla bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abusalih, H. (2019) “Kadmiyum Kirliliğinin Kordes Gülünün Gelişimi ve Ağır Metal Alım Kapasitesine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Konya.
- Akbayır, S. (2020) “İstanbul’un Deniz Kıyısına Yakın Yerleşim Yerlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Biyoloji Anabilim Dalı, Erzincan.
- Aksoy, A., Şahin, U., Duman, F. (2000) “*Robinia pseudo-acacia* L. as a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri”, **Turkish Journal of Botany**, 24(5), 279-284.
- Ankara İli, Altındağ İlçesi Gümüşdere Mahallesi 19734 Ada 9 Parsele Ait 1/5000 Ölçekli Nazım İmar Planı Değişikliği Plan Açıklama Raporu (2020).
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H. ve Cometen, H. (2020) “The usability of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic-originated heavy metal concentrations in Turkey”, **Polish Journal of Environmental Studies**, 29(2): 1051-1057.
- Aricak, B., Çetin, M., Erdem, R., Sevik, H. ve Cometen, H. (2019) “The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing”, **Applied Ecology and Environmental Research**, 17(3), 6723-6734.
- Ata, S. (2014) “Aritma Çamuru Uygulamalarının Erzurum Ovası Bazı Büyük Toprak Gruplarında Yetiştirilen Buğday Bitkisinin Besin Elementi ve Ağır Metal İçerikleri ile Toprakların Ağır Metal Adsorpsiyonu ve Desorpsiyonu Üzerine Etkisi”, Doktor Tezi, **Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Erzurum.
- Balcı, T. (2019) “Ağır Metal Stresinin Roka (*Eruca Sativa* L.) da Bitki Gelişimi ve Fizyolojisi Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Baycu, G., Tolunay, D., Özden, H., Günebakan, S. (2006) “Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul”, **Environmental Pollution**, 143, 545-554.
- Blaylock, M.J. ve J.W. Huang. (2000) “Phytoextraction of Metals, Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean-up the Environment (In: Raskin, I. ve Ensley, B.D. (eds.)”, **Wiley**, New York, 53-70.
- Caselles, J., Colliga, C. ve Zornoza, P. (2002) “Evaluation Of Trace Element Pollution From Vehicle Emissions in Petunia Plants”, **Water, Air, And Soil Pollution**, 136,1-9.

- Cocozza, C., Ravera, S., Cherubini, P., Lombardi, F., Marchetti, M. ve Tognetti, R. (2016) “Integrated biomonitoring of airborne pollutants over space and time using tree trunks, bark, leaves and epiphytic lichens”, *Urban Forestry & Urban Greening*, 17, 177-191.
- Çay, S. (2014) “Ağır Metal İyonlarıyla Kirletilmiş Toprakların Karadeniz Bölgesinde Yetişen Bazı Süs Bitkileri Kullanılarak Temizlenebilirliğinin Araştırılması”, Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kimya Anabilim Dalı, Samsun.
- Çetin, M. ve Çobanoğlu, O. (2019) “The Possibilities of Using Blue Spruce (*Picea pungens* Engelm) as a Biomonitor by Measuring the Recent Accumulation of Mn in Its Leaves”, *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 43-50.
- Çiçek, İ., Türkoğlu, N. ve Gürgen, G. (2004) “Ankara’da Hava Kirliliğinin İstatistiksel Analizi”, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 1-18.
- Çolak Esetlili, B., Pekcan, T., Aydoğdu, E., Turan, S. ve Anaç, D. (2019) “Kuzeybatı Anadolu’daki Bazı Zeytin (*Olea europaea* L.) Bahçelerinin Ağır Metal ve Doğal Radyonüklit İçerikleri”, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 260-269.
- Doğmuş, Y. Ç. (2019) “Kütahya-Simav Yöresi Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold Arnold J.F. Arnold subsp. *pallasiana*) Doğal Gençliklerinde Büyüme ve Gelişiminin Honowski Işık Faktörü ile Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Duru, N., Türkmen, Z., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E. ve Yapar, K. (2011) “*Verbascum sinuatum* L. (Scrophulariaceae) (Sığırkuyruğu) Türü Kullanılarak Karadeniz Sahil Şeridinde Taşıtların Sebep Olduğu Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 15(2), Sayı, 89-96.
