

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



ANKARA KENT MERKEZİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
YAKIN GEÇMİŞTEKİ DEĞİŞİMİ

EMİNE EMEL YAYLA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

HAZİRAN - 2023

KASTAMONU

TEZ ONAYI

Emine Emel YAYLA tarafından hazırlanan “**Ankara Kent Merkezinde Ağır Metal Kirliliğinin Yakın Geçmişteki Değişimi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **09.06.2023** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi	
Eş Danışman	Ünvan. Ad SOYAD XXX Üniversitesi (yoksa bu alanı siliniz)	
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi (yoksa bu alanı siliniz)	
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi (yoksa bu alanı siliniz)	
Jüri Üyesi	Ünvan Ad SOYAD XXX Üniversitesi (yoksa bu alanı siliniz)	

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

Enstitü Müdürü V.

Doç. Dr. Osman ÇİÇEK

.....

TAAHHÜTNAME

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

Emine Emel YAYLA

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA KENT MERKEZİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN YAKIN GEÇMİŞTEKİ DEĞİŞİMİ

EMİNE EMEL YAYLA

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

Dünyanın en önemli problemlerinin arasında olan kentsel hava kirliliği, birçok kent merkezinde insan sağlığını tehdit etmekte ve her yıl milyonlarca insanın ölümüne sebep olmaktadır. Hava kirliliği bileşenleri içerisinde ağır metaller ayrı bir öneme sahiptir. Bunun nedeni, ağır metallerin doğada biyolojik bozunmaya uğramadan uzun süre dayanabilmeleri ve canlı organizmalarda biyolojik olarak birikmeleridir. Dahası, havadaki konsantrasyonları yavaş yavaş artar. Bu nedenle, ağır metal konsantrasyonunun izlenmesi, çevre kirliliğinin güvenilir göstergeleri için son derece önemlidir. Biyomonitörler, ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. Bu çalışma kapsamında seçilen ağır metaller, yüksek konsantrasyonlarda olduğunda bitkiler üzerinde çeşitli olumsuz etkilere sahiptir. İnsanlar ve diğer canlılar için ise oldukça zararlı, toksik, kanserojen ve ölümcül olabilmektedirler. Dahası, solunum yolu ile insan bünyesine alınmaları durumunda çok daha zararlı olabilirler. Bundan dolayı havadaki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesi son derece önemlidir. Bu çalışmanın amacı, Ankara kent merkezinde son 30 yıllık süreçte havadaki ağır metal kirliliğinin değişiminin *Elaeagnus angustifolia* L., *Platanus orientalis* L., *Koelreuteria paniculata* Laxm, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr. ağaçlarının yıllık halkalarının kullanılarak belirlenmesidir. Çalışma sonucunda, havadaki ağır metal kirliliğinin önemli ölçüde değiştiği, özellikle *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle ve *Platanus orientalis* L., türlerinde ağır metal konsantrasyonunun önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Hava kirliliği, biyomonitör, ağır metaller, peyzaj ağaçları

Haziran 2023, 63 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

RECENT CHANGES IN HEAVY METAL POLLUTION IN ANKARA CITY CENTER

EMİNE EMEL YAYLA

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

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. HAKAN ŞEVİK

Urban air pollution, one of the world's most critical problems, threatens human health in many urban centers and causes the death of millions of people every year. Heavy metals have particular importance among the components of air pollution. This importance is due to the fact that heavy metals can last for a long time in nature without undergoing biodegradation, and they accumulate biologically in living organisms. Moreover, their concentration in the air gradually rises. Therefore, monitoring the concentration of heavy metals is extremely important for reliable indicators of environmental pollution. Biomonitors are one of the methods used for monitoring heavy metal concentrations. The heavy metals selected within the scope of this study have various adverse effects on plants when in high concentrations. On the other hand, they can be quite harmful, toxic, carcinogenic, and deadly for humans and other living things. Moreover, they can be much more harmful if taken into the human body by the respiratory route. Therefore, monitoring the change in heavy metal concentrations in the air is extremely important. This study aims to determine the change of heavy metal pollution in the air in the last 30 years in Ankara city center by using the annual rings panicuata of *Elaeagnus angustifolia* L., *Platanus orientalis* L., *Coelreuteria paniculata* Laxm, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr. trees. As a result of the study, it was found that heavy metal pollution in the air has changed significantly, especially *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle and *Platanus orientalis* L., it has been determined that the concentration of heavy metals in the species varies significantly.

KEYWORDS: Air pollution, biomonitor, heavy metals, landscape trees

June 2023, 63 Page

TEŞEKKÜR

Bu araştırmada ve lisansüstü eğitimimde her zaman sabır ve hoşgörü göstererek çalışma isteğimi canlı tutan, eşsiz kişiliği ile her zaman örnek alacağım, beni anladığını her zaman hissettiren ve tezin her aşamasında bana rehber olan tez danışmanım ve çok değerli hocam Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e, yüksek lisans ve lisans süresince tanıdığım ve tez süresince desteğini esirgemeyen, laboratuvar çalışmalarına destek veren kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Kaan IŞINKARALAR'a ve yüksek lisans eğitimim boyunca emeği geçen tüm hocalarıma sonsuz teşekkür ederim.

Beni her koşulda destekleyen canım annem Ayşe YAYLA'ya, canım babam Abdullah YAYLA'ya ve biricik abim Hasan Basri YAYLA'ya, lisans hayatımdan beri desteğini esirgemeyip her zaman yanımda olan canım arkadaşım Şeyma Nur İSTANBULLU'ya çok teşekkür ederim.

Emine Emel YAYLA

Kastamonu, 2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
3. MATERYAL VE METOT	10
4. BULGULAR	14
4.1 Krom (Cr) Konsantrasyonu (ppb)	14
4.2 Mangane (Mn) Konsantrasyonu (ppb)	16
4.3 Demir (Fe) Konsantrasyonu (ppb)	18
4.4 Nikel (Ni) Konsantrasyonu (ppb).....	20
4.5 Bakır (Cu) konsantrasyonu (ppb)	22
4.6 Çinko (Zn) Konsantrasyonu (ppb)	25
4.7 Kadmiyum (Cd) Konsantrasyonu (ppb)	27
4.8 Alüminyum (Al) Konsantrasyonu (ppb)	29
4.9 Bor (B) Konsantrasyonu (ppb)	31
4.10 Baryum (Ba) Konsantrasyonu (ppb)	33
4.11 Altın (Au) Konsantrasyonu (ppb).....	36
4.12 Vanadyum (V) Konsantrasyonu (ppb)	38
4.13 Kükürt (S) Konsantrasyonu (ppb)	40
4.14 Potasyum (K) Konsantrasyonu (ppb)	42
4.15 Magnezyum (Mg) konsantrasyonu (ppb)	44
5. TARTIŞMA	47
6. SONUÇ	50
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 Talaş haline getirilmiş odun parçaları.....	11
Şekil 3.2 Etüvde kurutulan numuneler.....	12



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan türler	10
Tablo 4.1 Cr konsantrasyonunun organlarda birikimi	14
Tablo 4.2 Cr konsantrasyonunun yıllara göre değişimi	15
Tablo 4.3 Mn konsantrasyonunun organlarda birikimi.....	16
Tablo 4.4 Mn konsantrasyonunun yıllara göre değişimi.....	17
Tablo 4.5 Fe konsantrasyonunun organlarda birikimi	18
Tablo 4.6 Fe konsantrasyonunun yıllara göre değişimi	19
Tablo 4.7 Ni konsantrasyonunun organlarda birikimi	20
Tablo 4.8 Ni konsantrasyonunun yıllara göre değişimi	21
Tablo 4.9 Cu konsantrasyonunun organlarda birikimi.....	22
Tablo 4.10 Cu konsantrasyonunun yıllara göre değişimi.....	24
Tablo 4.11 Zn konsantrasyonunun organlarda birikimi.....	25
Tablo 4.12 Zn konsantrasyonunun yıllara göre değişimi.....	26
Tablo 4.13 Cd konsantrasyonunun organlarda birikimi.....	27
Tablo 4.14 Cd konsantrasyonunun yıllara göre değişimi.....	28
Tablo 4.15 Al konsantrasyonunun organlarda birikimi	29
Tablo 4.16 Al konsantrasyonunun yıllara göre değişimi	30
Tablo 4.17 B konsantrasyonunun organlarda birikimi.....	31
Tablo 4.18 B konsantrasyonunun yıllara göre değişimi	32
Tablo 4.19 Ba konsantrasyonunun organlarda birikimi.....	33
Tablo 4.20 Ba konsantrasyonunun yıllara göre değişimi.....	35
Tablo 4.21 Au konsantrasyonunun organlarda birikimi	36
Tablo 4.22 Au konsantrasyonunun yıllara göre değişimi	37
Tablo 4.23 V konsantrasyonunun organlarda birikimi	38
Tablo 4.24 V konsantrasyonunun yıllara göre değişimi	39
Tablo 4.25 S konsantrasyonunun organlarda birikimi	40
Tablo 4.26 S konsantrasyonunun yıllara göre değişimi	41
Tablo 4.27 K konsantrasyonunun organlarda birikimi	42
Tablo 4.28 K konsantrasyonunun yıllara göre değişimi	43
Tablo 4.29 Mg konsantrasyonunun organlarda birikimi.....	44
Tablo 4.30 Mg konsantrasyonunun yıllara göre değişimi.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Derece/santigrat
cm	: Santimetre
gr	: Gram
ml	: Mili litre
HNO ₃	: Nitrik asit
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
ppb	: Milyarda bir
Al	: Alüminyum
Ag	: Gümüş
As	: Arsenik
Au	: Altın
B	: Bor
Ba	: Baryum
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Ga	: Galyum
Hg	: Cıva
K	: Potasyum
Li	: Lityum
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
S	: Kükürt
Se	: Selenyum
Sr	: Stronsiyum
V	: Vanadyum
Zn	: Çinko

Kısaltmalar

SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
------	---

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun son yıllarda hızla artışı ile beraber insanların kolaylıkla yaşamlarını sürdürebilmeleri için yaşam, barınma, sağlık ve gıda gibi ihtiyaçlarının da aynı oranda artması gerekmektedir (Kilicoglu vd., 2021). Dolayısıyla artan ihtiyaçların karşılanması amacıyla yapılan üretim faaliyetlerine bağlı olarak çevre de aynı hızda kirlenmektedir. Çevremizin kirlenmesi başlıca iki ana yolla gerçekleşmektedir. Bunların birincisi doğal yollarla, yani insan dışındaki tüm canlı topluluklarının atıkları ile olmaktadır. Doğal yol ile kirlenmede doğa geri dönüşüm mekanizması sayesinde kirliliği kısa sürede temizleyebilmektedir. İkincisi ise insanların direkt neden olduğu kirliliktir. İnsan kaynaklı bu kirlilikler (özellikle endüstriyel faaliyetler ve taşıtların egzoz dumanlarından kaynaklanan emisyonlar) başta iklim olmak üzere ekosistemde uzun süre olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Elsunousi vd., 2021; Isinkaralar, 2023; Sevik vd., 2020a).

Özellikle havada biriken ağır metallerin yağmur suyu ile birlikte yeryüzüne inmesi ve havada asılı halde bulunan kirliliğin solunum yolu ile teneffüs edilmesi sonucunda insanlar birçok hastalığa yakalanmakta ve bu hastalıklar insan sağlığı üzerinde ciddi problemlere sebep olmaktadır. Ağır metaller doğada bozulmadan çok uzun süre kalabilmekte ve çevremizdeki konsantrasyonu da sürekli artış göstermektedir (Elajail vd., 2022; Uzun Ozel vd., 2020). Ayrıca biyobirikme eğilimindedirler. Bundan dolayı özellikle insanların yoğun bulunduğu yerleşim yerlerindeki ağır metal konsantrasyonlarının tespit edilmesi, riskli bölgelerin ve düzeyinin saptanması büyük önem taşımaktadır. Ancak, atmosfer kirliliğinin doğrudan tespitinde iki önemli ana problem vardır. Bunlardan ilki pahalı olması ikincisi ise atmosferik kirliliğin ekosistem üzerindeki doğrudan etkisinin belirlenememesidir (Alahabadi vd., 2017; Cetin vd., 2017a; Sevik vd., 2015; Turkyilmaz vd., 2018a)

Ağır metal kirliliğinde bitki veya ağaç türlerin biyomonitör olarak kullanılabilmesi için belirli niteliklere sahip olması gerekir. Bu özelliklerden ilki, seçilen organizmaların ağır metal biriktirme yeteneğine sahip olmaları, ancak ağır metallerin düşük konsantrasyon değerlerinin etkisinin bir sonucu olarak hemen ölmemeleri

gerektiğidir (Isinkaralar, 2022a; Turkyilmaz vd., 2018c). Ayrıca bu türler örnekleme yapılan bölgede istikrarlı bir şekilde yaşamalı, çalışma alanında bol miktarda bulunmalı ve istenildiğinde örnekleme yapılabilmelidir (Wannaz vd., 2012). Bu yüzden elde edilmesi kolay olmalıdır. Ayrıca, biyomonitör olarak kullanılan organizmalardaki ağır metal konsantrasyonu ile ortamdaki ağır metal konsantrasyonu arasında bir korelasyon bulunabilmeli ve bunları analiz etmek için de yeterli miktarda organ veya doku sağlanmalıdır (Mahapatra vd., 2019).

Hem bitkilerin kökleri vasıtasıyla toprakta bulunan ağır metalleri dokularına alması hem de toprak üstü organları vasıtasıyla havadan hücresel yapılarına aldıkları ağır metalleri biriktiriyor olmaları onları iyi birer indikatör yapmakta ve metallerin havadaki konsantrasyon değerleri hakkında kayda değer bilgiler sağlamaktadır (Sulhan vd., 2022). Hava kirliliğinin dolaylı yoldan tespitinde ağaçlar uzun yıllar boyunca, özellikle taşıt trafiğinin yoğunlukta olduğu kesimlerde fosil yakıtlarından kaynaklanan ağır metalleri ağacın yapraklarında, meyvelerinde, gövde kısımlarında, köklerinde ve kabuklarında biriktirerek zamanla havada biriken ağır metal konsantrasyonundaki artışın miktarını ve seyrini bizlere göstermektedir. Bitki türleri hava içerisinde bulunan ağır metal kirliliğini bizlere en iyi gösteren biyoidikatörlerdendir (Janta vd., 2017; Shahid vd., 2017). Bundan dolayı ağaçların çeşitli organları ağır metal konsantrasyonunun tespitinde uzun süredir kullanılmaktadır (Sawidis vd., 2011; Shahid vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2018a,b).

Ağır metal konsantrasyonunun tespitinde en çok kullanılan bitki organı yapraklardır. Bunun başlıca nedenleri arasında, yaprakların fotosentez yaptığı sırada açık olan stomaları vasıtasıyla ağır metalleri hücre içerisine alarak biriktirmeleri, yaprakların toplanıp analiz edilmesinin ağaca kalıcı bir zarar vermemesi, yaprak yaşlarının bilindiği için biriken ağır metallerin ne kadar bir süreç sonunda biriktiğinin tespit edilmesi sayılabilir (Sevik vd., 2020b,c). Aslında ağaçlar; algler, yosunlar ve mantarlara kıyasla daha iyi bir indikatör değillerdir. Fakat ağaçların, şehir bölgesindeki yer alan her alanda peyzaj çalışmaklarında kullanılması ve diğer indikatör bitki türlerine kıyasla daha uzun sürelerine sahip olmaları onlar üzerinde yapılan bilimsel araştırmalarda bilim insanlarına geçmiş dönemlerdenn günümüze kadar geçen

zamanda havada oluşan ağır metal kirliliğindeki değişim hakkında daha fazla bilimsel veri sağlamaktadır (Sawidis vd., 2011; Shahid vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2018a)

Özellikle taşıt trafiğin yüksek yoğunlukta olduğu yerlerde uzun yıllar yaşayan ağaç türleri, bu alanlardaki ağır metal birikimi hakkında önemli bilimsel veriler sağlamaktadır. Bu konuda özellikle göknar, ladin, am gibi herdem yeşil ve ibreleri uzun yıllar dalları üzerinde kalabilen ve ibre yaşları net olarak tespit edilebilen türlerin ibre yaprakları yakın geçmiş dönemdeki ağır metal birikiminin tespiti konusunda son derece elverişlidir (Sevik vd., 2017a; Turkyilmaz vd., 2018a). Ancak bu yolla en fazla 8-10 yıllık geçmişe dair bilimsel veriler elde edilebilmektedir. Daha uzun süre öncesine dair bilimsel verilerin elde edilebilmesi için ise ağaçların başka organları kullanılmaktadır.

Uzun süreli kirliliğe maruz kalan ağaçların odun kısmında oluşan yıllık halkalarda da ağır metal birikimi gerçekleşmektedir. Birçok alışma, ağaçların yıllık büyüme halkalarında kirleticileri biriktirme kabiliyeti olduğunu göstermiştir (Perone vd., 2018). Biriktirdikleri bu ağır metaller havadaki kirliliğin geçmişi hakkında önemli bilgiler vermektedir. Zira ağaç türlerinde yıllık halkalar ağacın yaşı ile ilgilidir ve doğada binlerce yıl yaşayabilen ağaç türler bulunmaktadır. Ağaç halkaları kirliliğin bir göstergesi olarak kullanılabilmekte ve ağacın yetiştiği yöredeki kirliliğe sebep olan element dağılımı ve kronolojisi hakkında önemli veriler sağlarlar (Beramendi- Orosco vd., 2013a,b).

Ağaçların yıllık halkalarındaki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ile ağır metal kirliliğinin geçmişten günümüze değişimi konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Cesur vd., 2021; Koç, 2021; Savas vd., 2021; Yayla vd., 2022). Ancak bu çalışmalarda daha ziyade tek bir ağaçtaki değişim değerlendirilmiştir.

