

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI
ANA BİLİM DALI



**KAZDAĞI GÖKNARININ (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*
(Asc. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen) AĞIR METAL
KİRLİLİĞİNİN İZLENMESİNDE BİYOMONİTOR OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİ**

HATİCE ŞEYDA GÖZÜDELİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

TEMMUZ - 2021

KASTAMONU

TEZ ONAYI

Hatice Şeyda GÖZÜDELİ tarafından hazırlanan “**Kazdağı Göknaının (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asc. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen) Ağır Metal Kirliliğinin İzlenmesinde Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **01/07/2021** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi
Jüri Üyesi	Prof. Dr. İbrahim TURNA Karadeniz Teknik Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Nurcan YİĞİT Kastamonu Üniversitesi

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

Enstitü Müdürü	Prof. Dr. İzzet ŞENER
----------------	-----------------------	-------

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.

Hatice Şeyda GÖZÜDELİ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAZDAĞI GÖKNARININ (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asc. & Sint. ex Boiss.) coode & cullen) AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN İZLENMESİNDE BİYOMONİTOR OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

HATİCE ŞEYDA GÖZÜDELİ

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI ANA BİLİM
DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

Günümüzde dünya genelinde, bugüne kadar benzeri görülmemiş bir plansız sanayileşme ve kentleşme süreci yaşanmaktadır. Kentleşme, nüfus artışı, endüstriyel faaliyetler, trafik ve insan faaliyetleri çevre kirliliğini artırmış, bu süreç havada kirletici miktarlarının da anormal seviyede artışına sebep olmuştur. Hava kirliliği o kadar ciddi boyutlara ulaşmıştır ki son dönemlerde birçok ülkenin en önemli sorunlarından birisi durumuna gelmiştir.

Hava kirliliği bileşenleri arasında belki de en önemlileri ağır metallerdir. Bunun en önemli sebebi ağır metallerin bazılarının canlılar ve özellikle insanlar için düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya kanserojen etkiye sahip olmalarıdır. Ayrıca hemen hemen bütün metaller belirli bir miktarın üzerinde alındığında insan bünyesinde toksik etki oluşturabilmektedir. Ağır metaller bu zararlarının yanı sıra doğada kolay kolay bozulmaz ve yok olmazlar. Ayrıca canlı bünyelerinde, biyobirikme eğilimindedirler. Bundan dolayı havadaki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesi son derece önemlidir. Özellikle kent merkezlerinde nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde bu durum daha büyük önem taşımaktadır. Zira kent merkezlerinde taşıtlar önemli bir kirlilik kaynağıdır. Taşıtların egzoz gazları, tekerlekleri, araç aşınmaları havadaki ağır metal konsantrasyonuna önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.

Havadaki ağır metal kirliliğinin izlenmesinde en etkili yöntemlerden birisi biyomonitörlerdir. Biyomonitörler bünyelerinde metalleri veya kirleticileri biriktiren en duyarlı ve doğru organizmalar olarak tanımlanabilir. Havadaki ağır metal kirliliğindeki değişimin izlenmesinde en güvenilir sonuçları, bitkinin yaşı net olarak belirlenen çok yıllık organları üzerinde yapılan çalışmalar vermektedir. Biyomonitör olarak ibreleri uzun yıllar bitki üzerinde kalabilen ve dal yaşı belirlenebilen türlerin kullanılması; sürdürülebilir bir yöntem olması ve yakın geçmişteki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin kıyaslanabilmesi açısından önemli avantajlar sağlamaktadır.

Bu çalışmada da ibreleri uzun yıllar ağaç üzerinde kalabilen ve organ yaşı hesaplanabilen türlerden olan Kazdağı göknarının yakın geçmişteki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin belirlenmesinde biyomonitör olarak kullanılabilme olanakları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında Kazdağı göknarında Pb, Cd, Co, Cu, Al, Ca, K, Na ve Mg

elementlerinin konsantrasyonlarının organ (ibre, kabuk ve odun), organ yaşı ve trafik yoğunluğu bazında değişimleri değerlendirilmiştir. Ancak bu elementlerden Pb, Cd, Co ve Cu'nun konsantrasyonları, numunelerin büyük kısmında belirlenebilir limitlerin altında kaldığından değerlendirmeye alınamamıştır. Çalışma sonucunda ortalama değerlere göre Al, Ca ve K elementlerinin trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı, sadece Mg elementinin konsantrasyonunun trafik yoğunluğu ile birlikte kısmen arttığı belirlenmiştir. En önemli ağır metallere olan Pb, Cd, Co ve Cu'nun konsantrasyonlarının belirlenebilir limitlerin altında kalmış olması, çalışmaya konu türün bu ağır metal kirliliklerinin izlenmesinde uygun bir biyomonitor olmadığına göstergesi olarak yorumlanabilir.

ANAHTAR KELİMELELER: Ağır Metal, *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asc. & Sint. ex Boiss.) coode & cullen, Kazdağı Göknarı,

Temmuz 2021, 70 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

USABILITY OF KAZDAĞI FIR (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asc. & Sint. ex Boiss) coode & cullen) AS A BIOMONITOR FOR HEAVY METAL POLLUTION MONITORING

HATİCE ŞEYDA GÖZÜDELİ

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF SUSTAINABLE AGRICULTURE AND NATURAL
PLANT RESOURCES**

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. HAKAN ŞEVİK

Heavy metals are perhaps the most important among the components of air pollution, which is one of the most critical problems on a global scale. The most important reason for this is that some heavy metals have toxic or carcinogenic effects on living things, especially humans, even at low concentrations. In addition, almost all metals can have a toxic effect on the human body when taken above a certain amount. In addition to these damages, heavy metals do not easily deteriorate and disappear in nature. They also tend to bioaccumulate in living bodies. Therefore, it is crucial to monitor the change of heavy metal concentrations in the air. Monitoring heavy metals is especially important in areas with high population density in urban centers. In urban centers, vehicles are a primary source of pollution. Exhaust gases of vehicles, tires, vehicle abrasions contribute significantly to the heavy metal concentration in the air. One of the most effective methods of monitoring heavy metal pollution in the air is biomonitors.

Biomonitors can be defined as the most sensitive and accurate organisms that accumulate metals or pollutants in their bodies. The most reliable results in monitoring the change in heavy metal pollution in the air are given by studies on perennial organs of the plant, whose age is easily determined. Using species whose needles can remain on the plant for many years and whose branch age can be determined as a biomonitor; provides significant advantages in being a sustainable method and comparing the changes in heavy metal concentrations in the recent past.

In this study, it was tried to determine the possibilities of using Kazdagi fir, which is one of the species whose needles can stay on the tree for many years and whose organ age can be calculated, as a biomonitor in determining the change in heavy metal concentrations in the recent past. Within the scope of the study, the changes in the concentrations of Pb, Cd, Co, Cu, Al, Ca, K, Na, and Mg elements in Kazdağı fir based on organ (needle, bark, and wood), organ age, and traffic density were evaluated. However, the concentrations of Pb, Cd, Co, and Cu elements could not be evaluated since they were below the detectable limits in most of the samples. As a result of the study, it was determined that the change of Al, Ca, and K elements

depending on the traffic density according to the average values was not statistically significant, while only the concentration of the Mg element increased partially with the traffic density. The fact that the concentrations of Pb, Cd, Co, and Cu, which are the most important heavy metals, remained below the detectable limits can be interpreted to indicate that the species subject to the study is not a suitable biomonitor for monitoring these heavy metal pollutions.

KEYWORDS: Kazdağı Gökmar, *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asc. & Sint. ex Boiss) coode & cullen, Heavy Metal

July 2021, 70 Page

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübesiyle bana rehberlik eden, çalışmamın her adımında yardımını ve desteğini esirgemeyen Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi, danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e yürekten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım süresince beni yalnız bırakmayan, sıkıntılı anlarımda beni destekleyen ve tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen eşime ve çok sevdiğim aileme teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

HATİCE ŞEYDA GÖZÜDELİ

Kastamonu, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	7
2.1 Hava Kirliliği.....	7
2.2 Ağır Metal Kirliliği ve Biyomonitörler	8
2.2.1 Çok Yıllık Bitkilerin Biyomonitör Olarak Kullanımı.....	10
2.2.2 Yaprak Döken Bitkilerin Biyomonitör Olarak Kullanımı	12
2.2.3 Ağaçların Yıllık Halkalarının Biyomonitör Olarak Kullanımı....	13
2.2.4 Organ Yaşı Hesaplanabilen Çok Yıllık Bitkilerin Biyomonitör Olarak Kullanımı	14
2.3 Gökarnlar Hakkında Genel Bilgiler	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1 Örneklerin Temin Edilmesi	20
3.2 Yöntem	20
3.2.1 Numunelerin Hazırlanması	20
3.2.2 İstatistikî Analizler.....	21
4. BULGULAR	22
4.1 Element Konsantrasyonlarının Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi	22
4.2 Element Konsantrasyonlarının Organ Bazında Değişimi.....	23
4.3 Element Konsantrasyonlarının Organ Yaşı Bazında Değişimi	23
4.4 Element Konsantrasyonlarının Organ Yaşı ve Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi	24
4.4.1 Al Elementinin Değişimi	24
4.4.1.1 İbrelerde Al elementinin değişimi.....	24
4.4.1.2 Odunlarda Al elementinin değişimi	26
4.4.1.3 Kabuklarda Al elementinin değişimi	27
4.4.2 Ca Elementinin Değişimi.....	28
4.4.2.1 İbrelerde Ca elementinin değişimi	28
4.4.2.2 Odunlarda Ca elementinin değişimi.....	30
4.4.2.3 Kabuklarda Ca elementinin değişimi	31
4.4.3 K Elementinin Değişimi	33
4.4.3.1 İbrelerde K elementinin değişimi	33
4.4.3.2 Odunlarda K elementinin değişimi	34
4.4.3.3 Kabuklarda K elementinin değişimi.....	35
4.4.4 Na Elementinin Değişimi.....	36
4.4.4.1 İbrelerde Na elementinin değişimi	36

4.4.4.2	Odonlarda Na elementinin değişimi.....	38
4.4.4.3	Kabuklarda Na elementinin değişimi.....	39
4.4.5	Mg Elementinin Değişimi.....	41
4.4.5.1	İbrelerde Mg elementinin değişimi	41
4.4.5.2	Odonlarda Mg elementinin değişimi.....	42
4.4.5.3	Kabuklarda Mg elementinin değişimi.....	43
5.	SONUÇ VE TARTIşMA.....	45
6.	ÖNERİLER.....	51
	KAYNAKLAR	53
	ÖZGEÇMİş.....	70