- Ghaffari, H.R., Aval, H.E., Alahabadi, A., Mokammel, A., Khamirchi, R., Yousefzadeh, S., Ahmadi, E., Rahmani-Sani, A., Estaji, M., Ghanbarnejad, A., Gholizadeh, A., Taghavi M. ve Miri M. (2017) “Asthma disease as cause of admission to hospitals due to exposure to ambient oxidants in Mashhad, Iran”, *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 27402-27408.
- Gholizadeh, A., Taghavi, M., Moslem, A., Neshat, A.A., Najafi, M.L., Alahabadi, A., Ahmadif, E., Aval, H.E., Asouri, A.A, Rezaei, H., Gholami, S. ve Miri, M. (2019) “Ecological and health risk assessment of exposure to atmospheric heavy metals”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 184,109622.
- Güneş, M. ve Çilali, E. (2018) “Tokat-Amasya Karayolu Çevresinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnunda (*Rosa* sp) Mesafeye Bağlı Olarak Kirliliğin Belirlenmesi”, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 7(3), 118-129.

- Güngör, K. (2014) “Karaçam [*Pinus nigra Arnold Arnold* subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe] Ve Karaçam Bileşenlerinde Bazı Organik Asitlerin Hplc/Dad İle Eşzamanlı Tayini”, Yüksek Lisans Tezi, **Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı**, Yozgat.
- Kahramaner, R. F. (2019) “Radyolojide Çalışan Bireylerde Bazı Eser Element ve Ağır Metal (Çinko, Bakır, Magnezyum, Mangan, Kobalt, Demir, Kurşun ve Kadmiyum) Düzeylerin Saptanması ve İş Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kimya Anabilim Dalı, Van.
- Karacakaya, P. (20116) “Asartepeler Baraj Gölü’ndeki (Ankara) Su, Sediment, Turna (*Esox Lucius*) ve Kadife (*Tinca Tinca*) Balıklarında Bazı Ağır Metal Birikimleri ve Mevsimsel Değişimi”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Karademir, M. ve Toker, M.C. (1995) “Ankara’nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim ve Bitkilerde Egzoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi”, **II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi**, Ankara, 699-711.
- Karbassi, A., Tajziehchi, S. ve Afshar, S. (2015) “An investigation on heavy metals in soils around oil field area”, **Global Journal Environment Science Management**,1(4), 275- 282.
- Kaya, L.G. (2009) “Assessing forests and lands with carbon storage and sequestration amount by trees in the State of Delaware”, USA, **Scientific Research and Essays**, 4(10), 1100- 1108.
- Keleş Uzel, N. ve Çimrin, K. M. (2020) “Gaziantep İli Nizip İlçesi Zeytin Bahçelerinin Yaprak ve Toprak Örnekleri ile Beslenme Durumunun Belirlenmesi”, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi**, 23 (4): 1039-1053.
- Keleş, C. T. (2007) “Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği”, Yüksek Lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Müh. Anabilim Dalı**, Konya.
- Khosropour, E., Attarod, P., Shirvany, A., Pypker, T.G, Bayramzadeh, V., Hakimi, L., Moeinaddini, M. (2018) “Response of *Platanus orientalis* leaves to urban pollution by heavy metals”, **Journal of Forestry Research**, 30(4), 1437-1445.
- Kurt, B. (2019) “*Lemna minor* L. ve *Lemna gibba* L. (Su mercimeği) Kullanılarak Farklı Derişimlerdeki Bazı Ağır Metallerin (Kalay, Kobalt, Antimon, Vanadyum) Biyoremediasyonu ve Ağır Metallerin Olası Stres Etkilerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Manisa.
- Küçük, C. ve Karaoğlu, M. (2017) “Elements and Heavy Metals”, Proceedings Book of **II. International Iğdır Symposium (IGDIRSEMP)**, Iğdır, 27-36.