Ankara, 2019 yılında Avrupa'nın en kirli şehirlerinden ($PM_{2,5} - 18,4 \mu g/m^3$) birisi olmuştur (IQAir, 2019). Bu çalışmada ise; Türkiye'nin başkenti ve büyük şehirlerinden birisi olan Ankara'da yetişen 5 farklı ağacın yıllık halkalarında biriktirdiği ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Böylece direkt olarak ölçülemeyen havadaki ağır metal konsantrasyonunun geçmişten

günümüze değişimin belirlenmesi hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında ayrıca, yakın geçmişe yönelik olarak ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesinde, bu türlerin kullanılabilme potansiyelleri ile hangisinin bu amaç için daha uygun olduğu da belirlenmeye çalışılmıştır.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Canlıların yaşamlarını sürdürdüğü dış ortama ekosistem yani bir diğer deyişle çevre denmektedir. Bu çevrenin fiziksel öğelerini hava, su ve toprak, biyolojik öğelerini ise insan, bitki, mikroorganizmalar ve hayvanlar oluşturmaktadır (Cetin vd., 2023; Tandogan vd., 2023). Doğal kaynakların fazla kullanılması ve tahrip edilmesi sonucu çevrenin dengesi bozulmakta ve bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların genel adına ise "çevre kirliliği" denmektedir (Arıcak vd., 2016; Aydogdu ve Sevik, 2015; Cetin vd., 2017a,b,c). Teknoloji ve sanayileşme ile insanların ihtiyaç ve istekleri oldukça artmıştır. Bu ihtiyaçları karşılamak üzere üretilen mallarla birlikte istenmeden oluşan yan maddelerde ortaya çıkmakta ve kirliliğe sebep olmaktadır (Bayraktar, 2021; Kaplan vd., 2021; Shahid vd., 2017). Katı, sıvı ve gaz atıklarının neden olduğu bu sorunlar çevre kirliliği başlığı altında hava, su ve toprak kirliliği gibi problemlere yol açmaktadır. Hepsi kendine göre oldukça önemli olan problemler olup bunların içerisinde neredeyse en kısa vadede etkisini gösteren sorun hava (Cetin vd., 2019a,b; Isinkaralar vd., 2015; Sevik vd., 2017b; Sevik, 2020a), su (Ucun Ozel vd., 2019) ve toprak (Cetin vd., 2019c; Cetin vd., 2022a,b) kirliliği olarak söylenebilmektedir. Birçok sebepten dolayı hava, su ve toprakta bulunan ağır metaller tüm canlı sistemini olumsuz yönde etkilemektedir (Cetin vd., 2021; Elajail ve Sevik, 2022).

Birçok toksik ve öldürücü etkiye sahip ağır metallerin canlılar açısından tehdit oluşturduğu bilinmektedir (Kuzmina vd., 2023). Ağır metal kirliliğini izlemek için genel olarak biyomonitörler kullanılmaktadır (Alaqouri vd., 2020; Arıcak vd., 2020). Fakat yapılan çalışmalar çerçevesinde hangi canlı organizmaların en uygun biyomonitör olduğu henüz kesin olarak belirlenememiştir (Weinstein ve Davison, 2003). Ağaçların uygun biyomonitörler olabileceği söylenebilir. Ancak ağaçların etkili biyomonitörler olarak kullanılmasındaki en büyük sorun, bu canlıların ağır metal kirliliğine ne kadar süre maruz kaldığının tahmin edilememesidir (Isinkaralar vd., 2022; 2023a). Bu nedenle, araştırma yoluyla elde edilen ağır metal konsantrasyonunun ne kadar sürede biriktiğini doğru bir şekilde bilmek mümkün olmayacak ve aynı zamanda verilerin güvenilirliği konusunda şüphe uyandıracaktır (Aboal vd., 2010).

Bir türün biyomonitör olarak kullanılabilmesi için ağır metal biriktirme yeteneğine sahip olmasıyla birlikte ağır metallerin düşük konsantrasyon değerlerinin etkisinin bir sonucu olarak ölmemeleri, örneklenecekleri bölgede istikrarlı bir şekilde yaşaması, çalışma alanında bol miktarda bulunması ve istenildiğinde örnekleme yapılabilmesi için elde edilmesinin kolay olması, biyomonitör organizma bünyesindeki ağır metal konsantrasyonu ile ortamdaki ağır metal konsantrasyonu arasında bir korelasyon bulunabilmesi ve bunları analiz etmek için de yeterli miktarda organ veya doku sağlanması gerekmektedir (Mahapatra vd., 2019; Sevik, 2020a). Bu özellikler açısından bakıldığında ağaçların iyi biyomonitörler olduğu değerlendirilmiş, ağaçlar üzerinde ağır metal konsantrasyonlarını belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır (Bajpai vd., 2009; Paoli vd., 2019; Turkyilmaz vd., 2020).

Ağaçların yaygın olarak kullanılmasının en önemli nedeni, kendi ihtiyaçlarından çok daha fazla miktarda çeşitli elementler içermeye eğiliminde olmalarıdır (Ozel vd., 2020; Salemaa vd., 2004). Ayrıca zaman içindeki ağır metal kirliliğinin değişimini izlemede 1970'lerden beri biyomonitör olarak kullanılmaktadır (Lehndorf ve Schwark, 2009; Stanković vd., 2018; Torres vd., 2008). Ağaçların özellikleri göz önüne alındığında, bir ağaç ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin çoğunu dalları veya yaprakları ile doğrudan temas halinde olan sudan elde etmektedir. Ağaçlar genellikle yağmurdan sonra gelen suyu tutmaktadırlar. Bu nedenle ağaçlar, atmosferik birikime biyolojik olarak maruz kaldıkları ve organlarında biriken metal konsantrasyonları kirlleticilerin yönü, miktarı ve kirleticili kaynakları hakkında bilgi verdiği için yararlı bir biyomonitör haline gelmiştir. Dolayısıyla ağaçları biyomonitör olarak kullanarak birçok çalışma yapılmıştır (Bonanno ve Orlando-Bonaca, 2017; Cetin vd., 2018a,b; González., 1996; Key vd., 2022; Sevik vd., 2019a, b; Yiğit vd., 2019).

Örneğin; Işınkaralar, (2022a) *Ailanthus altissima* (Mill.) adlı ağaç türünü Ankara şehir merkezinde atmosferik kirliliği belirlemek için uzun vadeli biyomonitör olarak kullanıp diğer bir çalışmada peyzaj, park ve yol kenarlarındaki yüksek kirlilik altında yetişen bitkilerde ağır metal kirliliğini analiz etmiştir (Işınkaralar, 2022b). Sevik vd., (2019b) Pb, Cr ve Cu konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimlerini incelemişlerdir. Arıçak vd., (2019; 2020) Ankara ile İstanbul arası yol güzergahında bulunan *P. sylvestris* türünde trafiğe bağlı ağır metal değişiminin

izlenmesinde iyi bir biyomonitör olup olmadığını belirlerken diğer bir çalışmada aynı güzergahtaki aynı türün (*P. sylvestris*) dallarında ve ibrelerinde Ni, Cr ve Zn element konsantrasyonlarının değişimlerini tespit etmişlerdir. Sevik vd., (2019c) *A. altissima*, *Biota orientalis*, *Platanus orientalis* ve *Pyracantha coccinea* türlerinin yaprakları, tohumları ve dallarında Ni, Pb ve Cd konsantrasyonlarındaki değişimleri incelemişlerdir.

Ullah ve Khan, (2022) Pakistan'ın Hayber Pakhtunkhwa bölgesinde *X. strumarium* L. türünde Pb, Cd, Zn ve Cu elementlerinin değişimini incelemişlerdir. Tuna vd., (2022) Türkiye'de dört farklı lokasyonda yetiştirilen beş *Brassicaceae* türünde Cr, Pb, Zn, Cu ve Cd içeriklerini, Alhesnawi, (2023) ise Kerbela kentinde bazı bitkilerde, Pb, Cd, Cr ve Ni konsantrasyonlarını değerlendirmişlerdir. Tommasini vd., (2000) İtalya'nın Firenze kentindeki ağaç halkalarının Pb izotop analizlerini kullanarak ağır metalin zamansal kirliliğini araştırmışlardır. Jiang vd., (2018) Çin'in Wuhan kent merkezinde bulunan *Haplocladium angustifolium*, *Cinnamomum bodinieri*, *Osmanthus fragrans* türlerinde ve alt topraklarındaki As, Ag, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Mn, V, Ni, Zn ve Pb elementlerini incelemişlerdir. Alaqouri vd., (2020) Rusya'da bulunan magnezit madeninin yakınlarından alınan *P. sylvestris* L. türünün ibrelerinde Zn, Ba, Cd, Se, K ve Na elementlerinin birikimini değerlendirmişlerdir.

Istanbullu vd., (2023) Samsun şehrinden örneklendirdiği yol tozlarında K, Mn, B, Co, Cd, Cr, Cu, Ga, Li, Mg, Na, Pb, Ni, Zn, Ag, S ve K elementleri üzerinde çalışmışlardır. Cobanoğlu, (2019) *Picea pungens* türünde yıkanmış ve yıkanmamış ibrelerde, kabukta ve dallarda Al, Ca, Fe, Mg, Li, Mn, Ba, Na ve K konsantrasyonlarının değişimlerini, Erdem, (2018)'de Ankara da *A. altissima*, *B. orientalis*, *P. orientalis* ve *P. coccinea* türlerinde tohum, dal ve yapraklarda Ba, Cd, Cu, Fe, K, Ni ve Pb elementlerinin değişimlerini incelemiştir. Sevik vd., (2019a) Kastamonu'da birden fazla bitki türünde Ni, Cd ve Zn elementlerinin konsantrasyon değişimlerini trafik yoğunluğunu baz alarak değerlendirmişlerdir. Liu vd., (2022) Çin'in yol kenarlarındaki *A. altissima*, *Broussonetia papyrifera*, *Pinus tabulaeformis* ve *Rhus typhina* türlerinde Pb, Cr, Mn, Cu ve Zn konsantrasyonlarını incelemişlerdir.

Hmeer, (2020) Samsun’da *Tilia tomentosa*, *Aesculus hippocastanum*, *Ligustrum vulgare* ve *Catalpa bignoides* türlerinin yaprak, kabuk ve odunlarında Zn, Ba, Sr, Fe, Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının değişimlerini incelemiştir. Chen vd., (2021) Çin’in Fuhou kentinde *Pinus massoniana* ağaç halkalarında Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Pb, Co ve Sr elementlerinin değişimlerini, Xu vd., (2017)’de Çin’in Şangay kentinde hem ağaç halkalarında hem de topraklarda Cu, Zn, Pb ve Cd element konsantrasyonlarını analiz etmişlerdir. Isinkaralar, (2022c) Kastamonu kent merkezindeki *Cedrus atlantica* türünün organlarında Pb ve Cd konsantrasyonlarını incelemiştir. Nechita vd., (2021) *Quercus robur* L.’nin ağaç halkalarında Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Mo, Ağ, Cd, Hg ve Pb elementlerinin zamansal değişikliklerini tespit etmişlerdir. Anagha vd., (2022) Güney Hindistan’da belirli alanlardan alınan yumuşakçalarda ve ekinodermelerde Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının üzerinde çalışmışlardır.

Turkyılmaz vd., (2019) Ankara’da bazı türlerde son 20 yıldaki Al, Zn, Cu, Co, Fe, Mn, Cr, Cd, Na, Ca, Ba, P, Mg, As ve B konsantrasyonlarının değişimlerini, Sevik vd., (2020a) Kastamonu ilinde bazı türlerin ağaç halkalarındaki Pb, Co ve Fe elementlerinin değişimlerini incelemiştir. Turkeyılmaz vd., (2018c) farklı trafik yoğunluğuna sahip alanlardan örneklenen bazı peyzaj bitkilerinde farklı ağır metal konsantrasyonlarının değişimini belirlemiştir. Mao vd., (2022) Çin’in güneybatısında bir turizm şehrinde yosun torbalarını biyomonitör olarak ağır metal kirliliğindeki zamansal ve mekânsal farklılıkları incelemiştir. Li, P. vd., (2023) *Pinus tabulaeformis* türü üzerinde çalışarak Pb, Zn, Cu, As, Cd, Co, Cr ve Ni konsantrasyonlarının değişimlerini analiz etmişlerdir. Koç, (2021) Kastamonu ilinde gerçekleştirdiği çalışmada *C. atlantica* türünün yıllık halkalarında Ni ve Co konsantrasyonlarını incelemiştir.

Key ve Kulaç, (2022) *Corylus colurna* ağacında yıllık halkaları yardımıyla son 180 yıldır Pb, Cr ve Zn konsantrasyon değişimlerini incelemiştir. Nekhoroshkoy vd., (2022) Kırım dağlarındaki yosunları biyomonitör olarak kullanarak Al, V, Cr, Fe, Ni ve As konsantrasyonlarının değişimlerini belirlemiştir. Koç vd., (2022) *A. hippocastanum* L., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Tilia platyphyllos* Scop., *Acer negundo* L. ve *A. altissima* (Mill.) Swingle türlerinin dal, yaprak ve tohumlarındaki K ve Mg

konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Karacocuk vd., (2022) *Robinia pseudoacacia*, *P. orientalis*, *A. negundo*, *Ulmus minor* ve *Nerium oleander* türlerinin yaprak, kabuk ve odununda yıkama işlemi yapılarak Cr ve Mn konsantrasyonlarındaki değişimi incelemişlerdir.



3. MATERYAL VE METOT

Çalışma Ankara ilinin yol kenarındaki peyzajdan trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yetişen 5 adet ağacın yıllık halkaları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ankara, Türkiye'nin başkenti olup, trafik yoğunluğu başta olmak üzere antropojenik kaynaklı ağır metal kirliliğinin çok yüksek düzeyde olduğu illerden birisidir (Cetin vd., 2022a,b). TÜİK verilerine göre Ankara'nın nüfusu hızla artmakta olup, 1990 yılında 3.236.626 olan toplam nüfus 2023 yılı verilerine göre 5.846.533'e ulaşmıştır (TÜİK, 2023).

Bu sebeple çalışma Ankara ilinden toplanan bitkiler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan türler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan türler

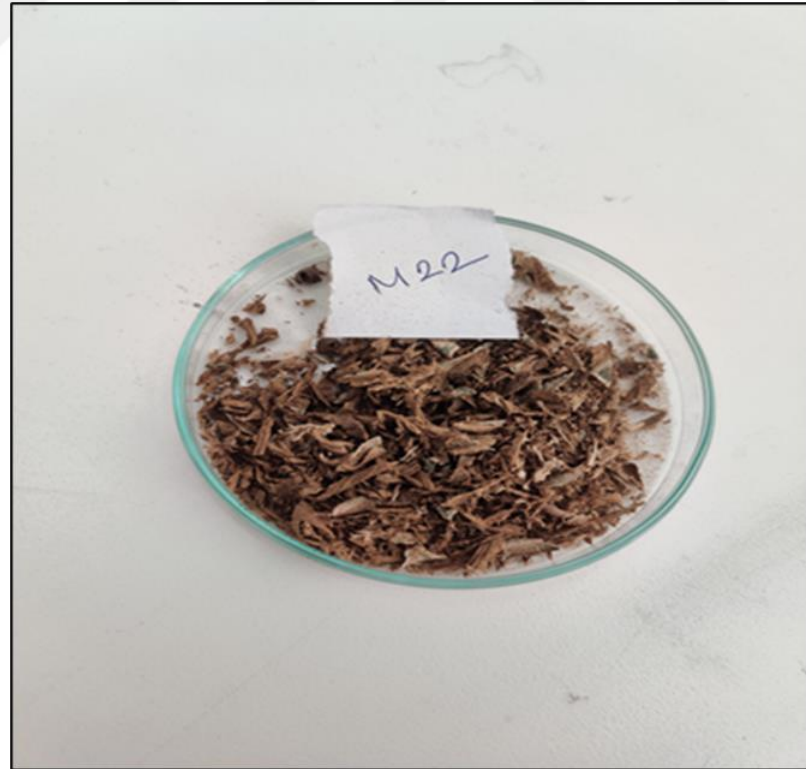
Tür Kısaltması	Tür Latince Adı	Tür Türkçe Adı
<i>El. an.</i>	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	İğde
<i>Pla. or.</i>	<i>Platanus orientalis</i> L.	Doğu Çınarı
<i>Ko. pa.</i>	<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm	Güvey Kandili
<i>Ail. alt.</i>	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Kokarağaç
<i>Ced. at.</i>	<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Manetti ex Carr.	Atlas Sediri

Örnekler, 2020 yılının sonunda, vejetasyonun bitmesini takiben aralık ayı içerisinde kesilerek alınmış ve laboratuvara getirilmiştir. Daha sonra laboratuvarında 1 cm kalınlığında disk şeklinde kesilmiş ve yüzeyi zımparalanarak yıllık halkaların net bir şekilde görülebilmesi için pürüzsüz bir hal alması sağlanmıştır.

Çalışma kapsamında ağaçların yıllık halkaları incelenerek çalışma amacına uygun olanlar yıllık halka genişliklerine göre seksiyonlara ayrılmıştır. Belirlenen seksiyonlardan çelik uçlu matkap yardımıyla odun örnekleri alınmıştır. Tez aşamasında, bu odun örnekleri parçalanarak talaş haline getirilmiştir (Şekil 3.1). Bu işlemler sırasında çalışmaya konu metallerden imal edilmiş aletlerin kullanılmamasına özen gösterilmiştir. Numuneler 30 gün oda kurusu hale gelene kadar bekletilip, sonra etüvde 50 °C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur (Şekil 3.2).