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1 Elementlerin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	22
Tablo 4.2 Elementlerin organ bazında değişimi	23
Tablo 4.3 Elementlerin organ yaşı bazında değişimi	24
Tablo 4.4 İbreelerde Al elementinin ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	25
Tablo 4.5 Odunlarda Al elementinin odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	26
Tablo 4.6 Kabuklarda Al elementinin kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	27
Tablo 4.7 İbreelerde Al elementinin ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	29
Tablo 4.8 Odunlarda Ca elementinin odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	30
Tablo 4.9 Kabuklarda Ca elementinin kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	31
Tablo 4.10 İbreelerde K elementinin ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	33
Tablo 4.11 Odunlarda K elementinin odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	34
Tablo 4.12 Kabuklarda K elementinin kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	36
Tablo 4.13 İbreelerde Na elementinin ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	37
Tablo 4.14 Odunlarda Na elementinin odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	38
Tablo 4.15 Kabuklarda Na elementinin kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	40
Tablo 4.16 İbreelerde Mg elementinin ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	41
Tablo 4.17 Odunlarda Mg elementinin odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	42
Tablo 4.18 Kabuklarda Mg elementinin kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Kazdağı göknaının doğal yayılış alanı.....	17
Şekil 2.2 Göknaın genel görünümü	18
Şekil 2.3 Göknaılarda sürgün yaşının belirlenmesi	19

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
B	: Bor
Ba	: Baryum
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klor
Cr	: Krom
Co	: Kobalt
Cs	: Sezyum
Cu	: Bakır
Dy	: Disprozyum
Er	: Erbiyum
Fe	: Demir
Gd	: Gadolinyum
HNO₃	: Nitrik Asit
K	: Potasyum
Li	: Lityum
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
Na	: Sodyum
Nd	: Neodimyum
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
Pr	: Praseodim
Rb	: Rubidyum
S	: Kükürt
Si	: Silisyum
Sn	: Kalay
Sr	: Stronsiyum
Ti	: Titanyum
V	: Vanadyum
Yb	: İterbiyum
Zn	: Çinko
Zr	: Zirkonyum

Kısaltmalar

ICP-OES	: Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
PSI	: Pounds Per Square Inch
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences

1. GİRİŞ

Dünya, son yüzyılda belki de tarihinin en hızlı değişimlerine sahne olmuştur. Sanayi devrimi ile birlikte insanların istek ve ihtiyaçları çeşitlenerek artmış, bu istek ve ihtiyaçların karşılanabilmesi amacıyla yapılan üretim, yeraltındaki mineral kaynakların çıkartılarak sanayideki hammadde olarak kullanılması sonucunu doğurmuştur (Koc, 2021). Bu süreçte, sanayide hammadde olarak kullanılan çeşitli elementlerin hava (Sevik vd., 2017a; Türkyılmaz vd., 2018), su (Emin vd., 2020; Uzun Ozel vd., 2020) ve topraktaki (Bayraktar vd., 2019a,b) konsantrasyonları önemli ölçüde artmış, enerji ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla fosil yakıtların kullanımı da atmosferdeki CO₂ oranını büyük ölçüde artırmıştır (Isinkaralar vd., 2015; Cetin vd., 2019a). Bu süreç, doğrudan ve dolaylı etkileri sonucunda küresel iklim değişikliğine sebep olmuş ve küresel iklim değişikliği bugün dünyanın başat sorunlarından biri haline gelmiştir (Cetin, 2020a; Koç, 2021a,b; Varol vd., 2021).

Dünya genelinde geri döndürülemez olarak kabul edilen diğer sorun ise kentleşmedir (Kilicoglu vd., 2021). Dünya nüfus artışına ek olarak, sanayi devrimi sonrasında iş gücü ihtiyacı ve buna bağlı olarak iş imkanlarının sanayi bölgelerinde toplanması, nüfusun kentsel alanlarda yoğunlaşmasına sebep olmuştur. 1750 yılında 717 milyon civarında olan dünya toplam nüfusunun %10'undan daha azı kentsel alanlarda yaşarken, 2000 yılında 6 milyara ulaşan dünya nüfusunun yaklaşık %47'si kentsel alanlarda yaşamaya başlamıştır. 2030 yılına kadar dünya nüfusunun 8,5 milyara ulaşacağı ve dünya nüfusunun %60-90'ının kentsel alanlarda yaşayacağı tahmin edilmektedir (Şen vd., 2018; Zeren vd., 2020; Kilicoglu vd., 2020). Ülkemizde ise bu oran çok daha yüksek seviyelerde olup 2020 yılı itibariyle toplam nüfusun yaklaşık %93'ü kentsel alanlarda yaşamaktadır (TUIK, 2021).

Bununla birlikte kırsal alanlardan kentsel alanlara göç halen devam etmekte ve gerek artan nüfus gerekse kırsaldan kentsel alanlara göç, yeni alanların yerleşime açılmasını zorunlu kılmaktadır. Artan yerleşim alanı talebini karşılamak için ise yerel yönetimler, bilimsel verilere dayanmayan kriterlere göre karar vermektedir. Oysa bir bölgede

yerleşime açılacak alanların belirlenmesi, pek çok kritere bağlı olarak planlanması gereken son derece ciddi bir konudur (Kilicoglu vd., 2021).

Kentsel planlama çalışmalarında göz önünde bulundurulması gereken konulardan birisi de hava kalitesidir. Yapılan çalışmalar, insanların hava kirliliğinin daha az olduğu bölgelerde yaşamayı tercih ettiğini göstermekle birlikte, özellikle kentsel alanlardaki hava kirliliği son derece ciddi boyutlara ulaşmıştır (Cetin ve Sevik, 2016a,b; Şevik vd., 2016). Öyle ki günümüzde dünya genelinde yaklaşık 8 kişiden 1'inin hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı hayatını kaybettiği tahmin edilmektedir. Hava kirliliği nüfus yoğunluğunun fazla olduğu kentsel alanlarda daha fazla kendini gösterdiğinden dünya nüfusunun yaklaşık %92'sinin hava kalitesi düşük bölgelerde yaşadığı bildirilmektedir (Cetin vd., 2021). Avrupa Çevre Ajansı'nın Avrupa genelinde, 2,5 milyon alanı kaplayan kirlenmiş alanlar bulunduğunu ve bu alanların %14'ünün acil iyileştirme planlamasına ihtiyaç duyduğunu bildirdiği rapor edilmektedir (Akarsu, 2019; Savas, 2021).

Hava kirliliğinin çeşitli bileşenleri bulunmaktadır. Bu bileşenlerin bazıları CO₂, CO, HCHO, NO_x ve SO₂ (Cetin, 2016; Cetin vd., 2017a,b; Aydogdu ve Sevik, 2018) gibi gazlar, partikül madde (Aricak vd., 2016; Cetin vd., 2017c), gürültü (Ma vd., 2020; Diaz vd., 2021), mikroorganizma kirliliği (Hu vd., 2020; Franzetti vd., 2020) ve ağır metal kirliliği (Sevik vd., 2018; Briffa vd., 2020) olarak sayılabilir.

Bu kirlilik etmenleri arasında ağır metaller ayrı bir önem taşımaktadır. Çünkü ağır metaller doğada kolay kolay bozulmaz ve yok olmazlar. Canlı bünyelerine girmelerinden itibaren etkin bir tolerans veya atılım mekanizması olmadığından biyobirikme yaparlar ve insanlar için düşük konsantrasyonlarda bile oldukça zararlı olabilmektedirler. Ağır metallerin birçoğu kanserojen veya zehirlidirler. Hatta canlılar için gerekli olan bazı mikrobelerin bile yüksek seviyelerde zararlı etkiler oluşturabilmektedirler (Mossi, 2018; Uzun Ozel vd., 2019; Sevik, 2020; Karaçocuk, 2021).

Ağır metallerin insan vücudunda oluşturduğu toksik etkinin temel sebebi, hücre içi metabolik süreçlerde bozukluklar oluşturmalarıdır. Bu bozukluklar; DNA hasarı,

oksidatif protein yıkımı, alerjik reaksiyonlar, ülseratif kolit, egzama, mitokondri hasarı, romatizma gibi otoimmün hastalıklar, crohn hastalığı, böbrek hastalıkları, astım gibi organik hastalıklar ve migren, depresyon, Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı gibi nörolojik bozukluklar olabilmektedir. Ağır metallerin sebep olabildiği bu sağlık problemlerinin birçoğu kronik hastalıklar ve kanserler ile sonuçlanmakta ve bu hastalıkların çoğunda da genellikle ölümlerle sonuçlanmaktadır (Özbolat ve Tuli, 2016; Gültekin, 2020).

Bununla birlikte aynı zamanda özellikle havadaki ağır metal konsantrasyonlarının da sürekli arttığı rapor edilmektedir (Shahid vd., 2017). Bu durumun sebebi ise ağır metal kaynakları ile ilgilidir. Ağır metallerin en önemli kaynaklarının sanayi ve trafik faaliyetleri olduğu belirtilmektedir (Arıcak vd., 2019; Sevik, 2020). Dolayısıyla birim alanda yaşayan insan sayısı yanında taşıt miktarının da sürekli arttığı kentsel alanlarda, havadaki ağır metal konsantrasyonlarının artışı kaçınılmazdır.

Sonuç olarak, hem kentsel alanlarda yaşayan insan yoğunluğunun giderek artması, hem de insan faaliyetlerine bağlı olarak havadaki ağır metal kirliliğinin artışı, havadaki ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesini zorunlu kılmaktadır. Havadaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi doğrudan ölçüm yöntemleriyle belirlenebilmekle birlikte bu yöntemin çeşitli handikapları bulunmaktadır. Bunlardan birincisi bu yöntemin oldukça pahalı olması bir diğeri de atmosferik kirliliğin ekosistem üzerindeki direkt etkisinin belirlenememesidir (Turkyilmaz vd., 2018a,b; Koc, 2021). Ayrıca bu yöntemler ile sadece anlık kirlilik değeri belirlenebilmekte, ağır metal kirliliğinin değişimi konusunda bilgi edinilememektedir.

Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesinde en etkin kullanılan yöntem biyomonitörlerdir. Özellikle biyomonitör olarak kullanılan bitkiler, ağır metalleri çeşitli organlarında biriktirmekte ve bu organlardaki ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi, ağır metallerin havadaki konsantrasyonu hakkında önemli bilgiler vermektedir (Shahid vd., 2017; Sevik vd., 2020a). Bundan dolayı bitkiler uzun yıllardır biyomonitör olarak kullanılmaktadır.

Ancak, bitkilerin ağır metallerin izlenmesi konusunda da çeşitli sıkıntılar ve

belirsizlikler bulunmaktadır. Öncelikle uzun yıllardır biyomonitor olarak kullanılan yosun ve likenlerin, ne kadar süre ile havadaki ağır metal kirliliğine maruz kaldığı bilinmemekte ve bu durum liken veya yosunların bünyesinde belirlenen ağır metal konsantrasyonunun ne anlama geldiğinin yorumlanmasını imkânsız kılmaktadır. Benzer bir sorun herdemyeşil olmayan ve organ yaşı net olarak belirlenemeyen bitkilerde de yaşanmaktadır (Koc, 2021).