- Liang, J., Fang, H.L., Zhanga, T.L., Wang, X.X., Liu, Y.D. (2017) "Heavy metal in leaves of twelve plant species from seven different areas in Shanghai, China", *Urban Forestry & Urban Greening*, 27, 390-398.
- Long, X.X., X.E. Yang ve W.Z. Ni. (2002) "Current Status and Perspective on Phytoremediation of Heavy Metal Polluted Soils", *Journal of Applied Ecology*, 13, 757- 762.
- Lv, J., Liu, Y., Zhang, Z., Zhou, R. ve Zhu, Y. (2015) "Distinguishing anthropogenic and natural sources of trace elements in soils undergoing recent 10-year rapid urbanization: a case of Donggang, Eastern China", *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 10539-10550.
- Mercan, N. (2019) "Tetra Otu (*Cotinus Coggygia*) Bitkisindeki Ağır Metallerin Tayini", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Odumo, B., Carbonell, G., Angeyo, H., Patel, J., Torrijos, M. ve Rodríguez Martín, J. (2014) "Impact of gold mining associated with mercury contamination in soil, biota sediments and tailings in Kenya", *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 12426-12435.
- Omar Sultan, D. A. (2020) "Kastamonu'da Yetiştirilen Siyez (*Triticum Monococcum* L.) Buğdayının Radyonüklit, Esansiyel ve Ağır Metal İçeriklerinin Tahribatsız Analiz Yöntemi ile Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı*, Kastamonu.
- Osma, E., İlhan, V. ve Yalçın, İ.E. (2014) "Heavy metals accumulation causes toxicological effects in aquatic *Typha domingensis* Pers", *Brazilian Journal of Botany*, 37(4), 461-467.
- Özay, C. ve Mammadov, R. (2013) "Ağır Metaller ve Süs Bitkilerinin Fitoremediasyonda Kullanılabilirliği", *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 68-77.
- Özel, H.B., Özel, H.U., Varol, T. (2015) "Using Leaves of Oriental Plane (*Platanus orientalis* L.) to Determine the Effects of Heavy Metal Pollution Caused by Vehicles", *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(6), 2569-2575.
- Özel, H.U., Özel, H.B., Çetin, M., Sevik, H., Gemici, B.T. ve Varol, T. (2019) "Base alteration of some heavy metal concentrations on local and seasonal in Bartın River", *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(9), 594.
- Öztürk, A., Yarci, C., Özyiğit II. (2017) "Assessment of heavy metal pollution in Istanbul using plant (*Celtis australis* L.) and soil assays", *Journal Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31(5), 948-954.
- Pajak, M., Halecki, W., Gasiorek, M. (2017) "Accumulative response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and silver birch (*Betula pendula* Roth) to heavy metals enhanced by

- Pb-Zn ore mining and processing plants: Explicitly spatial considerations of ordinary kriging based on a GIS approach”, *Chemosphere*, 168, 851-859.
- Pourkhabbaz, A., Rastin, N., Olbrich, A., Langenfeld-Heysler, R. ve Polle, A. (2010) “Influence of Environmental Pollution on Leaf Properties of Urban Plane Trees, *Platanus orientalis* L.”, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 85, 251-255.
- Rodríguez Martín, J.A. ve Nanos, N. (2016) “Soil as an archive of coal-fired power plant mercury deposition”, *Journal Hazardous Materials*, 308, 131-138.
- Rodríguez Martin, J.A., Gutierrez, C., Torrijos, M. ve Nanos, N. (2018) “Wood and bark of *Pinus halepensis* as archives of heavy metal pollution in the Mediterranean Region”, *Environmental Pollution*, 239, 438-447.
- Saklı, M. (2011) “Investigation of The Protective Role of Nitric Oxide (NO) in Plant Response to Heavy Metal Stress”, Atatürk University, *Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Biology*.
- Sawidis T., Breuste J., Mitrovic M., Pavlovic P. ve Tsigaridas K. (2011) “Tsigaridas Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European Cities”, *Environmental Pollution*, 159(12), 3560-3570.
- Serbula, S.M., Miljkovic, DD., Kovacevic, RM. ve Ilica, AA. (2012) “Assessment of airborne heavy metal pollution using plant parts and topsoil”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 76, 209-214.