A



B

Şekil 3.1 Talaş haline getirilmiş odun parçaları



Şekil 3.2 Etüvde kurutulan numuneler

Kurutulmuş numunelerden 0,5 gr alınıp üzerine 6 ml %65'lik HNO_3 ve 2 ml %30'luk H_2O_2 eklenerek mikrodalga fırınına yerleştirilmiştir. Mikrodalga cihazının programı, 15 dk da 200 °C ye çıkıp 15 dk 200 °C de kalacak şekilde ayarlanmıştır. Örnekler Milostone marka, Ethos one model mikro dalga fırınında yakıldıktan sonra, çözelti haline geçmiş numuneler balonlara alınıp ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanarak GBC Integra XL –SDS-270 ICP-OES cihazı yardımıyla elementler analizleri için hazır hale getirilmiştir. Daha sonra örneklerin analizi için ICP cihazının plazması yakılmış ve dengeye gelmesi için sistemden 15 dk ultra saf su geçirilmiştir.

Analiz edilecek Cr (krom), Mn (mangan), Fe (demir), Ni (nikel), Cu (bakır), Zn (çinko), Cd (kadmiyum), Al (alüminyum), B (bor), Ba (baryum), Au (altın), V (vanadyum), S (kükürt), K (potasyum) ve Mg (magnezyum) elementlerine göre standart çözeltiler hazırlanarak kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Kalibrasyon grafiği oluşturulduktan sonra numuneler sisteme verilmiş ve okuma işlemi yapılmıştır. Numune 0,5 gr alınıp su ile 50 gr'a tamamlandığı için analiz sonuçları 100 ile çarpılmıştır. Kalibrasyon grafiği içine düşmeyen analiz sonuçlarına göre ppm veya ppb seviyesinde farklı kalibrasyon grafikleri oluşturulup tekrar okuma yapılmıştır. Bu yöntem son yıllarda, hem çalışmada olduğu gibi odun analizlerinde (Isinkaralar vd.,

2023b; Key vd., 2022), hem toprak analizlerinde (Istanbulu vd., 2023), hem de yaprak, kabuk, meyve gibi muhtelif bitki organlarının analizlerinde (Erdem vd., 2023a,b; Ghoma vd., 2023) en sık kullanılan analiz yöntemlerindendir.

Çalışmada bütün ölçümler üç tekrarlı olarak yapılmış ve elde edilen veriler SPSS paket program yardımıyla değerlendirilmiştir. Çalışmada verilerin değerlendirilmesi SPSS 22.0 paket programı yardımıyla Varyans analizi uygulanarak yapılmış, istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar çıkan verilere Duncan testi uygulanmıştır.



4. BULGULAR

4.1 Krom (Cr) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında Cr konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Cr konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
DKa	2483,2 B	4176,0 Dc	1899,8 Ac	3937,6 Cb	3914,6 Cc	8819,1***
İKa	964,8 A	1162,0 Cb	1045,0 Bb	1180,5 Ca	1029,6 Bb	181,6***
Odun	1405,4 B	986,7 Aa	893,6 Aa	1004,2 Aa	911,5 Aa	8,5***
F	3,2 ns	1399,1***	965,3***	276,5***	6602,9***	

DKa: Dış kabuk, İKa: İç kabuk, ns: istatistiki olarak güven düzeyinde anlamlı değildir ($p>0,05$). F = F değeri, LA = Limit altı. ***: istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,001$). Büyük harfler yatay, küçük harfler dikey yöndeki faktörler arasındaki farklılıkları göstermektedir. Bu açıklamalar tek sayılı tüm tablolar için geçerlidir.

Tüm türlerin Varyans analizi sonuçları incelendiğinde Cr konsantrasyonunun *Elaeagnus angustifolia* L. dışındaki türlerde organ bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

Platanus orientalis L., *Koelreuteria paniculata* Laxm, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de en düşük konsantrasyonlar sırasıyla 986,7 ppb, 893,6 ppb, 1004,2 ppb ve 911,5 ppb olarak odunda elde edilirken aynı türlerde en yüksek konsantrasyonlar da sırasıyla 4176,0 ppb, 1899,8 ppb, 3937,6 ppb ve 3914,6 ppb olarak DKa'da elde edilmiştir. Ayrıca değerler incelendiğinde *Platanus orientalis* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de odun ve dış kabuktaki Cr konsantrasyonları arasında yaklaşık 4 kat fark olduğu görülmektedir.

Cr konsantrasyonunun bütün organlarda tür bazında değişimi istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeydedir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde DKa'da en düşük değer (1899,8 ppb) *Koelreuteria paniculata* Laxm, en yüksek değer (4176,0 ppb) *Platanus orientalis* L.'de İKa'da ise en düşük değer (964,8 ppb) *Elaeagnus angustifolia* L., en

yüksek değerlerin ise (1162,0 ppb) *Platanus orientalis* L. ve (1180,5 ppb) *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de elde edildiği görülmektedir. Odunda Duncan testi sonucunda iki grup oluşmuş, en yüksek değerin elde edildiği *Elaeagnus angustifolia* L. ikinci grupta, diğer türlerin tamamı ilk grupta yer almıştır.

Cr konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2 Cr konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yıl	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
2018-2020	1562,5 Df	997,1 Cd	LA	859,4 Aab	949,9 Bf	4780,9***
2015-2017	1771,4 Dg	1016,4 Ce	906,7 Ab	894,5 Ab	956,5 Bf	1725,6***
2012-2014	1008,9 Cc	1003,2 Cde	911,1 Bb	1566,4 Df	874,8 Ab	3175,9***
2009-2011	889,9 Ba	917,1 Ca	866,2 Aa	1222,1 De	859,3 Aa	818,9***
2006-2008	960,1 Cb	907,2 Ba	857,2 Aa	966,7 Cc	903,8 Bd	70,9***
2003-2005	1050,6 Dd	944,1 Cb	913,3 ABb	892,2 Aab	924,5 BCe	81,4***
2000-2002	918,1 Ba	1276,0 Cf	858,1 Aa	855,9 Aa	877,2 Abc	727,1***
1997-1999	1057,2 Dd	924,5 Ca	891,9 Bb	868,0 Aab	889,8 Bc	131,4***
1994-1996	1132,7 Ee	907,0 Ca	856,8 Aa	892,4 Bab	1005,0 Dg	729,1***
1991-1993	3702,4 Ch	974,8 Bc	981,0 Bc	1024,4 Bd	874,8 Ab	3818,5***
F	5317,9***	335,2***	34,3***	406,1***	114,31***	

Cr konsantrasyonunun bütün türlerde yıl ve bütün yıllarda da tür bazında değişimlerinin varyans analizi sonuçları incelendiğinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

Değerler incelendiğinde sadece 1991-1993 yılında oluşan odunlarda 3702,4 ppb değerinin elde edildiği, bunun dışında Cr konsantrasyonunun oldukça dar bir aralıkta (855,9-1771,4 ppb) değişim gösterdiği incelenmiştir. Hem türlerde yıl bazında hem de yıllarda tür bazında belirgin bir değişim görülmemektedir. Bununla birlikte genel olarak en yüksek değerler *Elaeagnus angustifolia* L.’de en düşük değer de *Koelreuteria paniculata* Laxm’de elde edilmiştir. Ayrıca 2018-2020 yılında *Koelreuteria paniculata* Laxm’de Cr konsantrasyonu limit altında kaldığı dikkat çekmektedir.

4.2 Mangan (Mn) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında Mn konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 Mn konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
DKa	25.079,2Ac	32.774,3 Bc	39.166,7 Cc	49.260,8Dc	49.797,9 Ec	33.754,3***
İKa	11.296,0 Cb	9878,2 Bb	13.501,8 Db	7497,2 Ab	32.127,1 Eb	196.352,1***
Odun	4880,6 Ca	1959,6 Aa	3081,4 Ba	2770,6 Ba	2029,1 Aa	21,3***
F	1115,1***	25.023,9***	1389,7***	494,8***	5329,5***	

Bütün organlarda tür bazında ve tüm türlerde de organ bazında değişimi gösterir tablo değerleri incelendiğinde Mn konsantrasyonlarının istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Değerler incelendiğinde DKa'da en yüksek değer *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 49.797,9 ppb, en düşük değer *Elaeagnus angustifolia* L.'de 25.079,2 ppb olarak elde edildiği belirlenirken İKa'da ise en düşük değer *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 7497,2 ppb, en yüksek değer *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 32.127,1 ppb olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde odunda da en yüksek değer *Elaeagnus angustifolia* L.'de 4880,6 ppb, en düşük değer ise *Platanus orientalis* L.'de 1959,6 ppb olduğu görülmektedir. Öte yandan *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de odun ve DKa arasında 24,5 kattan fazla fark olması dikkat çekmektedir.

Mn konsantrasyonlarının tüm türlerde organ bazında değişimi Odun<İKa<DKa şeklinde sıralanmıştır. Genel olarak tabloya bakıldığında en düşük değer 1959,6 ppb ile *Platanus orientalis* L.'de odunda, en yüksek değer ise 49.797,9 ppb ile *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de DKa'da olduğu görülmektedir. En yüksek değer en düşük değerden yaklaşık 26 kat fazla olduğu belirlenmiştir.

Mn konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4 Mn konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yıl	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
2018-2020	4855,0 De	2427,7 Ci	LA	1606,8 Bc	1124,8 Aa	91.962,8***
2015-2017	6468,2 Ej	1936,4 Bf	3693,5 Dh	2632,0 Ci	1188,4 Ab	131.053,8***
2012-2014	4182,4 Dc	1935,9 Bf	3618,0 Cg	10.356,4 Ej	1806,0 Af	268.140,4***
2009-2011	3882,3 Da	1682,9 Ab	6054,6 Ei	2569,2 Ch	2066,5 Bg	160.279,7***
2006-2008	4985,1 Df	1859,2 Bc	2431,6 Cd	1693,7 Ad	1696,0 Ae	57.636,2***
2003-2005	5487,6 Di	1875,8 Bd	1890,1 Ba	2247,2 Cg	1400,4 Ac	104.508,4***
2000-2002	5243,2 Eg	2005,3 Cg	2125,2 Db	1534,4 Ab	1443,9 Bd	54.810,8***
1997-1999	5364,9 Eh	1910,8 Be	2543,6 Ce	1861,5 Af	3665,2 Di	158.393,5***
1994-1996	4115,5 Eb	1621,7 Ba	2338,1 Cc	1472,0 Aa	3812,4 Dj	24.702,9***
1991-1993	4221,5 Ed	2340,8 Ch	3037,6 Df	1732,7 Ae	2087,2 Bh	20.516,3***
F	10.349,0***	5939,9***	48.275,7***	139.280,6***	48.481,7***	

Mn konsantrasyonunun da varyans analizi sonucunda bütün türlerde yıl ve bütün yıllarda da tür bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

En yüksek değerler 2012-2014 yıllarında *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de, 2009-2011 yıllarında *Koelreuteria paniculata* Laxm’de elde edilirken diğer tüm yıllarda en yüksek değer *Elaeagnus angustifolia* L.’de elde edilmiştir. Bunun dışında *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de elde edilen konsantrasyonlar 1999 yılına kadar yüksek olsa da bu tarihten sonra genel olarak en düşük değerlerin *Platanus orientalis* L. ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de elde edildiği görülmektedir.

Odunlarda farklı yıllarda *Platanus orientalis* L. ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de elde edilen konsantrasyonlar arasında önemli ölçüde fark bulunmaması dikkat çekmektedir. Diğer türlerde ise farklı yıllarda elde edilen konsantrasyonlar arasında önemli ölçüde fark bulunmaktadır. Dikkat çeken diğer bir husus ise *Koelreuteria paniculata* Laxm’ün 2018-2020 yıllarında limit altında kalmasıdır.

4.3 Demir (Fe) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında Fe konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5 Fe konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
DKa	671,7 Bb	1812,8 Cc	597,9 Ac	1838,1 Db	1831,6 Dc	59.418,4***
İKa	49,0 Ba	97,2 Db	128,5 Eb	27,6 Aa	92,8 Cb	32.895,9***
Odun	67,4 Ca	71,8 Ca	29,2 ABa	24,2 Aa	40,6 Ba	21,7***
F	490,7***	23.543,0***	2024,1***	34.466,9***	3492,6***	

Fe konsantrasyonunun bütün türlerinin organ bazında değişim değerleri incelendiğinde istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçlarına bakıldığında *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de iki farklı homojen grubun olduğu diğer türlerde ise her bir organın ayrı bir grup oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek değerlerin *Elaeagnus angustifolia* L.'de 671,7 ppb, *Platanus orientalis* L.'de 1812,8 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 597,9 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 1838,1 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de ise 1831,6 ppb olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca her bir türün en yüksek değerleri DKa'da görülmesi dikkat çekmektedir. Fe konsantrasyonunun değişimi Odun<İKa<DKa olarak gösterilebilmektedir.

Tüm organların tür bazında değişim değerlerini gösterir tablo değerleri incelendiğinde istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçları göz önüne alındığında DKa'nın ve Odunun 4 farklı homojen grup, İKa'nın ise 5 farklı homojen grup oluşturduğu görülmektedir. En yüksek değerlere bakıldığında Dka'da 1838,1 ppb ile *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de, İKa'da 128,5 ppb ile *Koelreuteria paniculata* Laxm'de odunda ise 71,8 ppb ile *Platanus orientalis* L. de olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca en düşük değerlerin de DKa'da 597,9

ppb ile *Koelreuteria paniculata* Laxm'de İKa'da ve odunda 27,6 ppb ile 24,2 ppb olarak *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle de olduğu belirlenmiştir.

Fe konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6 Fe konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
2018-2020	95,9 Di	79,0 Cf	LA	16,0 Ab	21,8 Bb	75.925,2***
2015-2017	93,1 Eg	66,1 Dd	42,6 Bh	22,1 Ad	43,7 Ch	67.898,7***
2012-2014	46,0 Cd	82,9 Dg	37,1 Bg	56,3 Eg	21,9 Ab	23,7***
2009-2011	23,5 Da	50,9 Ea	22,7 Cd	18,3 Bc	17,1 Aa	47.129,0***
2006-2008	49,5 De	59,7 Eb	15,5 Ab	21,7 Bd	24,4 Cd	40.411,7***
2003-2005	70,7 Ef	59,8 Db	25,2 Be	24,0 Ae	34,4 Cf	52.325,9***
2000-2002	36,1 Dc	92,3 Eh	9,7 Aa	24,0 Be	28,4 Ce	177.327,6***
1997-1999	132,5 Dj	74,0 Ce	20,4 Bc	10,7 Aa	149,1 Ei	182.453,3***
1994-1996	32,6 Cb	60,5 Ec	25,5 Af	30,5 Bf	42,4 Dg	8555,2***
1991-1993	94,0 Eh	92,9 Di	63,9 Ci	18,4 Ac	22,8 Bc	22.965,5***
F	81.178,5***	6253,8***	63.261,8***	5373,6***	207.606,4***	

Varyans analizi sonucunda Fe konsantrasyonunun bütün türlerde dönem ve bütün dönemlerde de tür bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

Değerler incelendiğinde Fe konsantrasyonunun 9,7 ppm ile 563,1 ppm arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Tür bazında ise Fe konsantrasyonu *Elaeagnus angustifolia* L.'de 23,5 ppm ile 132,5 ppm, *Platanus orientalis* L.'de 50,9 ppm ile 92,9 ppm, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 9,7 ppm ile 63,9 ppm, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 10,7 ppm ile 563,1 ppm ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de de 17,1 ppm ile 149,1 ppm arasında değişim göstermektedir.

2012-2014 döneminde Fe konsantrasyonunun *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de bu derece yüksek olması dikkat çekmektedir. Ayrıca *Platanus orientalis* L.'de en yüksek ve en düşük değer arasında sadece 1,8 kat fark varken *Ailanthus altissima*

(Mill.) Swingle’de en düşük ve en yüksek değer arasında yaklaşık 52,4 kat fark bulunmaktadır. Bu durum *Platanus orientalis* L.’de odun içerisinde Fe taşınımının oldukça yüksek olmasına rağmen *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de bu taşınımın oldukça sınırlı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Nitekim birbirini takip eden dönemlerdeki Fe konsantrasyonları arasında çok yüksek düzeyde fark olması da bu sonucu desteklemektedir.

4.4 Nikel (Ni) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında Ni konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7 Ni konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
DKa	2380,8 Bb	3322,8 Dc	2201,6 Ab	3757,7 Ec	3077,4 C	970,9***
İKa	836,2 Da	1988,7 Eb	712,3 Ba	503,5 Aa	787,6 C	1894,8***
Odun	788,9 a	880,8 a	722,1 a	659,2 b	1370,0	2,1 ns
F	22,3***	362,1***	62,2***	1178,9***	1,0 ns	

Tablo değerleri incelendiğinde Ni konsantrasyonunun türlerin organ bazındaki değişiminin *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p>0,05$) olmadığı onun dışındaki diğer türlerde istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Koelreuteria paniculata* Laxm iki farklı homojen grup oluştururken *Platanus orientalis* L. ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’ün ise üç farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek değerlere bakıldığında *Elaeagnus angustifolia* L.’de 2380,8 ppb, *Platanus orientalis* L.’de 3322,8 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm’de 2201,6 ppb ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de de 3757,7 ppb olarak DKa’da olduğu incelenmiştir. En düşük değerler ise *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Platanus orientalis* L.’de sırasıyla 788,9 ppb ve 880,8 ppb olarak Odunda elde edilirken *Koelreuteria*

paniculata Laxm ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de de sırasıyla 712,3 ppb ve 503,5 ppb olarak İKa'da elde edilmiştir.

Ni konsantrasyonun organların tür bazında değişiminin odunda istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ($p>0,05$) diğer organlarda istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. Dka'da en yüksek değer *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 3757,7 ppb, en düşük değer *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 3077,4 ppb olarak hesaplanırken İKa'da en düşük değer *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 503,5 ppb, en yüksek değer ise *Platanus orientalis* L.'de 1988,7 ppb olarak incelenmiştir.