Tek yıllık yani herdemyeşil olmayan bitkilerin yapraklarının kullanılması bu sorunu çözmektedir çünkü bu yapraklar bir vejetasyon mevsimi içerisinde oluşan ağır metal kirliliği konusunda önemli bilgiler verebilmektedir (Sevik vd., 2019a; Karaçocuk, 2021). Ancak bu bitkilerin yapraklarındaki ağır metal birikiminin ne ifade ettiği de bilinmemektedir çünkü bitkilerin organlarında ağır metal birikimi henüz tam olarak çözülememiş kompleks bir mekanizmanın sonucunda şekillenmektedir ve bitki bünyesindeki ağır metal konsantrasyonunun havadaki ağır metal konsantrasyonunu hangi ölçüde yansıttığı yorumlanamamaktadır. Ayrıca bu bitkiler üzerinde yapılan çalışmalar da yine kısa bir dönem içerisindeki birikim konusunda bilgi vermekte ve ağır metal miktarının süreç içerisindeki değişimi hakkında bilgi sağlayamamaktadır (Çobanoğlu, 2019; Cetin vd., 2020). Herdemyeşil olmayan bitkilerden, havadaki ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesi amacıyla aynı bitkilerin aynı noktalarından yaprakların her yıl alınarak ölçüm yapılması gerekmektedir ki bu da uzun ve zahmetli bir süreçtir (Ateya, 2020).

Bu sorunlar ışığında biyomonitorlerin kullanımı ile havadaki ağır metal kirliliğinin değişimi konusunda en sağlıklı bilgilerin ağaçların yıllık halkaları kullanılarak elde edilebildiği belirtilmektedir. Ülkemiz gibi kış mevsiminin görüldüğü bölgelerde ağaçların mevsime göre gelişimi farklı düzeyde olmakta ve böylece odun kısmında yıllık halkalar oluşmaktadır. Uzun süreç içerisinde ağaçların yıllık halkalarında biriktirdikleri ağır metaller, havadaki ağır metal konsantrasyonlarının geçmişten günümüze değişimi hakkında önemli bilgiler verebilmektedir. Ağaçların yıllık halkaları, ağacın yaşı ile birlikte artmakta ve binlerce yıl yaşayabilen ağaçlar bulunduğundan, ağır metal konsantrasyonlarının uzun süreç içerisindeki değişimi konusunda önemli bilgiler elde edilebilmektedir (Yigit, 2019; Akarsu, 2019; Sevik vd., 2020b).

Ağaçların yıllık halkaların biyomonitor olarak kullanılmasındaki en önemli sorun ise materyal teminidir. Bu yöntemde genellikle ağaçların kesilerek gövdelerindeki yıllık halkalar üzerinde biriken ağır metallerin analizleri yapılmaktadır. Dolayısıyla yıllık halkaların temininde ağaca ciddi zarar verilebildiğinden sürdürülebilirliği şüpheli bir yöntemdir (Keçeci, 2019; Alkharam, 2019; Ateya, 2020).

Havadaki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesinde kullanılan bir diğer yöntem, ibreleri uzun yıllar bitki üzerinde kalabilen ve dal yaşı belirlenebilen türlerin kullanılmasıdır. Bu çalışmalarda dallar nodlar gözlemlenerek yaşlarına ayrılmakta ve böylece farklı yaşlardaki organlarda ağır metal konsantrasyonları belirlenerek ağır metal konsantrasyonlarının yakın geçmişteki değişimine ilişkin bilgiler elde edilebilmektedir. Bu yöntem kullanılarak *Picea pungens* (Turkyılmaz vd., 2018a; Keçeci, 2019; Çobanoğlu, 2019; Ateya, 2020), *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Alkharam, 2019), *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, ve *Abies bornmuelleriana* (Turkyılmaz vd., 2018a) gibi türlerde ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu yöntem kullanılarak yapılan çalışmalarda hem ağaca kalıcı bir zarar verilmemekte hem de yakın geçmişteki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi hakkında önemli bilgiler edinilebilmektedir (Ateya, 2020).

Bu yöntem kullanılarak yapılan çalışmalardaki en büyük belirsizlik ise ağır metallerin bitki bünyesine girişinden sonraki süreçte türleşmesi veya organlar arasındaki geçişi konusundaki bilgi eksikliğidir (Shahid vd., 2017; Koc, 2021). Konu ile ilgili bugüne kadar yapılan çalışmalar ve literatürdeki eksiklikler düşünülerek planlanan bu çalışmada Kazdağı göknarının (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) yakın geçmişteki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin belirlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabilme olanakları araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında ayrıca bazı ağır metallerin bitki bünyesinde organlar arasındaki tranferi hakkında bilgi edinebilmek amacıyla aynı bölgedeki ibre, kabuk ve odun organları ile ağır metallerin aynı organın farklı yıllarda oluşan bölümlerindeki element analizleri belirlenmiş ve istatistikî analizler yardımıyla karşılaştırılmıştır. Bütün bu etkileşimlerin trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimi konusunda bilgi edinebilmek

amacıyla da trafik yoğunluğunun farklı olduğu bölgelerde yetişen bireyler kullanılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Hava Kirliliği

Çevre kirliliği, günümüzde küresel çaptaki en büyük sorunların başında gelmektedir. Hava neredeyse bütün canlıların yaşamı için vazgeçilmez bir kaynak olmasına rağmen, halen birçok insan hava kirliliğinin önemini farkında değildir. Oysa hava kirliliği; su, toprak ve gürültü gibi kirlilik etmenleri arasında en tehlikeli ve ciddi olanıdır (Isinkaralar, 2020; Ghoma, 2021). Hava kirliliğinin insan sağlığına doğrudan etkilerinin ne kadar ciddi boyutta olduğu, çeşitli raporlarda dile getirilmektedir ve yakın geçmişte çok sayıda örneği bulunmaktadır. Örneğin 1952 yılı aralık ayında Londra’da yaşanan ve “smoggy” olarak isimlendirilen olayda 5-9 Aralık 1952 tarihleri arasında hava kirliliği ile bağlantılı sebeplerden dolayı yaklaşık 4000 kişi hayatını kaybetmiş, sonraki aylarda hayatını kaybedenlerle birlikte toplam ölü sayısı 12000’i bulmuştur (Ball, 2017; Ateya, 2020). Bu olayda kirliliğin insan solunum yolu üzerindeki etkilerinden dolayı 100.000 kişinin daha hastalandığı tahmin edilmektedir (URL-1, 2021). Yapılan incelemeler bu olayda hayatını kaybedenlerin akciğerlerinin Pb, Zn ve Fe gibi ağır metalleri içeren çok yüksek seviyedeki çok küçük partiküller ile kontamine olduğunu göstermiştir (Pınar, 2019; Ateya, 2020).

Hava kirliliği günümüzde insan sağlığını en fazla etkileyen faktörlerden birisi olup "hava kirliliğinin insan sağlığının önündeki en büyük risk olduğu" kirliliğin yoğun olduğu ülkelerde ortalama yaşam süresindeki kısalmanın 10 yıla kadar çıktığı belirtilmektedir (URL-2, 2021). Yapılan çalışmalar dünya genelinde 15 yaş ve üzeri insanlar arasında her beş ölümden birisinin sebebinin fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan hava kirliliği olduğunu göstermektedir. 2018 yılında 15 yaş ve üzeri 8 milyondan fazla insanın kömür, gaz, mazot gibi fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan hava kirliliği nedeniyle öldüğü belirtilmektedir (URL-3, 2021). Çin'deki erken ölümlerin%32'sinin hava kirliliğine bağlı olduğu belirtilmekte, kirlilik ve nüfus seviyelerinde öngörülen artış oranları dikkate alındığında 2050 yılına kadar hava kirliliğinden ölüm oranının ikiye katlanacağı tahmin edilmektedir (Jerrett, 2015).

Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerinde doğrudan etkileri yanında dolaylı etkileri de bulunmaktadır. Hava kirliliğinin iklim değişikliğine etkisinin olduğu ve bunun da yaşamı tehdit eden hastalıklara neden olduğu belirtilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, nüfusun yüzde 92'si artık kirli hava solumaktadır ve kirliliğin sağlık üzerindeki etkileri çok şiddetli olup felç, akciğer kanseri ve kalp hastalığına neden olabilmektedir. Ayrıca, ozon tabakasının incilmesi gibi hava kirlleticileri insanlar ve dünyanın ekosistemi üzerinde de olumsuz bir etkiye sahiptir (Jo vd., 2020; Cetin vd., 2021; Varol vd., 2021).

2.2 Ağır Metal Kirliliği ve Biyomonitorler

Hava kirliliği bileşenleri içerisinde en önemli ve tehlikeli olanları ağır metaller olarak görülmektedir. Bunun sebebi ağır metallerin doğada kolay kolay bozulmaması ve kolaylıkla yok olmaması, canlı bünyelerinde biyobirikme eğiliminde olmaları ve bazılarının düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya kanserojen etkiye sahip olmaları olarak sayılabilir (Saleh, 2018; Turkyilmaz vd., 2019; Sevik vd., 2020a,b). Esasında ağır metallerin tanımlanması için, yoğunluk, toksisite veya atom ağırlığı gibi kriterlere göre, yetkili birimler tarafından kabul gören bir kriter ortaya konulmamış olmakla birlikte genel olarak özgül yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten daha büyük olan elementler veya atom ağırlığı 50 ve üzeri olan elementler ağır metal olarak tanımlanabilmektedir (Saleh, 2018; Cesur, 2019; Akarsu, 2019).

Ağır metaller içerisinde en bilinenleri ve önemlileri Pb, Hg, Fe, Cd, Cu, Ni, Mn, Cr, V, Zn, Be, Co, Mo, Sb, As, Ag, Tl, Se, Sn ve Al elementleridir. Bu elementlerden Mn, Fe, Cr, Cu, Ni, Zn, Mo gibi bazıları bitki ve hayvanlar için mikro besin elementleri olup canlıların yaşamı için hayati önem taşımaktadırlar. Ancak bu elementler de yüksek konsantrasyonlarda zararlı etkiler oluşturabilmektedirler. Ağır metallerden Pb, Cd, Zn, Cr, As, V, Ni ve gibi ağır metaller kanserojendirler. Hg, As, Pb ve Cd gibi ağır metaller ise yaşayan organizmalar için düşük konsantrasyonlarda bile ciddi toksisite oluşturabilmektedirler (Çobanoğlu, 2019). Ağır metallerin bu etkilerinden dolayı As, Pb, Cd ve Hg gibi bazıları ATSDR (Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Kurumu) ve US EPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)'nın en tehlikeli 20 maddesi arasında yer almaktadır (Khalid vd., 2017).

Ağır metaller yeryüzünde doğal olarak bulunmakla birlikte, insan faaliyetlerinin etkisiyle havadaki ağır metal konsantrasyonu sürekli artmaktadır. Bu artış insanlar başta olmak üzere bütün canlılar ve ekosistem için büyük tehlike arz etmektedir. Bu sebeple havadaki ağır metal konsantrasyonlarının takibi büyük önem taşımaktadır (Akarsu, 2019). Bundan dolayı havadaki ağır metal konsantrasyonlarının takip edilebilmesine yönelik yöntemler, son yıllarda en güncel çalışma konularındandır.

Yakın geçmişte çeşitli ortamlardaki ağır metal kirliliğinin izlenmesi konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Havadaki ağır metal kirliliği doğrudan veya dolaylı yöntemlerle yapılabilmektedir. Ancak, atmosfer kirliliğinin doğrudan belirlenmesi; atmosferik kirliliğin ekosistem üzerindeki etkisinin belirlenememesi, anlık olarak elde edilen verilerin geçmişteki değerlerle karşılaştırılamaması, süreç içerisindeki değişimin belirlenmesinin oldukça zor ve masraflı olması sebebiyle çok fazla tercih edilmemektedir (Turkyılmaz vd., 2018a,b).

Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesinde en etkin kullanılan yöntem, ağır metal kirliliğinin dolaylı bir yöntem olan biyomonitörler yardımıyla belirlenmesidir. Canlılar yaşadıkları ortamda ağır metalleri çeşitli organlarında biriktirmekte ve bu organlardaki ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesiyle ağır metallerin havadaki konsantrasyonu hakkında önemli bilgiler elde edilebilmektedir (Shahid vd., 2017; Sevik vd., 2020c). Bu canlılar “biyomonitör” olarak isimlendirilmektedir.

Biyomonitörler; bünyelerinde kirleticileri (ve ağır metalleri) biriktiren en duyarlı ve doğru organizmalar olarak tanımlanmaktadır ve bu türlerde bazı özelliklerin olması gerekmektedir. Bu canlıların ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilmeleri ancak, ağır metallerin etkileriyle ölmemesi gerekmektedir. Ayrıca, örneklenecekleri bölgede sabit olarak yaşamaları, alanda bolca bulunmaları, metal analizleri yapılabilecek kadar organ veya doku temin edilebilmesi, örnekleme kolaylıkla yapılabilmesi, istenildiği zaman örneklenebilmesi ve organizmalardaki ağır metal konsantrasyonu ile bulunduğu çevredeki ağır metal konsantrasyonu arasında bir korelasyon bulunması gerekmektedir (Ateya, 2020; Şevik, 2021a; Savas, 2021). Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesinde kullanılacak en uygun biyomonitörlerin bitkiler olduğu belirtilmektedir (Turkyılmaz vd., 2020; Şevik, 2021a). Ancak farklı özelliklere

sahip bitkilerin biyomonitor olarak kullanımlarında çeşitli avantaj ve dezavantajlar bulunmaktadır.

2.2.1 Çok Yıllık Bitkilerin Biyomonitor Olarak Kullanımı

Havadaki ağır metal kirliliğinin izlenmesinde en uzun süredir kullanılan biyomonitorlerin başında yosunlar ve likenler gelmektedir. Likenler birçok elementi kendi fizyolojik ihtiyacından çok daha fazla miktarlarda biriktirme eğiliminde olan canlılardır. Örneğin, likenlerin damarlı bitkilerden 100 kat daha fazla SO₂ absorbe ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca likenler havada düşük konsantrasyonlarda bulunan elementleri bile bünyelerinde biriktirebilmektedir (Çobanoğlu, 2015; Şevik, 2021a). Bu özelliklerinden dolayı likenler, 1960'lı yıllardan beri kirlilik indikatörü olarak yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olarak likenlerin kullanımı ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır (Bozkurt, 2017; Paoli vd., 2018; Huang vd., 2019; Paoli vd., 2019).

Ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde yosunlar da sıklıkla kullanılmaktadır. Briyofitler, (karayosunları, ciğerotları ve boynuzotlarını içeren bitki grubu) özellikle de yosunlar biyomonitor olarak 1970'lerden beri kullanılmaktadır. Briyofitlerin vasküler sistemi ve gelişmiş kök sistemi yoktur. Bu nedenle yosunlar besinlerinin büyük kısmını dallarına veya yapraklarına direk temas eden sudan almaktadır. Yosunlar genellikle yağmurdan gelen suyu biriktirmekte ve bu da onları atmosferik kirliliğin değerlendirilmesinde kullanışlı hale getirmektedir. Bundan dolayı yosunların biyomonitor olarak kullanımına ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır (Demková vd., 2017; Bozkurt, 2017; Kłos vd., 2018; Di Palma vd., 2019).

Yapılan çalışmaların bazılarında liken türlerinden *Xanthoria parietina* Cd, Cr, Pb ve Zn (Paoli vd., 2018), *Pseudevernia furfuracea* Cu ve Zn (Fortuna vd., 2021), *Usnea aciculifera* ve *Usnea luridorufa* Fe, Cd, Pb Zn ve Cr (Huang vd., 2019), *Pseudovernia furfuracea* As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni ve Pb (Protano vd., 2017), *Canoparmelia texana*, *Pyxine subcineria* ve *Phaeophyscia hispidula* Cr, Fe, Cu, Zn, Pb ve Ni (Singh vd., 2018) konsantrasyonlarının izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılmıştır.

Yosunlar da likenler gibi ağır metal kirliliğinin izlenmesinde sıklıkla kullanılan biyomonitörlerdir. Yosun türlerinden *Sphagnum palustre* Pb (Di Palma vd., 2019), *Haplocladium microphyllum* Cd, Cr, Pb, Zn, V, Ni ve Cu (Zhou vd., 2021), *Hypnum cupressiforme* ve *Pseudoschleropodium purum* Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Ni, Pb ve Zn (Allajbeu vd., 2017), *Fabriona ciliaris* ve *Leskea angustata* Cr, Cu, Pb ve Zn (Ávila-Pérez vd., 2019), *Hypnum cupressiforme*, *Hylocomium splendens* ve *Pleurozium schreberi* Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Ni, V ve Zn (Stihi vd., 2017) kirliliğinin izlenmesinde biyomonitör olarak kullanılmıştır.

Çok yıllık bazı odunsu bitkiler de yosun ve likenler gibi uzun yıllar havadaki ağır metal kirliliğine maruz kaldıkları için biyomonitör olarak kullanılmaktadırlar. Bu konuda yapılan bazı çalışmalarda *Chamaecyparis lawsoniana* Al, Ca, Fe, Mg, Mn, Na, Si, Ti, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Rb, V, Zn, Zr, Cl, K, P, S, As, Cd, Cs, Pb, Sn ve Sr (Kardel vd., 2018), *Thuja occidentalis* Cu, Pb, Zn, Cr ve Ni (Levei vd., 2020), *Pinus brutia* Cd, Co, Cr, Mn, Ni ve Pb (Yalcin vd., 2020), *Thuja orientalis* ve *Ligustrum ovalifolium* Pb, Zn ve Cd (Mostafavi vd., 2020), *Pinus sylvestris* Ba, Cd, K, Na, Ni, Cr, Zn, Mg, Al, Fe, Mn ve Ca (Arıcak vd., 2020; Alaçouri vd., 2020a,b), *Cupressus arizonica* Fe, Cu, Cr, Ni, Cd, Mn, Zn ve Co (Samara vd., 2020), *Ligustrum vulgare*, *Euonymus japonica*, *Biota orientalis*, *Juniperus sabina*, *Berberis thunbergii*, *Mahonia aquifolium* ve *Buxus sempervirens* Pb ve Mn (Mossi, 2018; Sevik vd., 2020a), *Cupressus arizonica* Zn, Ni ve Cu (Zare vd., 2016), *Terminalia catappa*, *Mangifera indica*, *Ficus platyphylla* ve *Polyalthia longifolia* Pb, Cu, Cd ve Zn (Uka vd., 2021), *Cupressus macrocarpa* As, Ca, Cd, Cu, Dy, Er, Gd, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nd, P, Pb, Pr, S, Sb, Sr, Ti, Yb ve Zn (Gorena vd., 2020), *Rosmarinus officinalis* Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn (Sert vd., 2019) konsantrasyonlarının izlenmesi amacıyla kullanılmışlardır.

Ancak hem servi, taflan, şimşir gibi çok yıllık odunsu türlerin hem de liken ve yosunların biyomonitör olarak kullanılmalarındaki en büyük sorun, organların ne kadar süre ile ağır metaller ile kotamine havaya yani kirlilik etmenine maruz kaldıklarının kolaylıkla belirlenememesidir. Bundan dolayı tespit edilen herhangi bir metal konsantrasyonunun ne kadar sürede biriktiği tam olarak bilinmemekte ve bu

durum elde edilen verilerin güvenilirliğinin sorgulanmasına sebep olmaktadır (Şevik, 2021a).

2.2.2 Yaprak Döken Bitkilerin Biyomonitor Olarak Kullanımı

Yaprak döken yani herdemyeşil olmayan bitkilerin yapraklarının kullanılmasıyla, yaprakların ne kadar süreyle havadaki ağır metal kirliliğine maruz kaldığı bilindiğinden elde edilen verilerle kıyaslama yapılması daha kolay olmaktadır. Bu bitkilerin yaprakları vejetasyon mevsimi başında oluşmakta ve dolayısıyla yapılan analizlerle bir vejetasyon mevsimi boyunca havadaki ağır metal kirliliğine maruz kalan organlardaki ağır metal konsantrasyonları karşılaştırıldığından ağır metal kirliliği konusunda önemli bilgiler elde edinilebilmektedir (Şevik, 2021a).

Özellikle havadaki ağır metal kirliliğinin yüksek düzeyde olduğu alanlarda bitkilendirme çalışmalarında yoğun olarak kullanılan bitkilerin yaprakları, biyomonitor olarak oldukça uygundur ve havadaki ağır metal kirliliğinin izlenmesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Yapılan bazı çalışmalarda *Acer platanoides* Ba, Al, B, Ca, Fe, K, Mg ve Mn (Cetin vd., 2019b), *Platanus orientalis* ve *Cinnamomum camphora* Al, Cu, Zn ve As (Fang vd., 2021), *Aesculus hippocastanum*, *Acer platanoides*, *Betula pendula* ve *Tilia cordata* Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn (Urošević vd., 2019), *Cercis siliquastrum* Cr, Fe ve Ni (Yasar vd., 2010), *Tilia tomentosa* Ba, Na, Al, B, Ca, Fe, K, Mg ve Mn (Abacioglu vd., 2019), *Vitis vinifera*, *Juglans regia*, *Ulmus umbraculifera* ve *Populus alba* Cd, Pb, Ni, As, Cu, Zn ve Na (Hajizadeh vd., 2019), *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior* ve *Tilia tomentosa* Pb, Fe, Ni, Zn ve Cu (Hrotkó vd., 2020), *Fraxinus excelsior* Cu, Pb ve Zn (Solgi vd., 2020), *Celtis occidentalis*, *Tilia argentea* ve *Quercus robur* Zn, Cu ve Pb (Greksa vd., 2019), *Eucalyptus occidentalis* Zn, Cu, Pb ve Cd (Jeddi vd., 2021), *Platanus acerifolia* Pb, Zn, Cr ve Cd (Liang vd., 2017), *Populus nigra* Cu, Pb, Zn, Cd, Co, Ni, Fe, Mn, ve Al (Levei vd., 2021), *Morus alba* Zn (Sharma vd., 2020), *Robinia pseudoacacia* Cd, Co ve S (Akkus Ozen ve Yaman, 2017) *Vitis vinifera*, *Juglans regia*, *Ulmus umbraculifera* ve *Populus alba* Na, Zn, Cu, Ni, Pb, As ve Cd (Mohammadi vd., 2018), *Prunus cerasifera* Ba, Al, Ca, Fe, K ve Mg (Cigdem vd., 2019) konsantrasyonlarının izlenmesi amacıyla kullanılmıştır.