- Seven, T., Can, B., Darende, B. N. ve Ocak, S. (2018) “Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği”, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.
- Sevik, H., Çetin, M., Öztürk, A., Yiğit N. ve Karakuş, O. (2019) “Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey”, *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 5909-5921.
- Şanda, M.A. (1993) “Konya İli Merkezi ve Çevre Yollarındaki Bitkilerde Ağır Metal Birikimi”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı*, Konya.
- Türkyılmaz, A, Sevik, H, ve Çetin, M. (2018a) “The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals”, *Landscape and Ecological Engineering*, 14(1), 115-120.
- Türkyılmaz, A., Sevik, H., Işınkaralar ve K., Çetin, M. (2018b) “Using Acer platanoides annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air”, *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 578.
- Ünalın, Ş. (2006) “Ağır Metal Stresi Altındaki Mısır Bitkisinde Antioksidant Enzim Savunma Sisteminin Davranışı ve Mısırın Ağır Metal Kirliliğinin Giderilmesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Doktora tezi, *Hacettepe Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü*, Ankara.

- Wang, H., Shan, X.Q., Wen, B., Zhang, S. ve Wang, Z. J. (2003) “Responses of Antioxidative Enzymes to Accumulation of Copper in A Copper Hyperaccumulator of *Commoelina Communis*”, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 47,185-192.
- Wang, O.R., Cui, Y.S., Liu, X.M., Dong, Y.T., Christie, P. (2003) “Soil Contamination and Plant Uptake of Heavy Metals at Polluted Sites in China”, *Journal of Environmental Science and Health, Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 38(5), 823-838.
- Wei, B. ve Yang, L. (2010) “A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China”, *Microchemical Journal*, 94, 99-107.
- Yaldız, G ve Şekeroğlu, N. (2013) “Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Bazı Ağır Metallere Tepkisi”, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6 (1): 80-84.
- Yaltrık, F. (1988) “Dendroloji I, Gymnospermae (Açık Tohumlular)”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, 3443 (386), İstanbul, 73-79.
- Yavuzer, H. ve Osma, E. (2018) “*Salix fragilis* L. (Gevrek Söğüt)’ in Ağır Metal Kirlenmesinde Biomonitör Olarak Değerlendirilmesi”, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi C- Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 7(2), 122-129.
- Yener, İ. (2011) “*Anoxybacillus sp.* SO-B1 Bakterisi İle Modifiye Edilmiş Amberlit Xad-16 Reçinesi Kullanılarak Th(IV) ve Ce(III) İyonlarının Katı Faz Ekstraksiyonu, Zenginleştirilmesi ve ICP-OES ile Tayini”, Yüksek Lisans Tezi, **Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kimya Anabilim Dalı, Diyarbakır.
- Yenisoy-Karakas, S. ve Tuncel, S.G. (2004) “Geographic patterns of elemental deposition in the Aegean region of Turkey indicated by the lichen, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.” *Science of the Total Environment*, 329(1-3):43-60.
- Yıldırım E., Ekinci M., Turan M., Açar G., Örs S., Dursun A., Kul R. ve Balcı T. (2019) “Impact of Cadmium and Lead Heavy Metal Stress on Plant Growth and Physiology of Rocket (*Eruca sativa* L.)” *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(6), 843-850.
- Yıldırım, C., Karavin, N. ve Cansaran, A. (2012) “Amasya İli Şehir Merkezinde Bulunan *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Pinus brutia* Ten. Türlerinde Bazı Ağır Metallerin İçeriklerinin Belirlenmesi”, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2), 7-11.
- Yılmaz, H. Ş. (2019) “Farklı Ağır Metal Uygulamalarının Tane Sorgum Çeşitlerinde Ağır Metal Birikimi, Morfolojik ve Yem Kalite Özelliklerine Etkisi”, Doktora Tezi, **Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bingöl.
- Zengin, M. ve Yıldız, N. (2019) “Kentsel Mekânlarda Kullanılan “*Elaeagnus angustifolia* L.” nin Yaprak Örneklerinde Ağır Metal Birikimi: Erzurum Örneği”, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(4), 517-525.