Ni konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8 Ni konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
2018-2020	622,7 Bc	934,7 Cd	LA	510,2 Aa	524,1 Aa	452,4***
2015-2017	741,6 Ce	1028,4 Df	655,4 Bcd	518,6 Aa	670,8 Bc	492,8***
2012-2014	604,7 Abc	899,7 Bc	623,8 Abc	912,0 Bf	609,3 Ab	604,2***
2009-2011	562,2 Aa	1001,5 Ce	1346,5 Df	724,6 Be	538,6 Aa	1099,1***
2006-2008	714,8 Bd	742,9 Cb	627,6 Abcd	616,7 Abc	754,2 Cd	88,6***
2003-2005	565,9 Aa	1217,2 Dg	800,2 Ce	628,8 Bc	619,2 Bb	851,1***
2000-2002	590,8 Bb	890,3 Cc	539,2 Aa	596,6 Bb	620,8 Bb	148,7***
1997-1999	711,0 Bd	755,0 Cb	650,0 Acd	667,1 Ad	805,5 De	100,0***
1994-1996	767,6 Df	661,8 Ba	595,4 Ab	592,8 Ab	694,8 Cc	57,6***
1991-1993	2007,4 Dg	677,1 Ba	661,5 Bd	728,6 Ce	612,8 Ab	4412,0***
F	2823,9***	397,9***	476,0***	175,2***	160,4***	

Ni konsantrasyonunun varyans analizi sonucunda tüm türlerde yıl ve tüm yıllarda tür bazında değişimlerinin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Değerler incelendiğinde Ni konsantrasyonunun en yüksek değerleri *Elaeagnus angustifolia* L.'de 1991-1993 yılların arasında 2007,4 ppb, *Platanus orientalis* L.'de

2003-2005 yılları arasında 1217,2 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 2009-2011 yılları arasında 1346,5 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 2012-2014 yılları arasında 912,0 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 1997-1999 yılları arasında 805,5 ppb olarak elde edilirken en düşük değerleri ise *Elaeagnus angustifolia* L.'de 2009-2011 yılları arasında 562,2 ppb, *Platanus orientalis* L.'de 1994-1996 yılları arasında 661,8 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 2000-2002 yılları arasında 539,2 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de ise 2018-2020 yılları arasında sırasıyla 510,2 ppb ve 524,1 ppb olarak elde edilmiştir.

Tabloya bakıldığında Ni konsantrasyonunun 2018-2020 yılları arasında *Koelreuteria paniculata* Laxm'de limit altında kaldığı dikkat çekmektedir. Ayrıca *Platanus orientalis* L. ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de en düşük ve en yüksek değer arasında yaklaşık 1,8 kat fark varken *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de en düşük ve en yüksek değer arasında 1,5 kat fark bulunmaktadır. Bu durum *Platanus orientalis* L. ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de Odun içerisinde Ni taşınımının oldukça yüksek olduğu şeklinde yorumlanabilir.

4.5 Bakır (Cu) konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında Cu konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9 Cu konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
DKa	8230,3 Ab	19.025,6 Db	16.939,1 C	26.756,9 Eb	16.502,7 Bb	13.190,8***
İKa	4647,7 Ba	4431,6 Ba	6720,5 C	1266,0 Aa	40.128,6 Dc	20.859,6***
Odun	3938,8 BCa	4525,4 Ca	12.065,9 D	772,4 Aa	2782,4 Ba	83,6***
F	56,5***	3924,8***	2,8 ns	6555,1***	16.808,9***	

Cu elementi konsantrasyonunun değişimini gösterir tablo değerlerine göre varyans analizi sonuçları incelendiğinde dış kabuk, iç kabuk ve odun kısımlarında istatistiki olarak güven düzeyinde anlamlı ($p<0,001$) olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre dış kabukta beş farklı homojen grup, iç kabuk ve Odunda 4 farklı homojen grup olduğu tespit edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde dış kabuk kısmında en yüksek değer *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 26.756,9 ppb, en düşük değer *Elaeagnus angustifolia* L. de 8230,3 ppb olarak elde edilirken iç kabuk kısmında en düşük değer *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 1266,0 ppb, en yüksek değer *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 40.128,6 ppb olarak elde edilmiştir. Odun kısmında ise en yüksek değer *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 12.065,9 ppb, en düşük değer *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 772,4 ppb olarak hesaplanmıştır.

Cu konsantrasyonunun tüm türlerin organ bazında değişimleri dikkate alındığında *Koelreuteria paniculata* Laxm dışındaki diğer tüm türler istatistiki olarak güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,001$) olarak belirlenirken *Koelreuteria paniculata* Laxm'ün güven düzeyinde anlamlı düzeyde olmadığı ($p > 0,05$) tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de ü farklı homojen grup varken diğer türlerde iki farklı homojen grup belirlenmiştir. Cu elementi konsantrasyonu en büyük değeri *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 40.128,6 ppb, en düşük değeri ise *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 772,4 ppb olarak belirlenmiştir. En büyük ve En küçük değer arasında yaklaşık olarak 519 kat fark olması dikkat çekmektedir.

Cu konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo değerleri incelendiğinde tüm türlerde yaş, tüm yaşlarda da tür bazından Cu elementi konsantrasyonu değişimi istatistiki olarak güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,001$) olarak görülmektedir.

Tablo 4.10 Cu konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
2018-2020	4092,0 Bd	4226,4 Bab	LA	574,1 Ab	548,3 Aa	844,4***
2015-2017	5185,5 De	4163,4 Ba	4572,8 Ca	781,0 Abc	777,2 Aa	419,3***
2012-2014	3663,6 Bc	4253,6 Cab	5155,0 Db	760,5 Abc	3488,4 Bd	823,1***
2009-2011	3509,2Cabc	4651,5 Dde	14.837,9 Ef	327,8 Aa	3057,5Bbc	7252,6***
2006-2008	3384,3 Ca	4477,5 Dcd	14.288,9 Ee	944,4 Ac	3006,9 Bb	11.602,6***
2003-2005	3553,6Cabc	4381,4 Dbc	17.420,0Eg	829,1 Ac	2930,3 Bb	19.252,8***
2000-2002	3572,2Cabc	4701,6 Def	21.112,0Eh	928,1 Ac	2863,8 Bb	7817,5***
1997-1999	3455,8 Bab	4522,8Ccde	15.022,7 Df	712,4 Abc	3281,5 Bcd	4490,8***
1994-1996	3601,2 Bbc	5011,8 Dg	9421,9 Ed	199,5 Aa	4063,4 Cf	2871,5***
1991-1993	5370,4 Df	4864,0 Cfg	6761,7 Ec	1667,1 Ad	3806,6 Be	1531,0***
F	139,2***	18,3***	6856,5***	28,8***	219,8***	

Cu konsantrasyonunun tüm yaşlardaki en düşük değerleri *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de elde edilmiştir. En büyük değerlerde 2018-2020 yaş aralığında *Platanus orientalis* L.'de, 2015-2017 yaş aralığında *Elaeagnus angustifolia* L.'de ve diğer tüm yaş aralıklarında ise *Koelreuteria paniculata* Laxm'de hesaplanmıştır. Değerler incelendiğinde en büyük değerler *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 1991-1993 yaş aralığında sırasıyla 5370,4 ppb ve 1667,1 ppb, *Platanus orientalis* L. ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 1994-1996 yaş aralığında sırasıyla 5011,8 ppb ve 4063,4 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de de 2003-2005 yaş aralığında 17.420,0 ppb olarak bulunmuştur.

En düşük değerlere bakıldığında ise *Elaeagnus angustifolia* L.'de 2006-2008 yaş aralığında 3384,3 ppb, *Platanus orientalis* L. ve *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 2015-2017 yaş aralığında sırasıyla 4163,4 ppb ve 4572,8 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 1994-1996 yaş aralığında 199,5 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de de 2018-2020 yaş aralığında 548,3 ppb olarak hesaplanmıştır. Genel olarak bakıldığında ise Cu konsantrasyonunun en büyük değeri 21.112,0 ppb ile en düşük değeri 199,5 ppb arasında yaklaşık olarak 106 kat fark olması dikkat çekmektedir.

4.6 Çinko (Zn) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında değerlendirilen bir diğer element olan Zn konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11 Zn konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
DKa	15.784,4 Bc	14.822,0 Ac	30.200,3 Ec	27.959,6 Dc	17.019,2 Cc	21.247,7***
İKa	6579,0 Db	11.409,8 Eb	6483,4 Cb	3360,0 Ab	5355,8 Bb	42.476,9***
Odun	2912,4 Ba	2846,2 Ba	2828,2 Ba	1560,2 Aa	2597,6 Ba	6,3***
F	78,1***	128,5***	837,1***	8045,0***	2647,6***	

Tüm türlerin Varyans analizi sonuçları incelendiğinde Zn konsantrasyonunun tüm türlerde organ bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

Elaeagnus angustifolia L., *Platanus orientalis* L., *Koelreuteria paniculata* Laxm, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de en düşük konsantrasyonlar sırasıyla 2912,4 ppb, 986,77 ppb, 893,61 ppb, 1004,24 ppb ve 911,58 ppb olarak Odunda elde edilirken aynı türlerde en yüksek konsantrasyonlar da sırasıya 15.784,4 ppb, 4176,0 ppb, 1899,80 ppb, 3937,6 ppb ve 3914,66 ppb olarak DKa'da elde edilmiştir. Ayrıca değerler incelendiğinde Odun ve dış kabuktaki Zn konsantrasyonları arasında *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Platanus orientalis* L.'de yaklaşık olarak 5 kat, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de yaklaşık olarak 10,5 kat, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de yaklaşık olarak 18 kat ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de yaklaşık olarak 6,5 kat fark olduğu görülmektedir.

Zn konsantrasyonunun bütün organlarda tür bazında değişimi istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeydedir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde DKa'da en düşük değer (14.822,0 ppb) *Platanus orientalis* L., en yüksek değer (30.200,3 ppb) *Koelreuteria paniculata* Laxm'de İKa'da ise en düşük değer (3360,0 ppb) *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, en yüksek değerlerin ise (11.409,8 ppb) *Platanus orientalis* L.'de elde edildiği görülmektedir. Odunda Duncan testi sonucunda iki grup oluşmuş, en düşük

değerin elde edildiği *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle ilk grupta, diğer türlerin tamamı ikinci grupta yer almıştır.

Zn konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12 Zn konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yıl	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
2018-2020	2250,4 Ae	5347,6 Di	LA	2471,6 Cg	2434,1 Bd	18.422,5***
2015-2017	2233,8 Ce	6089,2 Ej	4573,8 Dh	1334,2 Ac	1946,1 Ba	81.770,3***
2012-2014	2168,2 Bd	3092,9 Dh	3293,8 Ef	1527,2 Ad	2398,1 Cc	12.173,3***
2009-2011	2059,2 Bc	2181,6 Cd	2184,6 Cd	1279,0 Ab	3010,5 Di	3880,6***
2006-2008	999,2 Aa	2640,9 Dg	4636,2 Ei	1091,9 Ba	2194,3 Cb	8903,8***
2003-2005	1133,1 Ab	2323,0 Df	1780,6 Cc	1583,2 Be	2852,3 Eg	7586,2***
2000-2002	2313,4 Cf	2261,1 Be	1587,7 Ab	1591,3 Ae	2951,4 Dh	6814,4***
1997-1999	4513,2 Eh	1582,7 Cc	1430,9 Aa	1539,6 Bd	2618,9 Df	14.661,9***
1994-1996	4110,4 Eg	1445,2 Aa	3484,6 Dg	1824,1 Bf	2558,6 Ce	7863,8***
1991-1993	7343,0 Ei	1497,9 Bb	2482,0 Ce	1360,3 Ac	3011,6 Di	57.711,6***
F	95281,4***	24655,1***	9202,4***	797,7***	3648,0***	

Zn konsantrasyonunun bütün türlerde yıl ve bütün yıllarda da tür bazında değişimlerinin varyans analizi sonuçları incelendiğinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

Değerler incelendiğinde Cr konsantrasyonunun en yüksek (7343,0 ppb) ve en düşük değerinin de (999,2 ppb) *Elaeagnus angustifolia* L.’de olması dikkat çekmektedir. Hem türlerde yıl bazında hem de yıllarda tür bazında belirgin bir değişim görülmemektedir. Bununla birlikte genel olarak en yüksek değerler *Elaeagnus angustifolia* L.’de en düşük değer de *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de elde edilmiştir. Ayrıca 2018-2020 yılında *Koelreuteria paniculata* Laxm’de Cr konsantrasyonu limit altında kaldığı dikkat çekmektedir.

4.7 Kadmiyum (Cd) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında Cd konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.13 Cd konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
DKa	228,8 D	175,4 A	228,9 Db	185,6 Bb	216,0 Ca	246,4***
İKa	278,3 C	172,1 B	139,5 ABa	127,9 Aa	444,0 Dab	104,3***
Odun	256,1 B	173,4 A	219,8 Ab	130,6 Aa	181,5 Ab	49,1***
F	0,3 ns	0,0 ns	8,6**	3,8**	90,4***	

**: İstatistiki olarak %99 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,01$), *: İstatistiki olarak %95 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,05$)

Bütün organlarda tür bazında değişimi gösterir tablo değerleri incelendiğinde Cd konsantrasyonlarının istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Değerler incelendiğinde DKa'da en yüksek değer *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Platanus orientalis* L.'de 228,8 ppb ve 228,9 ppb, en düşük değer *Platanus orientalis* L.'de 175,4 ppb olarak elde edildiği belirlenirken İKa'da ise en düşük değer *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 127,9 ppb, en yüksek değer *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 444,0 ppb olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde odunda da en yüksek değer *Elaeagnus angustifolia* L.'de 256,1 ppb, en düşük değer ise *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 130,6 ppb olduğu görülmektedir.

Cd konsantrasyonlarının tüm türlerde organ bazında değişimi incelendiğinde *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Platanus orientalis* L.'nin istatistiki olarak güven düzeyinde anlamlı olmadığı ($p > 0,05$), *Koelreuteria paniculata* Laxm ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de %99,9 güven düzeyinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Genel olarak tabloya bakıldığında en düşük değer 127,9 ppb ile *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de İKa'da en yüksek değer ise 444,0 ppb ile *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de İKa'da olduğu hesaplanmıştır.

Cd konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.14’de verilmiştir.

Tablo 4.14 Cd konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	Tür1	Tür2	Tür3	Tür4	Tür5	F
1	272,73 Cc	193,33 Bcd	LA	125,06 Ab	125,13 Aa	1530,16***
2	298,20 Eg	188,40 Cc	227,00 Dd	119,46 Aab	124,13 Ba	3475,91***
3	291,06 Ef	191,86 Bcd	235,60 Ce	120,00 Aab	241,76 Dg	1588,42***
4	279,13 Ede	208,80 Be	254,93 Dh	119,13 Aab	209,03 Cf	1434,06***
5	272,00 Dc	199,46 Bd	248,53 Cg	116,86 Aa	202,03 Be	1480,65***
6	274,60 Ecd	150,00 Bab	247,73 Dg	115,33 Aa	189,60 Cd	3197,02***
7	280,73 De	151,20 Eab	242,33 Df	119,66 Aab	178,4 Cb	697,59***
8	280,06 Ee	148,00 Ba	167,73 Cb	113,73 Aa	176,06 Db	2660,36***
9	165,2 Db	146,86 Ba	160,80 Ca	123,46 Ab	185,66 Ec	290,4***
10	147,40 Aa	156,13 Ab	194,33 Dc	233,39 Ec	183,76 Cc	108,05***
F	926,64***	102,02***	474,83***	344,26***	992,25***	

Cd konsantrasyonunun da varyans analizi sonucunda bütün türlerde yıl ve bütün yıllarda da tür bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

En yüksek değerler 2018-2020 ve 2000-2002 yıllarında *Platanus orientalis* L.’de, 1991-1993 yıllarında *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de, 1994-1996 yılları arasında *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de elde edilirken diğer tüm yıllarda en yüksek değer *Elaeagnus angustifolia* L.’de elde edilmiştir. Bunun dışında en düşük değerler ise 1991-1993 yıllarında *Elaeagnus angustifolia* L.’de tespit edilirken diğer tüm yıllarda en düşük değerlerin *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de olduğu görülmektedir. Odunlarda farklı yıllarda türler arasında önemli derecede fark bulunmaması dikkat çekmektedir. Dikkat çeken diğer bir husus ise *Koelreuteria paniculata* Laxm’ün 2018-2020 yıllarında limit altında kalmasıdır. Ayrıca *Elaeagnus angustifolia* L.’de Cd konsantrasyonunun 1997 ile 2017 yılları arasında aynı değerlerde seyrettiği belirlenmiştir.

4.8 Alüminyum (Al) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında Al konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15 Al konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
DKa	327.260,0Bb	943.226,0Eb	309.130,0Ac	731.598,0 Cb	825.988,6Dc	53.482,5***
İKa	16.937,0 Ba	47.962,4 Da	63.784,2 Eb	10.130,8 Aa	43.786,1 Cb	94.782,4***
Odun	21.148,8 Aba	51.267,8 Ca	15.097,1 Aa	39.778,3 BCa	13.451,3 Aa	4,4**
F	500,0***	8840,2***	1196,3***	89,9***	76169,2***	

Al konsantrasyonunun bütün türlerinin organ bazında değişim değerleri incelendiğinde istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçlarına bakıldığında *Elaeagnus angustifolia* L., *Platanus orientalis* L. ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de iki farklı homojen grubun olduğu diğer türlerde ise her bir organın ayrı bir grup oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek değerlerin *Elaeagnus angustifolia* L.'de 327.260,0 ppb, *Platanus orientalis* L.'de 943.226,0 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 309.130,0 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 731.598,0 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de ise 825.988,6 ppb olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca her bir türün en yüksek değerleri DKa'da görülmesi dikkat çekmektedir. Al konsantrasyonunun değişimi Odun<İKa<DKa olarak gösterilebilmektedir.