Yaprak döken yani yaprakları tek yıllık olan bitkilerin kullanılmasında karşılaşılan en önemli sorun ise, yapraklardaki bu birikimin ne ifade ettiğinin tam olarak bilinmemesidir. Bu konuda yapılan çalışmalarda aynı ortamda yetişen bitkilerin organlarındaki ağır metal konsantrasyonları arasında büyük farklar olduğunu belirlenmiştir (Mossi, 2018; Saleh, 2018; Sevik vd., 2019b). Ancak, havadaki ağır metallerin ne kadarının bitki organlarında biriktiği bilinmemekte, bu sebeple de elde edilen veriler tam olarak yorumlanamamaktadır. Ayrıca bitkilerin organlarında biriken ağır metal miktarının geçmişten günümüze değişimi hakkında bilgi sağlanamamaktadır (Cetin vd., 2020; Şevik, 2021a).

2.2.3 Ağaçların Yıllık Halkalarının Biyomonitor Olarak Kullanımı

Ülkemiz gibi farklı mevsimlerin görüldüğü bölgelerde yetişen ağaçların gelişimi ve odun kısmındaki hücre büyüklükleri farklı düzeyde olmakta ve böylece odun kısmında farklı dönemlerde oluşan odunların renk tonları yardımıyla hangi mevsimde oluştukları bilinebilmektedir. Bu oluşumlara yıllık halka (tree rings / annual rings) denilmektedir. Uzun süreç içerisinde ağaçların yıllık halkalarında biriktirdikleri ağır metaller, havadaki ağır metal kirliliğinin geçmişten günümüze değişimi hakkında önemli bilgiler verebilmektedir. Ağaçların yıllık halkaları, ağacın yaşı ile birlikte artmakta ve binlerce yıl yaşayabilen ağaçlar bulunmaktadır. Ağaçların yıllık halkaları kirliliğin bir göstergesi olarak kullanılabilirler ve ağacın yetiştiği yerde kirliliğe sebep olan ağır metal konsantrasyonunun değişimi konusunda önemli bilgiler sağlayabilmektedirler (Akarsu, 2019; Sevik vd., 2020b; Koc, 2021).

Bu yöntem özellikle son yıllarda yoğun olarak kullanılmaya başlanmış ve bu yöntemle yapılan bazı çalışmalarda *Cupressus arizonica* Bi, Cd, Ni (Cesur vd., 2021), Fe, Ca, Mn ve Pb (Cesur, 2019), *Swietenia mahagoni* Cu, Mn, Zn, Pb, Cd ve Ni (Edusei vd., 2020), *Quercus* sp. Al, Zn, Cu, Co, Fe, Mn, Cr, Cd, Na, Ca, Ba, P, Mg, As, B (Turkyılmaz vd., 2019), *Populus bonatii* ve *Ailanthus altissima* Pb, Cd ve Zn (Liu vd., 2018), *Cedrus atlantica* Ni, Co (Koc, 2021), Na, K, Ca, Fe, Mn, Cr, Al, As, Ba, Mg, Ag, P, B ve Ga (Savas, 2021; Savas vd., 2021), *Acer platanoides* Al, Zn, Cu, Co, Fe, Mn, Cr, Cd, Na, Ca, Ba, P, Mg, As, ve B (Turkyılmaz vd., 2018c), *Cedrus* sp. Pb, Co, Fe (Sevik vd., 2020b), Al, B, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, K, Li, Mg, Mn, Ni ve Zn (Akarsu,

2019), *Malus floribunda* Co, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr, Mn, Fe, Al, Zn, Na, Ca, Ba, Mg ve As (Yigit, 2019), *Pinus massoniana* Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Pb, Co ve Sr (Chen vd., 2021), *Cedrus deodora* Pb, Zn ve Cu (Zhang, 2019) konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesi amacıyla kullanılmıştır.

Ağaçların yıllık halkaları, çeşitli ağır metal kirliliklerinin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılmakla birlikte ağır metallerin bitki bünyesine girişlerinden itibaren bitki içerisindeki türleşmeleri ve organlar arasında geçişleri konusunda bilgi miktarı oldukça sınırlıdır (Shahid vd., 2017; Koc, 2021). Ayrıca bu yöntemde kullanılan materyal genellikle ağaçların ana gövdelerinden alındığından ağaca hayati zarar verebilmekte ve bundan dolayı da sürdürülebilir bir yöntem olduğu konusunda çekinceler bulunmaktadır. Yine de yıllık halkaların ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanımı, geçmişten günümüze ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesinde en iyi seçeneklerden birisi olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem uzun süreç içerisindeki değişim konusunda bilgi vermesi, bu değişimin yıl bazında kıyaslamalı olarak değerlendirilebilmesi, farklı bitki türlerinin kullanımına bağlı olarak genetik yapı farklılığından kaynaklanabilecek hataları minimuma indirmesi dolayısıyla önemli avantajlar sunmaktadır (Şevik, 2021a).

2.2.4 Organ Yaşı Hesaplanabilen Çok Yıllık Bitkilerin Biyomonitor Olarak Kullanımı

Ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesinde biyomonitorlerin kullanımıyla en sağlıklı bilgilerin çam, ladin, göknar gibi ibreleri uzun yıllar ağaç üzerinde kalabilen ve ibre yaşları net olarak belirlenebilen türlerin organlarının kullanılması ile sağlandığı belirtilmektedir. Bu yöntemin, havadaki ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitorlerin kullanımı konusunda en son kullanılmaya başlayan yöntem olduğu söylenebilir. Bu yöntemde kullanılan bitkilerin yaprakları uzun yıllar bitki üzerinde kalmakta, oluşan nodlar vasıtasıyla da hangi ibrelerin hangi yıl oluştuğu belirlenebilmektedir. Böylece *Pinus* türleri üzerinde yapılan çalışmalarla 2-3 yıl, *Abies* ve *Picea* türleri üzerinde yapılan çalışmalarla da 7-10 yıllık veriler elde edilebilmektedir (Çobanoğlu, 2019; Cetin vd., 2020; Şevik, 2021a).

Bu yöntem kullanılarak yapılan bazı çalışmalarda *Pinus nigra*, *Picea pungens*, *Pinus sylvestris* ve *Abies bornmülleriana* Fe, Pb ve Zn (Turkyılmaz vd., 2018b), *Picea pungens* Ca, Cu, Li, Mn (Çobanoğlu, 2019; Çetin ve Çobanoğlu, 2019; Cetin vd., 2020), Zn, Ni, Cr, Co, Cd ve Pb (Keçeci, 2019), Na, K, Ca, Al, Fe, Zn, Ba, P, Mg, As, Mn, Co, Cu, Cd, Pb, Ni ve Cr (Ateya, 2020) *Abies nordmanniana* Mn, Ni ve Zn (Alkharam, 2019) konsantrasyonlarının yıl bazında değişiminin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Görüldüğü üzere bu yöntem kullanılarak yapılan çalışmalar daha ziyade *Picea pungens* üzerinde yoğunlaşmış olup, diğer türler üzerinde yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlı düzeyde kalmıştır. Bu çalışmada da *Abies nordmanniana*'da bu yöntemin kullanılabilirliği araştırılacaktır. Bu yöntem, dalların kullanılması sebebiyle ağaca hayati bir zarar vermeyen ve bundan dolayı da sürdürülebilir olarak kabul edilen bir yöntemdir. Ayrıca 8-10 yıllık bir geçmişe yönelik olarak veri sağlayabilmesi ve yıllar bazındaki değişimlerin kıyaslanabilme imkânı sunması açısından da son derece önemli bir yöntemdir (Çobanoğlu, 2019; Şevik, 2021a).

2.3 Göknarlar Hakkında Genel Bilgiler

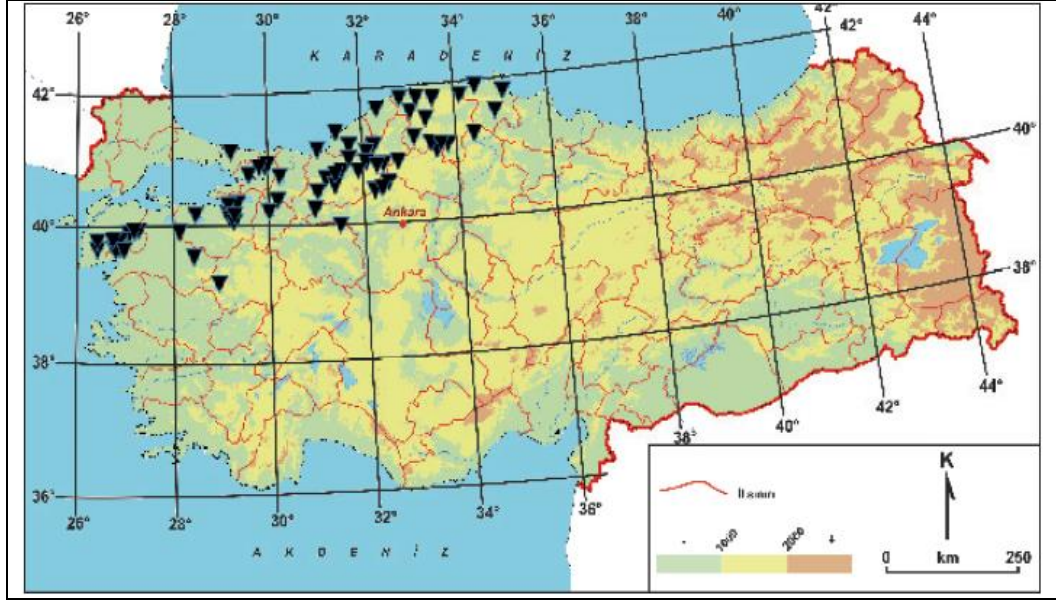
Göknarlar dalları gövdeye çevrel dizilen, monopodial dallanma yapan, herdemyeşil, boylu ve dar tepeli orman ağaçlarıdır. Kabukları, gençken ince, düzgün ve açık gri renkliyen yaşlı bireylerde kalın ve çatlaklıdır. Tomurcukları genellikle reçineli olup, yaprakları düştüğünde veya koparıldığında, sürgün üzerinde yuvarlak, cukur bir iz bırakmaktadır. Yapraklar, uzun sürgünler üzerinde tek tek sarmal olarak dizilirler ve bazen de ışığa doğru yönelerek iki sıralıymış gibi diziliş gösterirler. Yaprakların üst yüzü hafif oluklu, alt yüzünde ise iki tane guümüşi beyaz renkli stoma bandı bulunmaktadır. Yapraklar 8-11 yıl ağaç üzerinde düşmeden kaabilmektedirler (Sevik vd., 2016; Oral, 2018). Bu çalışma kapsamında göknarların seçilmesinin sebebi yaprakların (ibrelerin) bu özelliğidir.

Göknarların Dünya üzerinde yayılış yapan 70'den fazla türü bulunmaktadır. Ülkemizde ise doğal olarak yayılış yapan 2 türü ve bunlara ait alt türleri yayılış yapmaktadır (Şevik, 2010; Alkharam, 2019). Ülkemizde doğal olarak yetişen ve geniş

ormanlar kuran göknar türleri *Abies cilicica* ile *Abies nordmanniana*'dır. Bu türler birbirinden kozalak özellikleri ile ayrılmaktadır. *Abies nordmanniana*'da brahteler kozalak pulları arasından görünür şekilde dışarı doğru uzamış ve aşağıya doğru dönük iken *Abies cilicica*'da brahteler kısa olduklarından dışarıdan görülmezler. *Abies cilicica*'da kozalaklar daha büyük olup, *Abies cilicica* Toros dağlarında, *Abies nordmanniana* ise Türkiye'nin kuzeyinde doğal olarak bulunur (Oral, 2018).