Tüm organların tür bazında değişim değerlerini gösterir tablo değerleri incelendiğinde DKa ve İKa değerlerinin istatistiki olarak %99,9, Odunun ise %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçları göz önüne alındığında DKa'nın ve İKa'nın 5 farklı homojen grup, Odunun ise 3 farklı homojen grup oluşturduğu görülmektedir. En yüksek değerlere bakıldığında Dka'da ve odunda sırasıyla 943.226,0 ppb ve 51.267,8 ppb ile *Platanus orientalis* L.'de, İKa'da da 63.784,2 ppb ile *Koelreuteria paniculata* Laxm'de olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca en düşük

değerlerin de DKa'da 309.130,0 ppb ile *Koelreuteria paniculata* Laxm'de, İKa'da 10.130,8 ppb ile *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de odunda ise 13.451,3 ppb olarak *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de olduğu belirlenmiştir.

Al konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16 Al konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
2018-2020	19.347,4 Cg	53.489,3 Dg	LA	9680,5 Bd	8986,1 Aa	67.197,3***
2015-2017	18.412,4 Cf	40.728,3 Eb	1869,3 Dh	9308,4 Acd	10.649,0 Bc	74.832,2***
2012-2014	15.915,0 Bd	58.872,5 Dh	1898,0 Cg	310.180,0 Eg	15.102,2 Ag	336.512,9***
2009-2011	9319,7 Cb	34.910,8 Ea	7974,7 Ab	8448,5 Bb	9788,2 Db	134.918,8***
2006-2008	11.326,3 Cc	45.482,9 Ed	11.472,3 De	9305,9 Acd	11.171,3 Bd	150.336,5***
2003-2005	8539,2 Aa	42.371,4 Ec	11.785,2 Cf	9521,8 Bd	12.047,9 De	33.739,8***
2000-2002	11.305,6 Bc	59.764,8 Ei	4558,2 Aa	14.472,8 Cf	16.171,0 Di	73.006,0***
1997-1999	67.557,0 Ei	51.031,0 Df	9897,7 Bc	7774,1 Aa	13.063,8 Cf	759.038,3***
1994-1996	16.849,6 Ce	47.870,5 Ee	11.313,6 Bd	10.211,6 Ae	21.483,0 Dj	120.208,8***
1991-1993	32.915,7 Ch	78.156,8 Ej	42.105,0 Di	8879,4 Abc	16.051,2 Bh	71.408,8***
F	280.114,1***	10.847,8***	52.643,2***	373.519,1***	14.292,4***	

Varyans analizi sonucunda Al konsantrasyonunun bütün türlerde dönem ve bütün dönemlerde de tür bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

Değerler incelendiğinde Al konsantrasyonunun 7774,1 ppm ile 310.180,0 ppm arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Tür bazında ise Al konsantrasyonu *Elaeagnus angustifolia* L.'de 8539,2 ppm ile 67.557,0 ppm, *Platanus orientalis* L.'de 34.910,8 ppm ile 78.156,8 ppm, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 4558,2 ppm ile 42.105,0 ppm, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 7774,1 ppm ile 310.180,0 ppm ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de de 8986,1 ppm ile 21.483,0 ppm arasında değişim göstermektedir.

2012-2014 döneminde Al konsantrasyonunun *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de bu derece yüksek olması dikkat çekmektedir. Ayrıca *Platanus orientalis* L.’de en yüksek ve en düşük değer arasında sadece 2,3 kat fark varken *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de en düşük ve en yüksek değer arasında yaklaşık 39,8 kat fark bulunmaktadır. Bu durum *Platanus orientalis* L.’de odun içerisinde Al taşınımının oldukça yüksek olmasına rağmen *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de bu taşınımın oldukça sınırlı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Nitekim birbirini takip eden dönemlerdeki Al konsantrasyonları arasında çok yüksek düzeyde fark olması da bu sonucu desteklemektedir.

4.9 Bor (B) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında B konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.17 B konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
DKa	22.507,1 Dc	58.249,9 Ec	17.222,0 Bb	14.067,6 Ab	18.007,1 Cc	49.944,0***
İKa	14.741,5 Cb	34.963,6 Eb	9298,8 Aa	23.679,8 Dc	13.941,6 Bb	27.110,2***
Odun	6966,6 Ba	11.684,8 Da	8476,7 Ca	4856,5 Aa	4651,2 Aa	64,3***
F	240,3***	451,4***	179,9***	251,8***	68,5***	

Tablo değerleri incelendiğinde B konsantrasyonunun türlerin organ bazındaki değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre *Koelreuteria paniculata* Laxm iki farklı homojen grup oluştururken diğer tüm türlerin ise üç farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek değerlere bakıldığında *Elaeagnus angustifolia* L.’de 22.507,1 ppb, *Platanus orientalis* L.’de 58.249,9 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm’de 17.222,0 ppb, *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de 18.007,1 ppb olarak DKa’da ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de de 23.679,8 ppb ile İKa’da olduğu incelenmiştir. En düşük değerler ise *Elaeagnus angustifolia* L.’de 6966,6 ppb, *Platanus orientalis* L.’de 11.684,8 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm’de 8476,7 ppb,

Ailanthus altissima (Mill.) Swingle’de 4856,5 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de de 4651,2 ppb olarak odunda elde edilmiştir.

B konsantrasyonun organların tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerler DKa’da, İKa’da ve odunda sırasıyla 58.249,9 ppb, 34.963,6 ppb ve 11.684,8 ppb olarak *Platanus orientalis* L.’de hesaplanırken en düşük değerleri DKa’da ve Odunda *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de sırasıyla 14.067,6 ppb ve 4856,5 ppb, İKa’da ise *Koelreuteria paniculata* Laxm’de 9298,8 ppb olarak incelenmiştir.

B konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.18 B konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
2018-2020	5995,8 Cb	9951,4 Dd	LA	3537,2 Aa	4708,0 Be	7816,7***
2015-2017	7183,2 Cd	8070,0 Db	7040,7 Ba	4565,4 Ae	10.656,6Eh	4159,4***
2012-2014	7846,2 Df	7620,1 Ca	8781,8 Ef	5922,8 Bf	4840,8 Af	2754,6***
2009-2011	6016,2 Cb	9524,0 Dc	9939,2 Eh	4329,4 Bd	3417,9 Ac	8117,9***
2006-2008	8856,4 Dg	10.772,3 Ee	8463,8 Ce	3983,2 Ac	6674,9 Bg	8799,9***
2003-2005	7463,6 Ce	13.371,6 Eg	8009,0 Dc	3734,2 Bb	2886,7 Ab	12.110,9***
2000-2002	9105,3 Dh	14.112,1 Eh	7824,0 Cb	3788,5 Bb	3455,3 Ac	30.798,9***
1997-1999	6035,5 Cb	14.771,4 Ei	8751,4 Df	3444,8 Ba	2653,4 Aa	34.059,0***
1994-1996	6539,3 Bc	11.702,4 Ef	9274,2 Dg	7059,4 Cg	2921,3 Ab	16.298,9***
1991-1993	4624,6 Ba	16.952,6 Dj	8206,5 Cd	8200,2 Ch	4297,0 Ad	15.369,9***
F	2380,6***	6362,8***	956,0***	2226,3***	8211,4***	

B konsantrasyonunun varyans analizi sonucunda tüm türlerde yıl ve tüm yıllarda tür bazında değişimlerinin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Değerler incelendiğinde Ni konsantrasyonunun en yüksek değerleri *Elaeagnus angustifolia* L.’de 2000-2002 yılları arasında 9105,3 ppb, *Platanus orientalis* L.’de 1991-199 yılları arasında 16.952,6 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm’de 2009-2011

yılları arasında 9939,2 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de 1991-1993 yılları arasında 8200,2 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de 2015-2017 yılları arasında 10.656,6 ppb olarak elde edilirken en düşük değerleri ise *Elaeagnus angustifolia* L.’de 1991-1993 yılları arasında 4624,6 ppb, *Platanus orientalis* L.’de 2012-2014 yılları arasında 7620,1 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm’de 2015-2017 yılları arasında 7040,7 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de ise 1997-1999 yılları arasında sırasıyla 3444,8 ppb ve 2653,4 ppb olarak elde edilmiştir.

Tabloya bakıldığında B konsantrasyonunun 2018-2020 yılları arasında *Koelreuteria paniculata* Laxm’de limit altında kaldığı dikkat çekmektedir. Ayrıca *Platanus orientalis* L.ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de en düşük ve en yüksek değer arasında yaklaşık 2,3 kat fark varken *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de en düşük ve en yüksek değer arasında 4 kat fark bulunmaktadır. Bu durum *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de odun içerisinde B taşınımının oldukça yüksek olduğu şeklinde yorumlanabilir.

4.10 Baryum (Ba) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında Ba konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.19 Ba konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
DKa	16.701,6 Ac	36.995,1 Dc	26.954,2 Bc	42.805,9 Ec	28.813,0 Cc	10.760,0***
İKa	6383,8 Ab	23.787,4 Eb	13.828,2 Bb	19.013,4 Db	18.167,6 Cb	13.006,0***
Odun	3372,3 Aa	3129,8 Aa	5226,0 Ba	6892,5 Ca	3763,3 Aa	39,3***
F	112,7***	4971,8***	174,8***	1447,0***	1646,3***	

Ba elementi konsantrasyonunun değişimini gösterir tablo değerlerine göre varyans analizi sonuçları incelendiğinde dış kabuk, iç kabuk ve odun kısımlarında istatistiki olarak güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,001$) olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre dış kabuk ve iç kabukta beş farklı homojen grup, odunda ise 3 farklı homojen grup olduğu tespit edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde dış kabuk kısmında en yüksek değer *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 42.805,9 ppb, en düşük değer *Elaeagnus angustifolia* L. de 16.701,6 ppb olarak elde edilirken iç kabuk kısmında en yüksek değer *Platanus orientalis* L.'de 23.787,4 ppb, en düşük değer *Elaeagnus angustifolia* L.'de 6383,8 ppb olarak elde edilmiştir. Odun kısmında ise en yüksek değer *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 6892,5 ppb, en düşük değer *Platanus orientalis* L.'de 3129,8 ppb olarak hesaplanmıştır. Genel olarak bakıldığında *Elaeagnus angustifolia* L.'in tüm organlarda en düşük değerleri aldığı dikkat çekmektedir.

Ba konsantrasyonunun tüm türlerin organ bazında değişimleri dikkate alındığında tüm türlerin istatistiki olarak güven düzeyinde anlamlı ($p<0,001$) olduğu tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre tüm türlerde üç farklı homojen grup olduğu belirlenmiştir. Ba elementi konsantrasyonu en büyük değeri *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 42.805,9 ppb, en düşük değeri ise *Platanus orientalis* L.'de 3129,8 ppb olarak belirlenmiştir. En büyük ve En küçük değer arasında yaklaşık olarak 14 kat fark olması dikkat çekmektedir.

Ba konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.20'de verilmiştir.

Tablo değerleri incelendiğinde tüm türlerde yaş, tüm yaşlarda da tür bazından Ba elementi konsantrasyonu değişimi istatistiki olarak güven düzeyinde anlamlı ($p<0,001$) olarak görülmektedir.

Tablo 4.20 Ba konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
2018-2020	6503,8 Dj	4323,5 Ai	LA	5839,6 Cc	5092,4 Bi	3403,0****
2015-2017	5763,0 Di	2896,4 Ae	3056,2 Ba	7184,8 Ef	5216,6 Cj	13.877,7****
2012-2014	4341,2 Ch	3547,9 Ag	5543,7 Df	9369,1 Ei	4143,6 Bh	20.135,9****
2009-2011	2174,8 Ac	3472,1 Cf	10.661,4 Eh	7096,1 De	3210,0 Bd	36.443,5****
2006-2008	2704,7 Ae	3758,2 Ch	4917,3 De	7624,0 Eg	3042,2 Bc	19.172,9****
2003-2005	2293,2 Ad	3574,9 Cg	4174,0 Dc	7686,2 Eh	2836,2 Bb	42.743,1****
2000-2002	2112,2 Ab	2497,8 Bc	4050,7 Cb	7113,7 De	4041,1 Cg	30.129,1****
1997-1999	2738,8 Bf	2614,4 Ad	4254,7 Cd	6426,8 Dd	2761,6 Ba	14.392,3****
1994-1996	1772,6 Aa	2261,6 Ba	4245,6 Dd	5621,8 Eb	3950,9 Cf	44.998,5****
1991-1993	3318,5 Bg	2351,8 Ab	6130,4 Dg	4962,9 Ca	3338,3 Be	11.783,1****
F	24.578,6****	3665,2****	18.505,5****	4808,2****	4935,1****	

Ba konsantrasyonunun tüm yaşlardaki en düşük değerleri 1994-1996 ve 2000-2011 yılları arasında *Elaeagnus angustifolia* L.'de, 1991-1993, 1997-1999 ve 2014-2020 yılları arasında da *Platanus orientalis* L.'de elde edilmiştir. En büyük değerlerde 1991-1993 ve 2009-2011 yaş aralığında *Koelreuteria paniculata* Laxm'de ve diğer tüm yaş aralıklarında ise *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de hesaplanmıştır. Değerler incelendiğinde en büyük değerler *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Platanus orientalis* L.'de 2018-2020 yaş aralığında sırasıyla 6503,8 ppb ve 4323,5 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 2009-2011 yaş aralığında 10.661,4 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 2012-2014 yaş aralığında 9369,1 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de de 2015-2017 yaş aralığında 5216,6 ppb olarak bulunmuştur.

En düşük değerlere bakıldığında ise *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Platanus orientalis* L.'de 1994-1996 yaş aralığında sırasıyla 1772,6 ppb ve 2261,6 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 2015-2017 yaş aralığında 3056,2 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 1991-1993 yaş aralığında 4962,9 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de de 1997-1999 yaş aralığında 2761,6 ppb olarak hesaplanmıştır. Genel olarak bakıldığında ise Ba konsantrasyonunun en büyük değeri 10.661,4 ppb ile en düşük değeri 2261,6 ppb arasında yaklaşık olarak 5 kat fark olması dikkat çekmektedir.

4.11 Altın (Au) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında Au konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.21'de verilmiştir.

Tablo 4.21 Au konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
DKa	1959,7 Cc	2066,9 Dc	695,7 Aa	1146,0 Bc	2279,7 Ec	2048,5***
İKa	1612,9 Cb	1751,4 Db	476,3 Aa	715,4 Bb	2031,7 Eb	1007,3***
Odun	1424,4 Da	1314,6 Ca	1177,7 Bb	426,3 Aa	1484,1 Da	245,1***
F	51,5***	60,5***	16,5***	374,2***	125,6***	

Tüm türlerin Varyans analizi sonuçları incelendiğinde Au konsantrasyonunun türlerde organ bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

Elaeagnus angustifolia L., *Platanus orientalis* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de en düşük konsantrasyonlar sırasıyla 1424,4 ppb, 1314,6 ppb, 426,3 ppb ve 1484,1 ppb olarak odunda elde edilirken aynı türlerde en yüksek konsantrasyonlar da sırasıyla 1959,7 ppb, 2066,9 ppb, 1146,0 ppb ve 2279,7 ppb olarak DKa'da elde edilmiştir. *Koelreuteria paniculata* Laxm'deki en düşük değer ise 476,3 ppb olarak İKa'da, en yüksek değer ise 1177,7 ppb olarak odunda hesaplanmıştır. Ayrıca değerler incelendiğinde *Elaeagnus angustifolia* L., *Platanus orientalis* L., ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de odun ve dış kabuktaki Au konsantrasyonları arasında yaklaşık 1,5 kat, *Koelreuteria paniculata* Laxm ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de yaklaşık olarak 2,5 fark olduğu görülmektedir.

Au konsantrasyonunun bütün organlarda tür bazında değişimi istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeydedir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde DKa'da en düşük değer (695,7 ppb) *Koelreuteria paniculata* Laxm, en yüksek değer (2279,7 ppb) *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de İKa'da da aynı şekilde en düşük değer (476,3 ppb) *Koelreuteria paniculata* Laxm, en yüksek değer ise (2031,7 ppb) *Cedrus*

atlantica (Endl.) Manetti ex Carr'de elde edildiği görülmektedir. Odunda Duncan testi sonucunda dört grup olduğu en yüksek değerlerin *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de (1484,1 ppb) ve *Elaeagnus angustifolia* L.'de (1424,4 ppb), en düşük değerin ise *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de (426,3 ppb) olduğu belirlenmiştir. Au konsantrasyonunun *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de en yüksek değerleri, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de de en düşük değerleri aldığı dikkat çekmektedir.

Au konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.22'de verilmiştir.

Tablo 4.22 Au konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
2018-2020	1416,5 b	1416,4 de	LA	LA	LA	0 ns
2015-2017	1435,8 bc	1384,3 d	779,8 a	LA	LA	989,3***
2012-2014	1387,8 Cb	1441,5 Def	903,6 Bb	409,1 A	1583,2 E	941,6***
2009-2011	1421,8 Cb	1464,5 Cf	1257,7 Bd	417,3 A	1599,7 D	1133,8***
2006-2008	1431,5 Cbc	1480,0 Df	1138,8 Bc	425,4 A	1544,4 E	1849,5***
2003-2005	1435,3 Cbc	1179,1 Bb	1132,4 Bc	450,3 A	1510,2 D	487,6***
2000-2002	1491,2 Ccd	1176,0 Bb	1141,6 Bc	498,2 A	1545,8 C	450,9***
1997-1999	1489,8 Dcd	1116,7 Ba	1332,1 Ce	449,1 A	1351,2 C	529,3***
1994-1996	1544,2 Dd	1238,4 Bc	1221,0 Bd	435,6 A	1370,4 C	971,7***
1991-1993	1190,5 Ba	1249,6 Cc	1692,0 Ef	422,2 A	1368,1 D	628,1***
F	21,2***	90,3***	244,7***	9,1***	52,3***	

Au konsantrasyonunun 2018-2020 yılları hariç tüm türlerde yıl ve bütün yıllarda da tür bazında değişimlerinin varyans analizi sonuçları incelendiğinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

2018-2020 yılları arasında Au konsantrasyonu limit değerlerinin altında kaldığı hesaplanmıştır. Değerler incelendiğinde Au konsantrasyonunun oldukça dar bir aralıkta (409,1-1599,7 ppb) değişim gösterdiği incelenmiştir. Hem türlerde yıl bazında hem de yıllarda tür bazında belirgin bir değişim görülmemektedir. Bununla birlikte genel olarak en yüksek değerler *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de en düşük

değer de *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de elde edilmiştir. Ayrıca 2018-2020 yılında *Koelreuteria paniculata* Laxm, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de, 2015-2017 yılında da *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de Au konsantrasyonunun limit altında kaldığı dikkat çekmektedir.

4.12 Vanadyum (V) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında V konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.23’de verilmiştir.

Tablo 4.23 V konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
DKa	7349,6 Cb	8758,3 Db	1880,5 Aa	4197,5 B	9231,3 Db	300,0****
İKa	5907,2 a	5679,8 a	1790,0 a	LA	6167,2 a	114,3****
Odun	5963,8 Da	5558,9 Ca	4992,5 Bb	1803,8 A	5695,5 CDa	192,8****
F	6,1**	32***	35,9***	69,7***	65,1***	

Bütün organlarda tür bazında ve tüm türlerde de organ bazında değişimi gösterir tablo değerleri incelendiğinde V konsantrasyonlarının istatistiki olarak *Elaeagnus angustifolia* L.’de %99 güven düzeyinde, diğerlerinde ise %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Değerler incelendiğinde en düşük değerlerin genel olarak Odunda ve İKa’da en yüksek değerlerinde Dka’da elde edildiği belirlenmiştir. İKa’da V konsantrasyonunun *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de limit altında kaldığı dikkat çekmektedir.

V konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.24’de verilmiştir.

Tablo 4.24 V konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
2018-2020	6590,9 C	5745,1 Bcd	LA	1137,4 Aa	LA	51,2***
2015-2017	6669,4 C	5793,5 Ccd	3672,1 Ba	1680,6 Abc	LA	187,4***
2012-2014	5571,2 C	5694,1 Cbcd	4152,6 Bab	1841,1 Abcd	5699,2 Cbc	25,0***
2009-2011	6089,6 C	6376,0 Cd	4894,6 Bbc	1614,4 Aabc	6238,6 Cd	119,6***
2006-2008	5560,6 BC	6037,0 Ccd	4958,4 Bbc	1387,5 Aab	6072,8 Ccd	85,0***
2003-2005	5693,4 CD	5100,4 BCabc	4889,7 Bbc	2314,0 Ade	5966,4 Dc	49,0***
2000-2002	6123,8 C	4776,7 Bab	4709,9 Bb	1754,8 Abc	5659,3 BCb	22,3***
1997-1999	5786,5 C	4747,5 Ba	5686,0 Ccd	1546,8 Aab	5864,2 Cbc	40,9***
1994-1996	6382,8 D	5151,0 Babc	5748,8 Ccd	2102,7 Acd	5015,0 Ba	114,4***
1991-1993	5170,2 B	6167,3 Cd	6220,4 Cd	2658,6 Ae	5049,0 Ba	21,6***
F	2,0 ns	4,0**	7,2***	8,5***	4,0**	

V konsantrasyonunun da varyans analizi sonucunda bütün türlerde yıl bazında değişim değerleri incelendiğinde *Elaeagnus angustifolia* L. değerlerinin anlamlı düzeyde olmadığı ($p>0,05$), *Platanus orientalis* L. ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr değerlerinin %99 ($p<0,05$) güven düzeyinde anlamlı olduğu ve *Koelreuteria paniculata* Laxm ile *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle değerlerinin de %99,9 ($p<0,001$) güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Tablo değerlerine bakıldığında V konsantrasyonunun en yüksek değeri 6238,6 ppb ile 2009-2011 yılları arasında *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr.'da, en düşük değeri ise 1137,4 ppb ile 2018-2020 yılları arasında *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de olduğu görülmektedir.

Tüm yıllarda tür bazında V konsantrasyonunun istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak yıllar arasında en yüksek değerler *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr.'da en düşük değerler ise *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de elde edilmiştir. V konsantrasyonunun 2018-2020 yılları arasında *Koelreuteria paniculata* Laxm ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr.'da, 2015-2017 yılları arasında da yine *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr.'da limit değerleri altında kalması dikkat çekmektedir.

4.13 Kükürt (S) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında S konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.25'de verilmiştir.

Tablo 4.25 S konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
DKa	1202,0 Bc	1420,5 Cc	1668,0 Ec	1152,1 Ab	1535,9 Db	20.228,8***
İKa	504,2 Ab	1075,0 Cb	602,6 Bb	1257,3 Db	2383,5 Ec	91.269,5***
Odun	212,4 Aa	256,3 Aa	241,5 Aa	207,5 Aa	559,3 Ba	81,9***
F	1302,2***	2694,4***	445,1***	320,9***	282,2***	

S konsantrasyonunun bütün türlerinin organ bazında değişim değerleri incelendiğinde istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçlarına bakıldığında *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de iki farklı homojen grubun oluştuğu diğer türlerde ise her bir organın ayrı bir grup oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek değerlerin *Elaeagnus angustifolia* L.'de 1202,0 ppb, *Platanus orientalis* L.'de 1420,5 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 1668,0 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 1257,3 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de ise 2383,5 ppb olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca genel olarak en yüksek değerlerin DKa'da görülmesi dikkat çekmektedir. S konsantrasyonunun değişimi Odun<İKa<DKa olarak gösterilebilmektedir.

Tüm organların tür bazında değişim değerlerini gösterir tablo değerleri incelendiğinde istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçları göz önüne alındığında DKa'nın ve İKa'nın 5 farklı homojen grup, odunun ise 2 farklı homojen grup oluşturduğu görülmektedir. En yüksek değerlere bakıldığında Dka'da 1668,0 ppb ile *Koelreuteria paniculata* Laxm'de, İKa'da ve odunda sırasıyla 2383,5 ppb ve 559,3 ppb ile *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca en düşük değerlerin de DKa'da ve odunda *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de sırasıyla 1152,1 ppb ve 207,5 ppb olduğu, İKa'da ise *Elaeagnus angustifolia* L.'de 504,2 ppb olduğu belirlenmiştir.

S konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.26’da verilmiştir.

Tablo 4.26 S konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
2018-2020	221,2 Ag	279,6 Bg	LA	418,5 Cj	447,8 Db	19.784,1***
2015-2017	196,5 Ad	208,0 Ba	321,8 Cg	340,8 Di	413,1 Ea	15.772,1***
2012-2014	181,1 Ab	267,0 Df	254,4 Cf	191,4 Bf	611,6 Eg	106.269,2***
2009-2011	178,4 Aa	307,6 Ci	399,1 Di	208,5 Bh	522,4 Ef	27.101,2***
2006-2008	195,4 Bcd	234,7 Db	163,4 Ab	202,7 Cg	508,6 Ee	14.594,1***
2003-2005	193,7 Cc	295,9 Dh	141,2 Ba	134,6 Ab	468,9 Ec	106.881,1***
2000-2002	208,2 Cf	264,2 De	179,8 Bc	175,8 Ae	487,4 Ed	38.817,2***
1997-1999	202,2 Be	253,9 Cd	203,4 Be	119,3 Aa	509,4 De	62.879,0***
1994-1996	251,4 Dh	206,1 Ca	185,2 Bd	137,7 Ac	930,5 Ei	69.611,0***
1991-1993	296,0 Ci	245,8 Bc	325,7 Dh	145,1 Ad	693,2 Eh	32.419,4***
F	3600,0***	2856,6***	11.515,5***	11.941,9***	15.998,2***	

Varyans analizi sonucunda S konsantrasyonunun bütün türlerde dönem ve bütün dönemlerde de tür bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir.

Değerler incelendiğinde S konsantrasyonunun 119,3 ppm ile 930,5 ppm arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Tür bazında ise S konsantrasyonu *Elaeagnus angustifolia* L.’de 178,4 ppm ile 296,0 ppm, *Platanus orientalis* L.’de 206,1 ppm ile 307,6 ppm, *Koelreuteria paniculata* Laxm.’de 141,2 ppm ile 399,1 ppm, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de 119,3 ppm ile 418,5 ppm ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de de 413,1 ppm ile 930,5 ppm arasında değişim göstermektedir.

1994-1996 döneminde S konsantrasyonunun *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr’de bu derece yüksek olması dikkat çekmektedir. Ayrıca *Platanus orientalis* L.’de en yüksek ve en düşük değer arasında sadece 1,4 kat fark varken *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de en düşük ve en yüksek değer arasında yaklaşık 3,5 kat fark bulunmaktadır. Bu durum *Platanus orientalis* L.’de odun içerisinde S taşınımının oldukça yüksek olmasına rağmen *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle’de bu taşınımın

oldukça sınırlı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Nitekim birbirini takip eden dönemlerdeki S konsantrasyonları arasında çok yüksek düzeyde fark olması da bu sonucu desteklemektedir.

4.14 Potasyum (K) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında K konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.27'de verilmiştir.

Tablo 4.27 K konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
DKa	2762,0 B	12.868,0 Dc	2708,4 Aa	3941,0 C	3913,0 Cb	92.725,2***
İKa	2963,6 B	6192,5 Db	1863,2 Aa	3132,2 C	6994,5 Ec	42.129,7***
Odun	3007,3 B	3552,7 Ca	5234,0 Db	3784,5 C	1908,9 Aa	79,1***
F	0,3 ns	334,7***	30,0***	1,1 ns	83,3***	

Tablo değerleri incelendiğinde K konsantrasyonunun türlerin organ bazındaki değişiminin *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p>0,05$) olmadığı onun dışındaki diğer türlerde istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre *Koelreuteria paniculata* Laxm'ün iki farklı homojen grup oluştururken *Platanus orientalis* L. ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'in ise üç farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek değerlere bakıldığında *Platanus orientalis* L.'de 12.868,0 ppb ile DKa'da, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 5234,0 ppb ile Odunda ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de de 6994,5 ppb ile İKa'da olduğu incelenmiştir. En düşük değerler ise *Platanus orientalis* L. ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de sırasıyla 3552,7 ppb ve 1908,9 ppb olarak odunda elde edilirken *Koelreuteria paniculata* Laxm'de de 1863,2 ppb olarak İKa'da elde edilmiştir.

K konsantrasyonun organların tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. Dka'da en yüksek değer *Platanus orientalis*

L.'de 12.868,0 ppb, en düşük değer *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 2708,4 ppb olarak hesaplanırken İKa'da da en düşük değer *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 1863,2 ppb, en yüksek değer ise *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 6994,5 ppb olarak incelenmiştir. Odunda ise en yüksek değer *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 5234,0 ppb, en düşük değer de *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 1908,9 ppb olarak hesaplanmıştır. Genel olarak tabloya bakıldığında K konsantrasyonunun en yüksek ve en düşük değerinin arasında yaklaşık 7 kat fark olduğu dikkat çekmektedir.

K konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.28'de verilmiştir.

Tablo 4.28 K konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	El. an.	Pla. or.	Ko. pa.	Ail. alt.	Ced. at.	F
2018-2020	2154,3 Aa	3042,0 Cc	LA	2172,9 Aa	2864,6 Bh	1726,7***
2015-2017	2872,8 Cd	2563,3 Aa	6180,8 Eh	4334,8 Df	2799,8 Bg	11.755,1***
2012-2014	2702,8 Bc	2641,3 Ab	6827,2 Ei	3944,4 De	2963,8 Ci	45.035,8***
2009-2011	2539,6 Bb	3275,4 Cd	6104,7 Eg	4921,8 Di	2070,8 Af	20.538,2***
2006-2008	3023,4 Bf	3548,0 Ce	5136,9 Ef	4561,2 Dh	1680,4 Ad	29.661,1***
2003-2005	3352,6 Bi	4479,0 Ej	4159,2 Db	3491,5 Cc	1130,4 Ab	46.635,1***
2000-2002	3301,8 Bh	4202,7 Ch	4968,4 Ed	4431,3 Dg	1037,0 Aa	38.403,5***
1997-1999	3112,5 Bg	4233,5 Di	5044,1 Ee	3167,4 Cb	1046,3 Aa	13.536,5***
1994-1996	2925,2 Be	3623,6 Cf	4673,7 Dc	3622,0 Cd	1635,2 Ac	12.590,5***
1991-1993	4088,6 Ej	3918,0 Cg	4011,5 Da	3197,4 Bb	1860,8 Ae	6796,4***
F	3456,7***	4402,5***	6630,0***	5711,9***	5186,0***	

K konsantrasyonunun varyans analizi sonucunda tüm türlerde yıl ve tüm yıllarda tür bazında değişimlerinin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Değerler incelendiğinde K konsantrasyonunun en yüksek değerleri *Elaeagnus angustifolia* L.'de 1991-1993 yılların arasında 4088,6 ppb, *Platanus orientalis* L.'de 2003-2005 yılları arasında 4479,0 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 2012-2014 yılları arasında 6827,2 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 2009-2011 yılları

arasında 4921,8 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 2012-2014 yılları arasında 2963,8 ppb olarak elde edilirken en düşük değerleri ise *Elaeagnus angustifolia* L.'de 2018-2020 yılları arasında 2154,3 ppb, *Platanus orientalis* L.'de 2015-2017 yılları arasında 2563,3 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 1991-1993 yılları arasında 4011,5 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 2018-2020 yılları arasında 2172,9 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de ise 2000-2002 yılları arasında 1037,0 ppb olarak elde edilmiştir.

Tabloya bakıldığında K konsantrasyonunun 2018-2020 yılları arasında *Koelreuteria paniculata* Laxm'de limit altında kaldığı dikkat çekmektedir. Ayrıca *Platanus orientalis* L. ve *Koelreuteria paniculata* Laxm'de en düşük ve en yüksek değer arasında yaklaşık 1,5 kat fark varken *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de en düşük ve en yüksek değer arasında yaklaşık olarak 3 kat fark bulunmaktadır. Bu durum *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de odun içerisinde K taşınımının oldukça yüksek olduğu şeklinde yorumlanabilir.

4.15 Magnezyum (Mg) konsantrasyonu (ppb)

Çalışma kapsamında Mg konsantrasyonlarının türlere göre organ değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, ortalama değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.29'da verilmiştir.

Tablo 4.29 Mg konsantrasyonunun organlarda birikimi

Organ	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
DKa	966,3 Ac	992,4 Db	987,6 B	989,7 Cb	990,3 Cb	1037,2****
İKa	681,1 Bb	954,6 Db	805,6 C	656,4 Aa	988,1 Eb	10.169,1****
Odun	400,6 Aa	497,9 Ba	784,1 C	949,8 Db	818,0 Ca	85,3****
F	13,6****	135,5****	1,8 ns	14,0****	23,2****	

Mg elementi konsantrasyonunun değişimini gösterir tablo değerlerine göre varyans analizi sonuçları incelendiğinde dış kabuk, iç kabuk ve odun kısımlarında istatistiki olarak güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,001$) olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre iç kabukta beş farklı homojen grup, dış kabuk ve odunda 4 farklı homojen grup olduğu tespit edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde dış kabuk

kısımında en yüksek değer *Platanus orientalis* L.'de 992,4 ppb, en düşük değer *Elaeagnus angustifolia* L. de 966,3 ppb olarak elde edilirken iç kabuk kısmında en düşük değer *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 656,4 ppb, en yüksek değer *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 988,1 ppb olarak elde edilmiştir. Odun kısmında ise en yüksek değer *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 949,8 ppb, en düşük değer *Elaeagnus angustifolia* L.'de 400,6 ppb olarak hesaplanmıştır.

Mg konsantrasyonunun tüm türlerin organ bazında değişimleri dikkate alındığında *Koelreuteria paniculata* Laxm dışındaki diğer tüm türler istatistiki olarak güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,001$) olarak belirlenirken *Koelreuteria paniculata* Laxm'ün güven düzeyinde anlamlı düzeyde olmadığı ($p > 0,05$) tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre *Elaeagnus angustifolia* L.'de üç farklı homojen grup varken diğer türlerde iki farklı homojen grup belirlenmiştir. Mg elementi konsantrasyonu en yüksek değeri *Platanus orientalis* L.'de 992,4 ppb, en düşük değeri ise *Elaeagnus angustifolia* L.'de 400,6 ppb olarak belirlenmiştir. En büyük ve En küçük değer arasında yaklaşık olarak 2,5 kat fark olması dikkat çekmektedir.

Mg konsantrasyonlarının çalışma kapsamında tür ve yıllara bağlı değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, F değeri ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.30 Mg konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Yaş	<i>El. an.</i>	<i>Pla. or.</i>	<i>Ko. pa.</i>	<i>Ail. alt.</i>	<i>Ced. at.</i>	F
2018-2020	230,2 Aa	387,0 Ba	LA	656,4 Ca	871,4 Dh	32.827,3***
2015-2017	523,6 Bi	435,8 Ab	960,6 Dg	987,7 Ee	800,1 Cd	27.991,6***
2012-2014	268,2 Ab	543,6 Bh	962,7 Dg	988,6 Ee	836,0 Cg	242.730,2***
2009-2011	276,5 Ac	497,6 Be	966,2 Dh	990,1 Ee	826,5 Cf	351.034,1***
2006-2008	333,0 Ae	551,2 Ci	491,6 Ba	977,0 Ec	811,0 De	163.400,6***
2003-2005	388,7 Ah	638,2 Cj	558,9 Bb	989,8 Ee	759,4 Dc	44.290,6***
2000-2002	366,2 Ag	518,0 Bg	599,2 Cc	990,2 Ee	749,3 Db	71.583,4***
1997-1999	354,9 Af	506,4 Bf	751,2 Dd	982,7 Ed	741,1 Ca	26.296,4***
1994-1996	303,3 Ad	462,0 Bd	810,1 Ce	959,3 Eb	838,4 Dg	25.851,9***
1991-1993	961,2 Dj	439,4 Ac	956,7 Cf	976,4 Ec	946,7 Bi	46.062,8***
F	120.650,4***	4415,2***	30.949,3***	7275,7***	1408,2***	

Tablo değerleri incelendiğinde tüm türlerde yaş, tüm yaşlarda da tür bazından Mg elementi konsantrasyonu değişimi istatistiki olarak güven düzeyinde anlamlı ($p<0,001$) olarak görülmektedir.