Bugüne kadar yapılan çok sayıda çalışmada *Abies nordmanniana* üç alt türe ayrılmıştır. *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Bois.) Coode & Cullen (Kazdağı göknarı) yaprakların ucu çoğunlukla sivri; genç sürgünleri çıplak ve sürgünün ucundaki tomurcuk sayısı bazen 5-7; tomurcukları recinesiz ve Kazdağlarında yayılış yapan endemik bir alttür olarak tanımlanırken *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach subsp. *nordmanniana* (Kafkas göknarı) genç sürgünleri tüylü, tomurcukları çoğunlukla reçinesiz ve Yeşilirmak'ın doğusundaki dağlık alanlarda yayılış yapan bir alttür olarak, *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach subsp. *bornmuelleriana* (Mattf.) Coode & Cullen (Uludağ göknarı) ise genç sürgünleri çıplak, parlak kahverenkli; tomurcuklar çoğunlukla reçineli ve Yeşilirmak'ın batısından itibaren Marmara Bölgesi'nin yüksek kesimlerine kadar geniş bir alanda yayılış yapan bir alttür olarak tanımlanmıştır (Oral, 2018).

Fakat *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* ile *Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* arasında var olduğu belirtilen yaprak ucunun kertikli yapıda olup olmaması, tomurcukların reçine durumu, tomurcuk sayısı ve genç sürgünlerin tüylülük durumu gibi morfolojik farklılıkların geçişken olduğu belirtilerek bu iki tür *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* altında birleştirilmiş ve Kazdağı göknarı adıyla anılmaya başlanmıştır (Mataracı ve Kandemir, 2018). Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) ülkemiz için endemik bir tür olup doğal yayılışını Çatalca-Kocaeli, Güney Marmara, Batı Karadeniz ve Orta Karadeniz'de yapmaktadır (Alkharam, 2019). Kazdağı göknarının doğal yayılış alanı Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1 Kazdağı göknarının doğal yayılış alanı

Kazdağı göknarı ülkemiz asli orman ağacı türlerinden olup göknarlar ülkemizde yaklaşık 0,6 milyon ha yayılış alanına sahiptir (Sevik vd., 2011; Alkharam, 2018). Kazdağı göknarı 40-50 m'ye kadar boy, 1,5-2 m ye kadar çap yapabilen, sık dallanma yapan, geniş piramidal formulu bir ağaçtır. Alt dalları yanlara doğru gövdeden dik olarak çıkar ve aşağıya doğru hafifçe sarkar. Gri renkli kabuk genç yaşlarda çatlaksız iken ileriki yaşlarda hafif çatlaklıdır. İğne yapraklarının uzunluğu 2-4 cm, genişliği 1,5-2,5 mm olup üst yüzü parlak koyu yeşil; ucu sivri, kut veya kertiklidir. Yaprak alt yüzlerinde bir çift beyaz stoma bandı mevcuttur. 8-12 (-20) mm uzunluğundaki kırmızımsı-pembe veya sarı-yeşil renkte olan erkek cicekler sürgün üzerinde yan durumlu olarak kurullar oluştururlar.

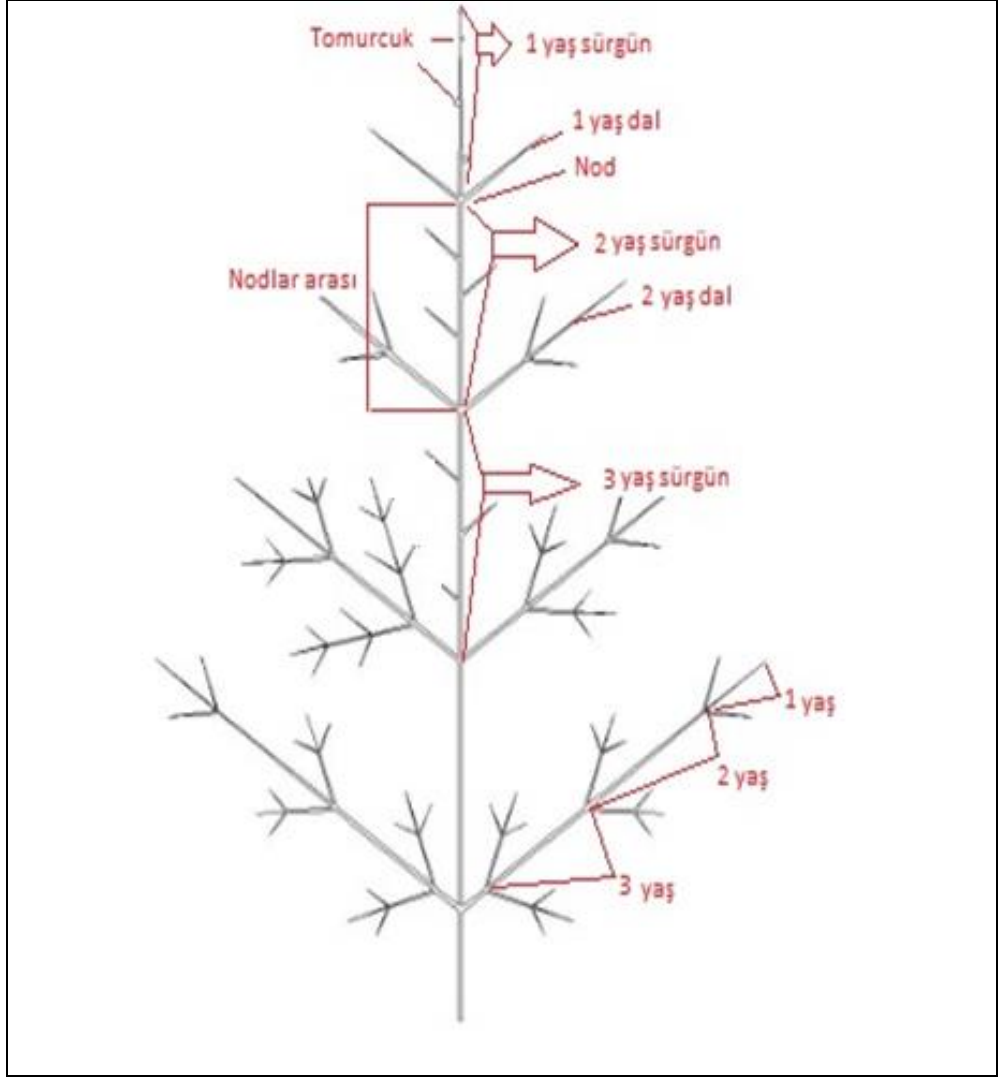
Çok sayıda dişi çiçeğin bir araya gelerek oluşturduğu kozalaklar tepenin üst kısımlarında dik durumda bulunur ve olgunlaştığında dağılır. Gençken yeşil, olgunlaştığında kırmızımsı kahverengi olan kozalaklar genellikle bol reçinelidir ve dış pul (brahte) iç puldan (karpel) daha uzun olduğu için, kozalak kapalı iken brahteler dışarıdan görülür. Tohumları (8-) 10-12 mm uzunluğunda ve üç köşeli olup, açık-kahverengi kanat ise tohumun 1,5 katı uzunluğundadır (Oral, 2018). Çalışmaya konu göknarın genel görünüşü Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2 Göknaarın genel görünümü

Kazdağı göknaarı güzel formu sebebiyle peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca değerli bir yılbaşı ağacı olması sebebiyle dünyanın pek çok bölgesinde yetiştirilmektedir (Şevik, 2011; Sevik, 2012). Kazdağı göknaarında ibreler uzun yıllar bitki üzerinde kalabilmekte ve oluşan nodlar vasıtasıyla hangi ibrelerin kaç yaşında olduğu belirlenebilmektedir. Göknaarlarda sürgün yaşının belirlenmesi Şekil 2.3'de gösterildiği şekilde yapılabilmektedir.

Göknaarların hem güzel formu dolayısıyla peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılmaları, hem de ibre ve dal yaşlarının nodlar vasıtasıyla belirlenebilmesi, yakın geçmişteki ağır metal kirliliğinin süreç içerisindeki değişiminin belirlenmesinde uygun birer biyomonitör kılmaktadır (Alkharam, 2019). Bu özelliklerinden dolayı çalışma Kazdağı göknaarı üzerinde yürütülmüştür.



Şekil 2.3 Göknarlarda sürgün yaşının belirlenmesi

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Örneklerin Temin Edilmesi

Çalışma kapsamında örnekler trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve hemen hemen hiç trafik olmayan (en az 50 m yakınında araç yolu bulunmayan) bölgelerde yetişen ağaçlardan temin edilmiştir. Çalışma Kastamonu kent merkezinde yürütülmüş olup, trafiğin yoğun olduğu alan olarak Kastamonu kent merkezi, trafiğin az yoğun olduğu alan olarak Kuzeykent bölgesi ana cadde kenarı ve trafiğin olmadığı alan olarak da Kastamonu Üniversitesi kampüs alanı seçilmiştir.

Numuneler ağaçların yan dallarından, trafiğin olduğu taraftan, yerden yaklaşık 2 m yüksekten alınmıştır. Söz konusu yan dallar ağacın ana gövdesine zarar vermeden kesilerek alınmış ve laboratuara getirilmiştir. Laboratuvarda dallar yaşlarına göre kesilerek sınıflandırılmış, ibre, kabuk ve dal kısımlarına ayrılarak etiketlenmiştir. Kesme ve ayırma işlemi esnasında çelik bıçaklar kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Numunelerin Hazırlanması

Örnekler ayrılıp etiketlendikten sonra daha rahat kuruyabilmeleri için kırılarak parçalanmış ve kartonlar üzerine serilerek 15 gün oda kurusu hale gelmesi için bekletilmiştir. Bu süreç içerisinde laboratuvar her gün havalandırılmış, hava kurusu hale gelen numuneler cam petri kaplarına alınarak etüvde 50 °C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Kurutulan örnekler hava rutubetinden etkilenmeyecek şekilde paketlenerek analiz için laboratuvara gönderilmiştir.

Laboratuvara getirilen bitki örnekleri çelik blenderlarda öğütülerek toz haline getirilmiştir. Toz halindeki kuru örneklerden 0,5 g tartılarak mikrodalga için tasarlanmış tüplere konulmuş ve üzerine 10 mL %65'lik HNO₃ ilave edilmiştir. Hazırlanan örnekler mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 °C'de 20 dakika boyunca yakılmış, bu işlem tamamlandıktan sonra mikrodalgadan çıkarılan tüpler

soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örnekler üzerine deiyonize su ilave edilerek 50 ml'ye tamamlanmış ve filtre kâğıdından süzöldükten sonra ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur. Bu yöntem bitkilerde yaprak, odun, kabuk, meyve ve dal gibi organlarda ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla çok sayıda çalışmada kullanılan bir yöntemdir (Akarsu, 2019; Keçeci, 2019; Çobanoğlu, 2019; Savaş, 2021).