Mg konsantrasyonunun en düşük değerleri 1991-1993 ve 2015-2017 yaş aralığında *Platanus orientalis* L.'de diğer yaşlarda da *Elaeagnus angustifolia* L.'de elde edilmiştir. En büyük değerlerde 2018-2020 yaş aralığında *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de, diğer tüm yaş aralıklarında ise *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de hesaplanmıştır. Değerler incelendiğinde en büyük değerler *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de 1991-1993 yaş aralığında sırasıyla 961,2 ppb ve 946,7 ppb, *Platanus orientalis* L.'de 2003-2005 yaş aralığında 638,2 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 2009-2011 yaş aralığında 966,2 ppb ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 2000-2002 yaş aralığında 990,2 ppb olarak bulunmuştur.

En düşük değerlere bakıldığında ise *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Platanus orientalis* L.'de 2018-2020 yaş aralığında sırasıyla 230,2 ppb ve 387,0 ppb, *Koelreuteria paniculata* Laxm'de 2006-2008 yaş aralığında 491,6 ppb, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'de 2018-2020 yaş aralığında 656,4 ppb ve *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr'de de 1997-1999 yaş aralığında 741,1 ppb olarak hesaplanmıştır. Genel olarak bakıldığında ise Mg konsantrasyonunun en büyük değeri 990,2 ppb ile en düşük değeri 230,2 ppb arasında yaklaşık olarak 4,5 kat fark olması dikkat çekmektedir.

5. TARTIŞMA

Çalışma, yakın geçmişte ağır metal konsantrasyonlarındaki değişiklikleri izlemek için gerçekleştirilmiş, belirlenen türlerin yıllık halkalardaki değişiklikler yeri ve yönü temelinde incelenmiştir. Bu tarihe kadar bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonları üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Sevik vd., 2018; Turkyılmaz vd., 2019). Bu elementler genel olarak ağır metal konsantrasyon çalışmalarına konu olmasına rağmen, bu çalışmalar çoğunlukla Pb, Ni, Cd ve Co gibi diğer elementler üzerinde yoğunlaşmıştır (Cesur vd., 2022; Ghoma vd., 2022). Bu elementler üzerinde yapılan çalışmaların öne çıkmasındaki ana faktörler, çok düşük konsantrasyonlarda bile toksik ve kanserojen olabilmeleri olabilir.

Pb, Ni, Cd, Cr, Hg, Pd, As, Mn ve Zn gibi ağır metaller potansiyel toksisitesi ve canlı organizmalara maruz kalması açısından en toksik ağır metaller arasındadır. Üst solunum yollarında burun akıntısı, burun kanaması, kaşıntı ve perforasyonların yanı sıra kroma karşı alerjik reaksiyonları olan kişilerde astım atakları da görülebilir. Çalışmaya konu olan elementlerin organlardaki konsantrasyonlarında önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir. Bugüne kadar yapılan çok sayıda çalışmada, organlara bağlı olarak farklı elementlerin konsantrasyonlarındaki değişiklikler değerlendirilmiştir. Yapraklar, dallar, tohumlar, kabuk, odun, iç kabuk ve dış kabuk arasındaki farklar belirlenmiştir. Bu çalışmalarda ağır metal konsantrasyonlarının organlar bazında önemli ölçüde değiştiği görülmüştür. Benzer sonuçlar konu ile ilgili çok sayıda çalışmada elde edilmiştir (Cetin vd., 2020; Cetin vd., 2021; Savas vd., 2021).

Bu çalışmada en yüksek bazı değerler (örneğin Mn) *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Koelreuteria paniculata* Laxm ormanlarında elde edilmiştir. Bu nedenle, havadaki Mn konsantrasyonunu azaltmak için bu türlerin kullanılması önerilebilir. Ek olarak, *Elaeagnus angustifolia* L., *Koelreuteria paniculata* Laxm ve *Cedrus atlantica* (Endll.) Manetti ex Carr. de farklı yıllarda ölçülen Mn konsantrasyonları arasında büyük farklılıklar bulunabilir. *Platanus orientalis* L. ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle cinsinden ölçülen Mn konsantrasyonları dar bir aralıkta değişir. Bu durum *Platanus*

orientalis L. ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'te ahşapta Mn'nin yer değiştirmesi fazla olarak yorumlanabilirken, *Elaeagnus angustifolia* L., *Koelreuteria paniculata* Laxm ve *Cedrus atlantica* (Endll.) Manetti ex Carr.'te Mn'nin ahşapta yer değiştirmesi daha sınırlıdır. Bu nedenle, havadaki Mn konsantrasyonlarını izlemek için kullanılacak en uygun türler *Elaeagnus angustifolia* L., *Koelreuteria paniculata* Laxm ve *Cedrus atlantica* (Endll.) Manetti ex Carr.'dir. Cr konsantrasyonu, farklı türlerdeki varlık seviyelerine göre incelenir, en yüksek *Platanus orientalis* L. ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'te, en düşük ise *Koelreuteria paniculata* Laxm ve *Elaeagnus angustifolia* L. türlerinde bulunurken aynı şekilde Zn konsantrasyonu da farklı türlerdeki varlık seviyelerine göre incelenir, en yüksek *Koelreuteria paniculata* Laxm ve *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle'te, en düşük ise *Cedrus atlantica* (Endll.) Manetti ex Carr. ve *Elaeagnus angustifolia* L. türlerinde bulunur. Türlerin kapasitesini kirleticileri adsorbe etmek için karşılaştırsak, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle ve *Platanus orientalis* L. en yüksek ağır metal tutma oranına sahip bitkidir. En düşük tutma kapasitesi *Elaeagnus angustifolia* L. tipinde bulunmuştur. Biyomonitör olarak en başarılı tür *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle olarak belirlenmiştir. Bu türün bilinen özelliklerinin başında peyzaj işlerinde çok fazla bakım ve maliyete neden olmadığı için park, bahçe ve otoyol kenarı süslemelerinde yaygın olarak tercih edilmesi gelmektedir. Sert iklim koşullarına dayanıklı, kuraklığa karşı kendini koruyabilen, hızlı büyüyen bir tür olması da büyük bir avantajdır. Bu tipin yaygın kullanımı hem ağır metalleri çevreden adsorbe eder hem de düşük bakım maliyeti nedeniyle sürdürülebilir bir pasif biyomonitör özelliği gösterir. Bu durum göz önüne alındığında trafik yoğunluğu arttıkça Cr ve Mn konsantrasyonunun genel olarak arttığı söylenebilir. Yön faktörü incelendiğinde, çalışmaya konu olan elemanların konsantrasyonlarının ana yola ve parkın otoparkına bakan yönde arttığı görülmektedir. Yine benzer şekilde yön faktörü incelemeleri sırasında kabuklarda ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimler incelendiğinde ana yolda ve parkın trafiğin yoğun olduğu otoparka bakan kısmında artış olmaktadır.

Ağır metaller bitki bünyesine havadan yapraklar, topraktan kökler veya gövde bölümlerinden doğrudan girebilmektedir (Cobanoğlu vd., 2023; Key vd., 2022). Ancak ağır metallerin bitki bünyesine girişi ve birikimini etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Havadaki nem miktarı, ağır metalin yapısı, ağır metal ile bitki

etkileşimi, organın yapısı gibi faktörler bunlardan bazılarıdır (Cobanoğlu vd., 2023; Sevik, 2020a; Turkyılmaz vd., 2020).

Ayrıca her bitki her ağır metal için iyi bir biyomonitor değildir. Bunun sebebi ağır metallerin odun kısmında transfer olabilmeleri yani taşınabilmeleridir. Örneğin Zhang, (2019) *Cedrus deodora* yıllık halkalarında Zn ve Pb konsantrasyonlarının belirli bir dereceye kadar yer değiştirdiğini, Cu konsantrasyonunun ise hiç yer değiştirmedikçe belirtmiştir. Koç, (2021) *Cedrus atlantica*'da Ni elementinin odun içerisinde transferinin sınırlı olduğunu ve bundan dolayı süreç içerisindeki Ni konsantrasyonunun değişiminin izlenmesi için *Cedrus atlantica* yıllık halkalarının uygun bir biyomonitor olduğunu ancak bu durumun Co için geçerli olmadığını belirtmektedir. *Cedrus atlantica* yıllık halkalarında Cr, Mn, Pb ve Cd elementlerinin transferinin de sınırlı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Isinkaralar, 2022a; Savas vd., 2021). Cesur vd., (2021) *Cupressus arizonica* yıllık halkalarının Cd ve Ni konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesi için son derece uygun olduğunu ancak, Bi elementinin değişiminin izlenmesi için uygun olmadığını belirtmektedirler. Dolayısıyla bir türün ağır metal kirliliğinin süreç içerisindeki değişiminin izlenmesi için kullanılabilirliğindeki en önemli özelliklerden birisi de ağır metallerin odun içerisinde transferinin sınırlı düzeyde olmasıdır ve bu durum türden türe değişebilmektedir.

Bitkilerde ağır metal birikimini etkileyen bir diğer unsur bitki metabolizmasıdır. Bitkilerin bütün fenotipik karakterleri genetik yapı (Kurz vd., 2023; Sevik vd., 2021) ile çevre şartlarının (Koç ve Nzokou, 2022a,b; Koç ve Nzokou, 2023) etkisinde gerçekleşmektedir. Çevre şartları da iklimik faktörler (Dogan vd., 2022; Tekin vd., 2022; Zeren Cetin vd., 2022) ve edafik faktörler (Özel vd., 2022) yanında mikroçevre şartlarına (Sevik vd., 2019d; Yigit vd., 2023) bağlı olarak bitki gelişimini şekillendirmektedir. Dolayısıyla bu faktörlerin her birisi ayrı ayrı ve karşılıklı etkileşim şeklinde bitki gelişimini ve dolayısıyla bitkinin ağır metal alım ve biriktirme potansiyelini etkilemektedir.

6. SONUÇ

Biyomonitör olarak kullanılan bitkiler bünyelerinde ağır metalleri biriktirir ve bu bitki organlarının analizleri ağır metal kirliliğinin seviyesi hakkında bir fikir verebilir. Bununla birlikte, bitki gövdesinde ağır metallerin alınması ve birikmesi, çevresel koşullarıyla yakından ilgilidir. Bitkilerdeki birikimlerin hava nemi ve yağış ile de önemli bir ilişkisi vardır. Ayrıca, bitkide ağır metallerin birikmesi de bitkinin habitatu ve gelişimi ile ilgilidir. Bitki büyümesi çevresel koşullardan etkilenir. Çevresel koşullar, trafik ve iklimsel faktörlerin bir kombinasyonundan oluşur ve bu koşullar hem bitki büyümesini hem de bitki bünyesinde ağır metaller birikimini etkiler. Bitki gelişimine ek olarak, bitkinin genetik yapısı da ağır metallerin kirlenmesi ve birikmesi sürecinde etkilidir. Çünkü canlıların tüm fenotipik karakterleri genetik yapıların ve çevre koşullarının etkisi altında şekillenmektedir. Bu nedenle, aynı türdeki bireylerin fenotipik karakterleri ve büyüme performansları, çevre koşulları benzer olsa bile farklılıklar gösterebilir.

Bu durum aynı kirli ortamda yetişen bitkilerin aynı genetik yapıya sahip olmadıkları ve dolayısıyla bünyelerinde farklı ağır metal birikim seviyelerine sahip olabilecekleri sonucuna götürmektedir. Bu farkı ortadan kaldırmak için, aynı genetik yapıya sahip klonların kullanılması gerekir ki bu pek mümkün değildir. Diğer bir yöntem ise aynı bireyi inceleyerek genetik yapıdan kaynaklanan farklılıkları ortadan kaldırmaktır. Bu çalışmada olduğu gibi aynı ağacın yıllık halkalarının kullanılması, genetik yapının neden olduğu hataların önüne geçebilir.

Bu çalışmada, *Ailanthus altissima*'nın (Mill.) çalışmaya konu elementlerin çoğu için iyi bir biyomonitör olduğunu göstermiştir. Bu tür aynı zamanda kent merkezlerindeki kirli havaya en dayanıklı türlerden birisi olarak da bilinmektedir. Dolayısıyla hem ağır metal kirliliğinin izlenmesi hem de azaltılabilmesi amacıyla kullanılabilecek uygun bir tür olduğu ortaya konulmuştur.

Çalışmanın sonuçları, incelenen faktörlere bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarının önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, yakın geçmişte ağır metal konsantrasyonlarında değişikliğe

neden olabilecek faktörlerin etkisinin büyüklüğü önemli ölçüde belirlenmiştir. Havadaki ağır metal konsantrasyonunun zaman içinde nasıl değiştiğini ve bu değişimin ağır metal salınımına neden olan ağır sanayi faaliyetleri kapsamında karayolları, fabrikalar ve benzeri yerlerde çevresel etkilerini belirlemek için kullanılabilir. Bu çalışmada kullanılan yöntem, numunelerin alındığı bitkiye hayati bir zarar vermeyen sürdürülebilir bir yöntemdir.



KAYNAKLAR

- Aboal, J. R., Fernández, J. A., Boquete, T., & Carballeira, A. (2010). Is it possible to estimate atmospheric deposition of heavy metals by analysis of terrestrial mosses? *Science of the Total Environment*, 408(24), 6291–6297.
- Alahabadi, A., Ehrampoush, M. H., Miri, M., Aval, H. E., Yousefzadeh, S., Ghaffari, H. R., Ahmadi, A., Talebi, P., Fathabadi, Z. A., Babai, F., Nikoonahad, A., Sharafi, K. & Hosseini- Bandegharai, A. (2017). A comparative study on capability of different tree species in accumulating heavy metals from soil and ambient air. *Chemosphere*, 172, 459-467.
- Alaqouri, H. A. A., Genc, C. O., Aricak, B., Kuzmina, N., Menshikov, S., & Cetin, M. (2020). The possibility of using Scots pine needles as biomonitor in determination of heavy metal accumulation. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 20273-20280.
- Alhesnawi, A. S. M. (2023). A comparison of bird feathers and plant leaves as a biological tool for assessing air pollution by some heavy elements. *Journal of Chemical Health Risks*.
- Anagha, B., Athira, P. S., Anisha, P., Charles, P. E., Anandkumar, A., & Rajaram, R. (2022). Biomonitoring of heavy metals accumulation in molluscs and echinoderms collected from southern coastal India. *Marine Pollution Bulletin*, 184, 114169.
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2019). The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 6723-6734.
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2020). The usability of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic-originated heavy metal concentrations in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies* 29(2), 1051-1057.
- Aricak, B., Enez, K., Özer Genc, C., & Sevik, H. (2016). A method study to determine buffering effect of the forest cover on particulate matter and noise isolation. In 1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016): 177-185.
- Aydogdu, A., Sevik, & H. (2015). Indoor Air Quality: The Samples of Ilgarini and Mantar Cave. I. Eurasia International Tourism Congress: Current Issues, Trends, and Indicators (EITOC-2015), 95-104
- Bajpai, R., Upreti, D. K., Dwivedi, S. K., & Nayaka, S. (2009). Lichen as quantitative biomonitors of atmospheric heavy metals deposition in Central India. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 63(3), 235–246.