3.2.2 İstatistiki Analizler

Elde edilen veriler seyreltme faktörü ile çarpılarak element konsantrasyonları belirlenmiş ve veriler tablolaştırılarak excell programına girilmiştir. İstatistiki analizler için SPSS 20.0 paket programı kullanılmıştır. Verilere varyans analizi uygulanarak istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,05$) farklılıklar bulunması durumunda verilere Duncan testi uygulanmıştır. Elde edilen değerler ve istatistiki analiz sonuçları sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

Çalışma kapsamında değerlendirilen elementlerden Pb, Cd, Co ve Cu'nun konsantrasyonları, numunelerin büyük kısmında belirlenebilir limitlerin altında kaldığından değerlendirmeye alınamamıştır. Bunun dışında kalan Al, Ca, K, Na ve Mg elementlerinin organ (ibre, kabuk ve odun), organ yaşı ve trafik yoğunluğu bazında değişimleri değerlendirilmiştir.

4.1 Element Konsantrasyonlarının Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen Al, Ca, K, Na ve Mg elementlerinin konsantrasyonlarının trafik yoğunluğu bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,05$) olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları ile ortalama değerleri ve Duncan testi sonucunda oluşan gruplaşmalar Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Elementlerin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Element	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
Al	151,93	199,56	204,33	1,907	0,151
Ca	10.234,89	11.543,43	10.902,69	1,980	0,141
K	5.761,46	6.345,63	4.946,00	2,189	0,115
Na	376,51 b	327,13 a	422,75 c	10,291	0,000
Mg	1.178,44 a	1.527,13 b	1.570,04 b	5,402	0,005

Elementlerin trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösteren tablo sonuçları incelendiğinde Al, Ca ve K elementlerinin trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ($p > 0,05$) görülmektedir. Na elementinde en düşük değer (327,13 ppm) trafiğin az yoğun olduğu, en yüksek değer ise trafiğin yoğun olduğu (422,75 ppm) bölgelerde elde edilirken Duncan testi sonucunda üç grup oluşmuştur. Mg elementinde ise veriler Duncan testi sonucunda iki grup oluşturmuş,

trafiğin olmadığı alanlarda elde edilen değer ilk grupta yer alırken trafiğin az yoğun olduğu ve yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler ikinci grupta yer almıştır.

4.2 Element Konsantrasyonlarının Organ Bazında Değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen elementlerin konsantrasyonlarının organ bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları ile ortalama değerleri ve Duncan testi sonucunda oluşan gruplaşmalar Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2 Elementlerin organ bazında değişimi

Element	Organ			F Değeri	Hata
	İbre	Odun	Kabuk		
Al	178,65	154,99	222,18	2,657	0,072
Ca	9.515,06 a	11.185,21 b	11.980,75 b	7,711	0,001
K	4.592,76 a	4343,36 a	8.116,96 b	23,618	0,000
Na	339,97 a	429,18 b	357,24 a	10,054	0,000
Mg	1.755,75 c	1.049,53 a	1.470,33 b	16,207	0,000

Elementlerin organ bazında değişimi incelendiğinde Al dışındaki elementlerin organ bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde (en az $p<0,01$) olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucunda Mg dışındaki elementler ikişer grup oluşturmuş, Ca’da ibrede, K’da ibre ve odunda, Na’da ibre ve kabukta, Mg’da ise odunda elde edilen değerler ilk grupta yer almıştır. Ca’da odun ve kabukta, K’da kabukta, Na’da odunda, Mg’da ise kabukta elde edilen değerler ikinci grupta yer alırken Mg’da ibrede elde edilen değerler üçüncü grupta yer almıştır.

4.3 Element Konsantrasyonlarının Organ Yaşı Bazında Değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen element konsantrasyonlarının organ yaşı bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olup olmadığını belirleyebilmek

amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları ile ortalama değerleri ve Duncan testi sonucunda oluşan gruplaşmalar Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3 Elementlerin organ yaşı bazında değişimi

Organ Yaşı	Elementler				
	Al	Ca	K	Na	Mg
1	79,85 a	9.327,93	9.477,44 c	342,52 a	1.702,22
2	108,78 a	10.886,44	7.452,63 b	393,89 ab	1.563,30
3	119,78 a	9.973,89	5.347,48 a	413,15 ab	1.388,67
4	237,07 b	11.739,70	5.084,96 a	346,59 a	1.331,70
5	253,00 b	10.620,37	3.663,19 a	333,93 a	1.501,30
6	272,81 b	11.769,48	4.919,26 a	339,89 a	1.420,56
7	265,81 b	11.515,00	5.154,44 a	403,78 ab	1.408,85
8	145,07 a	11.316,56	4.375,48 a	429,96 b	1.085,04
F Değeri	6,260	1,346	6,897	2,424	1,390
Hata	0,000	0,230	0,000	0,021	0,211

Varyans analizi sonucunda Ca ve Mg elementlerinin organ yaşı bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı d¼zeyde olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına g¼re Al elementinin konsantrasyonunun organ yaşı ile doğru orantılı, K elementinin konsantrasyonunun ise organ yaşı ile ters orantılı olarak değiştiği s¼ylenbilir.

4.4 Element Konsantrasyonlarının Organ Yaşı ve Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

4.4.1 Al Elementinin Değişimi

4.4.1.1 İbrelerde Al elementinin değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen Al elementinin ibrelerdeki konsantrasyonunun ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4 İbreelerde Al elementinin ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

İbre Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	40,0 Ba	14,0 Aa	202,7 Cd	282.292,0	0,000
2	85,0 Ad	87,0 Bd	163,7 Cc	54.316,0	0,000
3	92,7 Ae	348,0 Cg	124,7 Bb	261.218,0	0,000
4	60,7 Ac	626,7 Ch	344,0 Bg	432.480,8	0,000
5	43,0 Ab	289,7 Bf	442,7 Ch	548.970,5	0,000
6	168,7 Bh	247,0 Ce	39,0 Aa	297.961,0	0,000
7	98,7 Bf	35,0 Ac	290,0 Cf	475.591,0	0,000
8	139,0 Bg	18,0 Ab	288,0 Ce	54.871,0	0,000
F Değeri	36.665,3	661.120,4	92.996,2		
Hata	0,000	0,000	0,000		

(Büyük harfler satırlardaki, küçük harfler sütunlardaki değerlerin Duncan testi sonucunda yer aldıkları grupları göstermektedir)

Al elementinin ibre yaşı bazında değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde her üç trafik yoğunluğunda da ibre yaşına bağlı değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonucunda Al konsantrasyonunun trafiğin yoğun, az yoğun ve hemen hemen hiç olmadığı bölgelerde sekiz farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. Oluşan bu gruplaşmalar incelendiğinde en düşük değerlerin trafiğin olmadığı ve az yoğun olduğu bölgelerde 1 yaşındaki ibrelerde (40,0 ppm ve 14,0 ppm), trafiğin yoğun olduğu bölgede de 6 yaşındaki ibrelerde (39,0 ppm) elde edildiği görülmektedir. En yüksek değerler ise trafiğin olmadığı bölgede 6 yaşındaki ibrelerde (168,7 ppm), trafiğin az yoğun olduğu bölgede 4 yaşındaki ibrelerde (626,7 ppm) ve trafiğin yoğun olduğu bölgede de 5 yaşındaki ibrelerde (442,7 ppm) elde edilmiştir.

Aynı şekilde Al konsantrasyonunun farklı yaşlı ibrelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi incelendiğinde her yaş için istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,01$) düzeyde farklılaştığı görülmektedir. Duncan testi sonucunda Al konsantrasyonunun her yaşta üç farklı homojen grup oluşturduğu saptanmıştır. En yüksek değer trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 4 yaşındaki ibrelerde 626,7 ppm olarak belirlenirken en düşük değer de yine trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 1 yaşındaki ibrelerde 14,0 ppm olarak tespit edilmiştir. En yüksek değer ve en düşük değer aynı bölgede görülmesi dikkat

çekmektedir. Bir diğer dikkat çeken nokta ise en yüksek değer en düşük değerden yaklaşık 44 kat fazla olmasıdır.

4.4.1.2 Odunlarda Al elementinin değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Al elementinin odunlardaki konsantrasyonunun odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5 Odunlarda Al elementinin odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Odun Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	20,0 Ac	254,0 Cf	39,0 Bb	152.013,0	0,000
2	14,0 Aa	48,0 Bb	183,7 Cf	217.567,0	0,000
3	86,3 Cg	28,0 Ba	9,0 Aa	43.849,0	0,000
4	22,0 Ad	447,3 Cg	129,7 Be	94.311,3	0,000
5	28,3 Af	126,0 Cd	49,0 Bc	71.527,0	0,000
6	25,0 Ae	463,0 Ch	382,7 Bh	66.727,3	0,000
7	785,7 Ch	206,7 Be	86,7 Ad	419.121,0	0,000
8	18,0 Ab	54,7 Bc	213,0 Cg	72.493,7	0,000
F Değeri	430.906,23	145.709,7	38.433,2		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Al elementinin odun yaşı bazındaki değişimini gösterir varyans analizi sonuçları incelendiğinde trafiğin yoğun, az yoğun ve neredeyse hiç olmadığı bölgelerde istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonucuna göre bütün trafik yoğunluklarında, odun yaşı bakımından sekiz farklı homojen grup oluşmuştur. Al konsantrasyonunun trafiğin olmadığı bölgelerde 14,0 ppm ile 785,7 ppm, trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 28,0 ppm ile 463,0 ppm ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde de 9,0 ppm ile 382,7 ppm arasında değiştiği görülmektedir. Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerler trafiğin olmadığı bölgede 2 yaşındaki, trafiğin az yoğun ve yoğun oldu bölgelerde 3 yaşındaki odunlarda elde edilirken en yüksek değerler ise trafiğin olmadığı bölgede 7 yaşındaki, trafiğin az yoğun ve yoğun olduğu bölgelerde de 6 yaşındaki odunlarda elde edilmiştir.

Al elementinin trafik yoğunluğu bazında değişimi incelendiğinde her odun yaşında trafik yoğunluğuna bağlı olarak Al konsantrasyonunun değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde ($p<0,01$) anlamlı olduğu belirlenmiştir. Al konsantrasyonunun ortalama değerleri ve Duncan testi sonuçlarına göre her trafik yoğunluğunun ayrı bir homojen grup oluşturduğu tespit edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde toplam 8 yaş aralığından 6 tanesinde elde edilen en düşük değerlerin trafiğin olmadığı bölgelerde, diğer 2 tanesinde en düşük değerlerin ise trafiğin yoğun olduğu bölgelerde elde edildiği görülmektedir. 7 yaşındaki odunlarda trafiğin olmadığı bölgelerde 785,7 ppm ile Al konsantrasyonunun en yüksek değeri tespit edilirken, 3 yaşındaki odunlarda da trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 9,0 ppm ile en düşük değer elde edilmiştir.