- Bayraktar, O. Y. (2021). Possibilities of disposing silica fume and waste glass powder, which are environmental wastes, by using as a substitute for portland cement. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(13), 16843-16854.
- Beramendi-Orosco, L. E., Hernandez-Morales, S., Gonzalez-Hernandez, G., Constante-Garcia, V., & Villanueva-Diaz, J. (2013b). Dendrochronological potential of *Fraxinus uhdei* and its use as bioindicator of fossil CO₂ emissions deduced from radiocarbon concentrations in tree rings. *Radiocarbon*, 55(2), 833-840.
- Beramendi-Orosco, L. E., Rodriguez-Estrada, M. L., Morton-Bermea, O., Romero, F. M., Gonzalez-Hernandez, G., & Hernandez-Alvarez, E. (2013a). Correlations between metals in tree-rings of *Prosopis juliflora* as indicators of sources of heavy metal contamination. *Applied geochemistry*, 39, 78-84.
- Bonanno, G., & Orlando-Bonaca, M. (2017). Trace elements in Mediterranean seagrasses: Accumulation, tolerance and biomonitoring. A review. *Marine Pollution Bulletin*, 125(1–2), 8–18.
- Cesur, A., Cetin, I. Z., Aisha, A. E. S. A., Alrabiti, O. B. M., Aljama, A. M. O., Jawed, A. A., ... & Ozel, H. B. (2021). The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35642-35648.
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Cetin, M., Sevik, H., Ozel, H.B. (2022). The use of *Cupressus arizonica* as a biomonitor of Li, Fe, and Cr pollution in Kastamonu. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(6), 193.
- Cetin, M, Sevik, H, Turkyilmaz, A. & Isinkaralar, K. (2021). Using Abies's needles as biomonitors of recent heavy metal accumulation. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(1), 1-6.
- Cetin, M, Sevik, H. & Cobanoglu, O. (2020). Ca, Cu, and Li in washed and unwashed specimens of needles, bark, and branches of the blue spruce (*Picea pungens*) in the city of Ankara. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(17), 21816-21825.
- Cetin, M., Ahmida, E. A., Mossi, M. M. M., & Sevik, H. (2017b). The effect of the amount of CO₂ on *Sansevieria trifasciata* in indoor environment. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity 05-08 July 2017, Minsk – BELARUS, p:280
- Cetin, M., Aljama, A. M. O., Alrabiti, O. B. M., Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022a). Determination and mapping of regional change of Pb and Cr pollution in Ankara city center. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(5), 1-10.
- Cetin, M., Aljama, A. M. O., Alrabiti, O. B. M., Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022b). Using topsoil analysis to determine and map changes in Ni Co pollution. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233

- Cetin, M., Altera, A. Z. A., & Bayraktar, O. Y. (2019c). Advanced road materials highway infrastructure and features. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 5(1), 36-42.
- Cetin, M., Onac, A. K., Sevik, H., & Sen, B. (2019a). Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(3), 311-316.
- Cetin, M., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2017a). Changes in the particulate matter and CO₂ concentrations based on the time and weather conditions: the case of Kastamonu. *Oxidation Communications*, 40(1-II), 477-485.
- Cetin, M., Sevik, H., & Saat, A. (2017c). Indoor air quality: the samples of Safranbolu Bulak Mencilis cave. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(10), 5965-5970.
- Cetin, M., Sevik, H., & Yigit, N. (2018a). Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(7), 404.
- Cetin, M., Sevik, H., Aricak, B., Ozturk, A., Genc, C. O., Aisha, A. E. S. A., Jawed, A.A., Aljama, A.M.O. & Alrabiti, O. B. M. (2019b). The investigation of the changing in concentration of some heavy metals in seeds, leaves, and branches because of traffic density: a case study of *Acer platanoides*. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 83-92.
- Cetin, M., Sevik, H., Koc, I., & Cetin, I. Z. (2023). The change in biocomfort zones in the area of Muğla province in near future due to the global climate change scenarios. *Journal of Thermal Biology*, 112, 103434.
- Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N., Ozel H.B., Aricak, B., & Varol, T. (2018b). The variable of leaf micromorphological characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5), 3206-3211.
- Chen, S., Yao, Q., Chen, X., Liu, J., Chen, D., Ou, T., ... & Fang, K. (2021). Tree-ring recorded variations of 10 heavy metal elements over the past 168 years in southeastern China. *Elem Sci Anth*, 9(1), 00075.
- Cobanoğlu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do annual rings really reveal Cd, Ni, and Zn pollution in the air related to traffic density? An example of the Cedar tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(2), 65.
- Çobanoğlu, O. (2019). The Possibilities of Using Blue Spruce (*Picea pungens* Engelm) As a Bio-Monitor by Measuring The Recent Accumulation of Heavy Metals in its Leaves, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 62 pages
- Dogan S, Kilicoglu C, Akinci H, Sevik H, Cetin M (2022). Determining the suitable settlement areas in Alanya with GIS-based site selection

- analyses. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(11), 29180-29189.
- Elajail, I. S. I., & Sevik, H. (2022). Assessing the Co, Bi, and Mg contents of some mineral concrete additives in terms of environmental effects. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(2), 128-134.
- Elajail, I.S.I., Sevik, H., Ozel, H.B., Isik, B. (2022). Examining the chemical compositions of mineral concrete agents in terms of their environmental effects, *Feb-Fresenius Environmental Bulletin*, 31(9), 9784-9790
- Elsunousi AAM, Sevik H, Cetin M, Ozel HB, Uzun Ozel H (2021). Periodical and regional change of particulate matter and CO2 concentration in Misurata. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 707.
- Erdem, R., Arıcak, B., Çetin, M., & Sevik, H. (2023b). Change in some heavy metal concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *Forestist* (InPress)
- Erdem, R., Çetin, M., Arıcak, B., & Sevik, H. (2023a). The change of the concentrations of boron and sodium in some forest soils depending on plant species. *Forestist*, 73(2), 207-212.
- Erdem, T. (2018). Changes In Heavy Metal Concentrations Due To Species, Organelle And Traffic Density In Some Plants, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Forest Engineering, MsC Thesis, 59 pages
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Comparison of the rate of certain trace metals accumulation in indoor plants for smoking and non-smoking areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.
- Ghoma, W., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15, 415-424.
- González, C. M., Casanovas, S. S., & Pignata, M. L. (1996). Biomonitoring of air pollutants from trafıc and industries employing *Ramalina ecklonii* (Spreng.) Mey. and Flot. in Córdoba. *Argentina. Environmental Pollution*, 91(3), 269–277. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(95\)00076-3](https://doi.org/10.1016/0269-7491(95)00076-3)
- Hmeer, A. I. A. (2020). Variation of Heavy Metal Concentrations Depending On Growing Environment in Some Plants, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Environmental Engineering, MsC Thesis, 62 pages
- IQAir (2019). 2019 World Air Quality Report: Region & City Pm2.5 Ranking. Online: <https://www.iqair.com/us/world-most-polluted-cities>. Erişim Tarihi: 15 Haziran 2023.

- Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., & Lakestani, S. (2023). Equilibrium study of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) from gas streams by black pine cones-derived activated carbon. *Environmental Technology & Innovation*, 103209.
- Isinkaralar, K. (2022a). The large-scale period of atmospheric trace metal deposition to urban landscape trees as a biomonitor. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-10.
- Isinkaralar, K. (2022c). Atmospheric deposition of Pb and Cd in the Cedrus atlantica for environmental biomonitoring. *Landscape and Ecological Engineering*, 18(3), 341-350.
- Isinkaralar, K., Cetin, M., Icen, H. B. & Sevik, H. (2015). Indoor quality analysis of CO₂ for student living areas. In: *The International Conference on Science, Ecology and Technology I (ICONSETE'2015 – Vienna) August 25- 28, 2015, Vienna, Austria*, 123.
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2023a). Assessing the possibility of airborne bismuth accumulation and spatial distribution in an urban area by tree bark: A case study in Düzce, Türkiye. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-12.
- Isinkaralar, K., Koc, I., Erdem, R., & Sevik, H. (2022). Atmospheric Cd, Cr, and Zn deposition in several landscape plants in Mersin, Türkiye. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(4), 120.
- Isinkaralar, O. (2023). Bioclimatic comfort in urban planning and modeling spatial change during 2020–2100 according to climate change scenarios in Kocaeli, Türkiye. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(7), 7775-7786.
- Istanbullu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial distribution of heavy metal contamination in road dust samples from an urban environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 110(4), 78.
- Isinkaralar, K. (2022b). Evaluation of environmental barium concentration biomonitoring in tree rings. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(4), 754-759.
- Janta, R., Chantara, S. (2017). Tree bark as bioindicator of metal accumulation from road traffic and air quality map: A case study of Chiang Mai, Thailand. *Atmospheric Pollution Research*, 8, 956-967.
- Jiang, Y., Fan, M., Hu, R., Zhao, J., & Wu, Y. (2018). Mosses are better than leaves of vascular plants in monitoring atmospheric heavy metal pollution in urban areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1105.

- Kaplan, G., Gulcan, A., Cagdas, B., & Bayraktar, O. Y. (2021). The impact of recycled coarse aggregates obtained from waste concretes on the lightweight pervious concrete properties. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 17368-17394.
- Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A. & Cetin, M. (2022). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape and Ecological Engineering*, 18, 75-83.
- Key, K., & Kulaç, Ş. (2022). Proof of concept to characterize historical heavy metal concentrations from annual rings of *Corylus colurna*: determining the changes of Pb, Cr, and Zn concentrations in atmosphere in 180 years in North Turkey. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(9), 1623-1633.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year change of Cd, Fe, and Al concentrations in the air by using annual rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 1-13.
- Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., Sevik, H. (2021). Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 143(1-2), 379–388.
- Koç, İ. (2021). Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35880-35886.
- Koç, İ., Cantürk, U., & Çobanoğlu, H. (2022). Changes of plant nutrients K and Mg in several plants based on traffic density and organs. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 54-59.
- Koç, İ., Nzokou, P. (2022a). Do various conifers respond differently to water stress? A comparative study of white pine, concolor and balsam fir. *Kastamonu University Journal of Forest Faculty*, 22(1), 1-16.
- Koç, İ., Nzokou, P. (2022b). Gas exchange parameters of 8-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. seedlings under different irrigation regimes. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(12), 2421-2429.
- Koç, İ., Nzokou, P. (2023). Combined effects of water stress and fertilization on the morphology and gas exchange parameters of 3-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(3), 49.
- Kurz, M., Koelz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., ... & Csillery, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech—Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management*, 531, 120801.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., Aricak, B., Onat, S. M., & Sevik, H. (2023). Change of aluminum concentrations

- in specific plants by species, organ, washing, and traffic density, *BioResources* 18(1), 792-803.
- Lehndorf, E., & Schwark, L. (2009). Biomonitoring airborne parent and alkylated three-ring PAHs in the Greater Cologne Conurbation I: Temporal accumulation patterns. *Environmental Pollution*, 157(4), 1323–1331.
- Li, P., Laffitte, B., Cao, Y., & Tang, Y. (2023). Reconstruction of heavy metal (loid) pollution history based on dendrochemistry in Jiuzhaigou World Natural Heritage site, southwestern China. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-13.
- Liu, Y., Zhao, X., Liu, R., Zhou, J., & Jiang, Z. (2022). Biomonitoring and phytoremediation potential of the leaves, bark, and branch bark of street trees for heavy metal pollution in urban areas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(5), 344.
- Mahapatra, B., Dhal, N. K., Dash, A. K., Panda, B. P., Panigrahi, K. C. S., & Pradhan, A. (2019). Perspective of mitigating atmospheric heavy metal pollution: Using mosses as biomonitoring and indicator organism. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(29), 29620–29638. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06270-z>
- Mao, H. T., Wang, X. M., Wu, N., Chen, L. X., Yuan, M., Hu, J. C., & Chen, Y. E. (2022). Temporal and spatial biomonitoring of atmospheric heavy metal pollution using moss bags in Xichang. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 239, 113688.
- Nechita, C., Iordache, A. M., Lemr, K., Levanič, T., & Pluhacek, T. (2021). Evidence of declining trees resilience under long term heavy metal stress combined with climate change heating. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128428.
- Nekhoroshkov, P., Peshkova, A., Zinicovscaia, I., Vergel, K., & Kravtsova, A. (2022). Assessment of the atmospheric deposition of heavy metals and other elements in the mountain Crimea using moss biomonitoring technique. *Atmosphere*, 13(4), 573.
- Ozel, H. B., Donduran, B., Cakmakli, E., & Sevik, H. (2020). Factors affecting success in natural regeneration works of cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) In Kas region of Antalya. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 6(2), 054-059.
- Özel, H. B., Şevik, H., Onat, S. M., & Yigit, N. (2022). The effect of geographic location and seed storage time on the content of fatty acids in stone pine (*Pinus pinea* L.) seeds. *BioResources*, 17(3), 5038-5048.
- Paoli, L., Maccelli, C., Guarnieri, M., Vannini, A., & Loppi, S. (2019). Lichens “travelling” in smokers’ cars are suitable biomonitors of indoor air quality. *Ecological Indicators*, 103, 576–580. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.058>

- Perone, A., Cocozza, C., Cherubini, P., Bachmann, O., Guillon, M., Lasserre, B., Marchetti, M. & Tognetti, R. (2018). Oak tree-rings record spatial-temporal pollution trends from different sources in Terni (Central Italy). *Environmental Pollution*, 233, 278-289.
- Salemaa, M., Derome, J., Helmisaari, H. S., Nieminen, T., & Vanha-Majamaa, I. (2004). Element accumulation in boreal bryophytes, lichens and vascular plants exposed to heavy metal and sulfur deposition in Finland. *Science of the Total Environment*, 324(1-3), 141-160. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2003.10.02>
- Savas, D. S., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A. & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(39), 55446-55453.
- Sawidis, T., Breuste, J., Mitrovic, M., Pavlovic, P., & Tsigaridas, K. (2011). Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. *Environmental Pollution*, 159(12), 3560-3570.
- Sevik, H., Isinkaralar, K., Isinkaralar, O. (2018). Indoor air quality in hospitals: *The case of Kastamonu Turkey. Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences; Section D*, 9(1), 067-073. <https://doi.org/10.24214/jcbps.D.9.1.06773>
- Sevik, H. (2020). Change of Cu concentration in some edible landscape plants grown in Ankara city center. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 1-7.
- Sevik, H., Cetin, M. & Belkayali, N. (2015). Effects of forests on amounts of CO₂: case study of Kastamonu and Ilgaz Mountain National Parks. *Pol. J. Environ. Stud.* 24(1):253-256
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, O., Aricak, B., & Canturk, U. (2017a). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(11), 6579-6587.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019a). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12 (8), 983-991.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Akarsu, H., & Cetin, I. Z. (2020a). Analyzing of usability of tree-rings as biomonitors for monitoring heavy metal accumulation in the atmosphere in urban area: a case study of cedar tree (*Cedrus* sp.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (1), 23.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Erbek, A., & Cetin, I. Z. (2021). The effect of climate on leaf micromorphological characteristics in some broad-leaved species. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 6395-6407.

- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Ozel, S., & Cetin, I. Z. (2020b). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (2), 78.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. U., Ozel, H. B., Mossi, M. M. M., & Cetin, I. Z. (2020c). Determination of Pb and Mg accumulation in some of the landscape plants in shrub forms. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (2), 2423-2431.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019b). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (6), 12843-12857.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., & Karakus, O. (2019d). Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (3), 5909-5921.
- Sevik, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Özel, H. U., & Erdem, T. (2019c). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12 (2), 189-195.
- Sevik, H., Saleh, E. A. A., & Cetin, M. (2017b). Change of the air quality in the urban open and green spaces: *Kastamonu sample*. *Ecology, Planning*, 317-327.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schreck, E., Xiong, T., & Niazi, N. K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials*, 325, 36-58.
- Stanković, J. D., Sabovljević, A. D., & Sabovljević, M. S. (2018). Bryophytes and heavy metals: A review. *Acta Botanica Croatica*, 77(2), 109–118. <https://doi.org/10.2478/botcro-2018-0014>
- Sulhan, O.F., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, Development and Sustainability*, 25(5), 4365-4384.
- Tandoğan, M., Özel, H. B., Gözet, F. T., and Şevik, H. (2023). Determining the taxol contents of yew tree populations in western Black Sea and Marmara regions and analyzing some forest stand characteristics. *BioResources* 18(2), 3496-3508.
- Tekin O, Cetin M, Varol T, Ozel HB, Sevik H, Zeren Cetin I. (2022). Altitudinal migration of species of Fir (*Abies spp.*) in adaptation to climate change. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(9), 385.
- Tommasini, S., Davies, G. R., & Elliott, T. (2000). Lead isotope composition of tree rings as bio-geochemical tracers of heavy metal pollution: a reconnaissance study from Firenze, Italy. *Applied Geochemistry*, 15(7), 891-900.

Torres, M. A., Barros, M. P., Campos, S. C., Pinto, E., Rajamani, S., Sayre, R. T., & Colepicolo, P. (2008). Biochemical biomarkers in algae and marine pollution: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.05.009>

TUİK: <https://data.tuik.gov.tr> Ankara nüfus bilgisi 2023

Tuna, E. E., Kilic, D. D., Kutbay, H. G., Surmen, B., & Dogan, H. M. (2022). Evaluation of heavy metal accumulation and biomonitoring properties in some *Brassicaceae* species in Amasya province of Turkey. *Journal of Agricultural Science & Technology*, (1008-0864), 24(1).

Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh, E. A. A. (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 22(3), 2385-2398.

Turkyilmaz, A., Sevik H., Isinkaralar K, & Cetin M. (2019). Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(5), 5122-5130.

Turkyilmaz, A., Sevik, H., & Cetin, M. (2018a). The use of perennial needles as bio-monitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*, 14(1), 115–120.

Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., & Ahmaida Saleh, E. A. (2018c). Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(5):2277–2284.

Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M. (2018b). Using *Acer platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 578.

Ucun Ozel, H., Gemici, B. T., Gemici, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2020). Application of artificial neural networks to predict the heavy metal contamination in the Bartın River. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 42495-42512.

Ucun Ozel, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Gemici, B. T., & Varol, T. (2019). Base alteration of some heavy metal concentrations on local and seasonal in Bartın River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(9), 594.

Ullah, R., & Khan, N. (2022). *Xanthium strumarium* L. an alien invasive species in Khyber Pakhtunkhwa (Pakistan): a tool for biomonitoring and environmental risk assessment of heavy metal pollutants. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47(1), 255-267.

Wannaz, E. D., Carreras, H. A., Rodriguez, J. H., & Pignata, M. L. (2012). Use of biomonitors for the identification of heavy metals emission sources. *Ecological Indicators*, 20, 163–169. <https://doi.org/10.1016/j.ecoli.2012.02.022>

- Weinstein, L. H., & Davison, A. W. (2003). Native plant species suitable as bioindicators and biomonitors for airborne fluoride. *Environmental Pollution*, 125(1), 3–11. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(03\)00090-3](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00090-3)
- Xu, J., Jing, B., Zhang, K., Cui, Y., Malkinson, D., Kopel, D., ... & Da, L. (2017). Heavy metal contamination of soil and tree-ring in urban forest around highway in Shanghai, China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23(7), 1745-1762.
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 1-10.
- Yigit, N., Cetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., & Cetin, S. (2019). Variation of stomatal characteristics in broad leaved species based on habitat. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12859-12868.
- Yigit, N., Öztürk, A., Sevik, H., Özel, H. B., Kshkush, F. E. R., and Işık, B. (2023). "Clonal variation based on some morphological and micromorphological characteristics in the Boyabat (Sinop/Turkey) black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard," *BioResources* 18(3), 4850-4865.
- Zeren Cetin, I., Varol, T., Ozel, H.B. Sevik H. (2022). The effects of climate on land use/cover: a case study in Turkey by using remote sensing data. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(3), 5688-5699.
- Zhang, H., Ji, T., He, B., & He, L. (2019). Performance of ultra-high performance concrete (UHPC) with cement partially replaced by ground granite powder (GGP) under different curing conditions. *Construction and Building Materials*, 213, 469-482.