4.4.1.3 Kabuklarda Al elementinin değişimi

Kabuklarda Al elementinin konsantrasyonunun kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6 Kabuklarda Al elementinin kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Kabuk Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	34,3 Bb	13,0 Aa	101,7 Cc	28.914,0	0,000
2	96,7 Ac	154,0 Ce	147,0 Bd	6.603,2	0,000
3	278,3 Ce	12,0 Aa	99,0 Bb	124.495,7	0,000
4	27,7 Ba	472,7 Cf	3,0 Aa	943.245,5	0,000
5	211,0 Ad	576,7 Cg	510,7 Bh	19.347,3	0,000
6	590,0 Ch	131,7 Ad	408,3 Bf	102.733,9	0,000
7	368,0 Bg	96,3 Ac	425,3 Cg	104.248,6	0,000
8	313,3 Cf	40,0 Ab	221,7 Be	65.315,6	0,000
F Değeri	44.368,1	337.707,5	94.990,4		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Al elementinin kabuk yaşına bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde diğer organlarda olduğu gibi her üç trafik yoğunluğunda da değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçları incelendiğinde Al konsantrasyonunun trafiğın olmadığı ve yoğun olduğu bölgelerde sekiz farklı homojen grup, trafiğın az yoğun olduğu bölgede ise yedi farklı homojen grup oluşturduğu görülmektedir. Ortalama değerlere göre Al konsantrasyonunun trafiğın olmadığı bölgelerde 27,7 ppm (4 yaş) ile en düşük değeri, 590,0 ppm (6 yaş) ile en yüksek değeri elde edilmiştir. Trafiğın az yoğun olduğu bölgelerde ise en düşük değer 12,0 ppm (3 yaş), en yüksek değer 576,7 ppm (5 yaş) ve trafiğın yoğun olduğu bölgelerde de en düşük değer 3,0 ppm (4 yaş), en yüksek değer 510,7 ppm (5 yaş) olarak elde edilmiştir.

Al konsantrasyonunun kabuk yaşı bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir değerler incelendiğinde her kabuk yaşında trafik yoğunluğuna bağlı olarak Al konsantrasyonunun değişiminin varyans analizi sonuçlarına göre istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olmak üzere farklılaştığı görülmektedir. Tablo değerleri incelendiğinde Duncan testi sonuçlarına göre diğer organ yaşlarında olduğu gibi bütün kabuk yaşlarında da trafik yoğunluğuna bağlı olarak değerlerin üç farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. Toplam 8 tane kabuk yaşından 5 tanesinde elde edilen en düşük değerlerin trafiğın az yoğun olduğu bölgede elde edildiği görülmektedir. Al elementinin konsantrasyonunun en yüksek değeri 6 yaşındaki kabuklarda trafiğın olmadığı bölgelerde (590,0 ppm) iken en düşük değeri 4 yaşındaki kabuklarda trafiğın yoğun olduğu bölgelerde (3,0 ppm) elde edilmiştir.

4.4.2 Ca Elementinin Değişimi

4.4.2.1 İbrelerde Ca elementinin değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen diğer element olan Ca elementinin ibrelerdeki konsantrasyonunun ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.7'de verilmiştir.

Ca elementinin ibre yaşına bağlı değişimini gösterir varyans analiz sonuçları incelendiğinde bütün trafik yoğunluklarında Ca konsantrasyonunun değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.7 İbrelere Al elementinin ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

İbre Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	7.900,7 Bd	7.797,7 Ac	8.260,7 Ce	2.007,0	0,000
2	15.493,7 Cg	8.272,7 Bd	8.076,7 Ad	350.304,3	0,000
3	7.679,0 Ac	16.144,7 Cg	7.892,3 Bc	540.982,9	0,000
4	16.524,3 Ch	12.745,7 Bf	7.672,7 Ab	24.547,0	0,000
5	3.253,7 Aa	7.706,3 Cb	7.427,3 Ba	36.615,7	0,000
6	14.677,7 Cf	7.732,7 Abc	9.032,3 Bf	24.880,9	0,000
7	13.275,3 Ce	4.589,7 Aa	7.679,3 Bb	26.946,7	0,000
8	4.870,7 Ab	8.888,3 Be	14.767,3 Cg	16.723,3	0,000
F Değeri	85.772,8	15.209,2	20.238,9		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Duncan testi sonuçlarına göre trafiğin olmadığı bölgelerde sekiz farklı homojen grup oluşurken trafiğin az yoğun ve yoğun olduğu bölgelerde yedi farklı homojen grup oluştuğu belirlenmiştir. Ortalama değerler ve duncan testi sonucunda oluşan gruplaşmalar dikkate alındığında Ca konsantrasyonunun en düşük değerleri trafiğin olmadığı ve yoğun olduğu bölgelerde 5 yaşındaki ibrelerde (3.253,7 ppm ve 7.427,3 ppm), trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde de 7 yaşındaki ibrelerde (4.589,7 ppm) elde edildiği görülmektedir. En yüksek değerlere bakıldığında ise trafiğin olmadığı bölgelerde 4 yaşındaki ibrelerde (16.524,3 ppm), trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 3 yaşındaki ibrelerde (16.144,7 ppm) ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde de 8 yaşındaki ibrelerde (14.767,3 ppm) elde edildiği görülmektedir.

Ca elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde yine varyans analizi sonuçlarına göre her yaş ibrelerinde Ca konsantrasyonunun istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,01$) farklılaştığı görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları dikkate alındığında her yaş ibrelerin üç farklı homojen grup oluşturduğu tespit edilmiştir. Ca konsantrasyonunun 16.524,3 ppm ile en yüksek değeri 4 yaşındaki ibrelerde, en düşük değeri ise 3.253,7 ppm ile 5 yaşındaki ibrelerde elde edilmiştir. Hem en yüksek değer hem de en düşük değerin trafiğin olmadığı alanlarda elde edilmesi dikkat çekmektedir.

4.4.2.2 Odunlarda Ca elementinin değişimi

Odunlarda Ca elementinin konsantrasyonunun odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8 Odunlarda Ca elementinin odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Odun Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	5.489,0 Aa	16.514,7 Cf	8.026,0 Be	47.188,7	0,000
2	7.907,3 Bc	16.408,7 Ce	6.300,0 Ac	52.841,1	0,000
3	14.165,3 Cf	10.804,7 Bb	5.140,3 Ab	7.490,6	0,000
4	5.455,3 Aa	16.341,3 Ce	15.467,0 Bg	86.516,8	0,000
5	13.994,0 Be	15.686,3 Cd	4.452,7 Aa	25.484,5	0,000
6	7.449,0 Ab	16.551,3 Cf	16.388,7 Bh	76.774,7	0,000
7	11.457,0 Bd	15.384,7 Cc	7.907,3 Ad	21.966,7	0,000
8	7.357,0 Ab	8.640,7 Ba	15.156,7 Cf	8.155,3	0,000
F Değeri	8.192,1	8.168,6	35.447,1		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Ca elementinin odun yaşı bazında değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde trafiğin yoğun, az yoğun ve hemen hemen hiç olmadığı bölgelerde de Ca konsantrasyonu değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görölmektedir.

Ortalama değerler ve duncan testi sonuçlarına göre trafiğin olmadığı ve az yoğun olduğu bölgelerde altı, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde ise sekiz homojen grup oluşmuştur. En düşük değerler trafiğin olmadığı bölgelerde 5.455,3 ppm, trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 8.640,7 ppm ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 4.452,7 ppm olarak belirlenmiştir. En yüksek değerler incelendiğinde ise trafiğin olmadığı bölgelerde 14.165,3 ppm, trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 16.551,3 ppm ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde de 16.388,7 ppm olarak elde edilmiştir. Tablo değerleri dikkate alındığında trafiğin olmadığı bölgede en düşük değerler 4 yaşındaki, en yüksek değerler 3 yaşındaki odunlarda, trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde en yüksek değerler 6 yaşındaki en düşük değerler 8 yaşındaki odunlarda ve trafiğin yoğun

olduğu bölgelerden en düşük değerler 5 yaşındaki en yüksek değerler 6 yaşındaki odunlarda belirlenmiştir.

Odunlarda Ca elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde bütün yaşlarda trafik yoğunluğuna bağlı değişimin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu görülmektedir. Ca elementinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak Duncan testi sonuçlarına göre her yaştaki odunlarda üç farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde hiçbir odun yaşının ilk homojen grupta yer almadığı dikkat çekmektedir. Bir diğer dikkat çeken nokta ise Ca konsantrasyonunun en yüksek değerinin en düşük değerinden yaklaşık 4 kat fazla olmasıdır. En yüksek değeri 6 yaşındaki odunlarda 16.551,3 ppm ile trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde elde edilmiştir. En düşük Ca değeri ise 5 yaşındaki ibrelerde 4.452,7 ppm ile trafiğin yoğun olduğu bölgelerde saptanmıştır.

4.4.2.3 Kabuklarda Ca elementinin değişimi

Ca elementinin kabuklardaki konsantrasyonunun kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9 Kabuklarda Ca elementinin kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Kabuk Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	10.054,7 Bd	12.042,3 Ce	7.865,7 Aa	1.306,7	0,000
2	7.748,7 Aa	12.353,7 Bf	15.416,7 Cd	12.328,0	0,000
3	7.618,0 Ba	4.841,3 Aa	15.479,3 Cd	241.921,3	0,000
4	9.358,3 Bc	7.905,0 Ab	14.187,7 Cc	2.209,7	0,000
5	14.908,7 Bf	11.605,3 Ad	16.549,0 Ce	10.216,1	0,000
6	8.129,0 Ab	13.055,3 Bg	12.909,3 Bb	3.241,0	0,000
7	14.703,0 Ce	14.463,0 Bh	14.175,7 Ac	22,7	0,02
8	161.68,0 Cg	10.566,3 Ac	15.434,0 Bd	21.580,9	0,000
F Değeri	5.197,7	3.733,7	7.250,1		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Kabuk yaşına bağlı değişimini gösterir tablo değerlerine göre Ca elementinin her üç yoğunluktaki değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre trafiğin yoğun olduğu bölgelerde dört farklı homojen grup, trafiğin olmadığı bölgelerde yedi farklı homojen grup ve trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde sekiz farklı homojen grup oluşmuştur.

Ca konsantrasyonunun ortalama değerlere göre en düşük değerler trafiğin olmadığı ve az yoğun olduğu bölgelerde 3 yaşındaki kabuklarda (7.618,0 ppm ve 4.841,3 ppm), trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 1 yaşındaki kabuklarda (7.865,7 ppm) belirlenmiştir. En yüksek değerlere bakıldığında ise trafiğin olmadığı bölgelerde 8 yaşındaki kabuklarda (16.168,0 ppm), trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 7 yaşındaki kabuklarda (14.463,0 ppm) ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde de 3 yaşındaki kabuklarda (15.479,3 ppm) tespit edilmiştir.

Ca elementinin kabuk yaşı bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir tablo incelendiğinde Ca konsantrasyonunun bütün yaşlarda trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu, bu değişimin 7 yaşındaki kabuklarda istatistiki olarak %99 güven düzeyinde, diğer yaşlarda ise %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçları incelendiğinde 6 yaşındaki kabukların iki farklı homojen grup, diğer bütün yaştaki kabuklarında üç farklı homojen grup oluşturduğu tespit edilmiştir. Ortalama değerlere bakıldığında Ca konsantrasyonunun toplam 8 kabuk yaşından 4 tanesinin trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde ilk homojen grupta, 4 tanesinin de trafiğin yoğun olduğu alanlarda son homojen grupta olduğu belirlenmiştir. En düşük Ca konsantrasyonu trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 3 yaşındaki kabuklarda (4.841,3 ppm), en yüksek Ca konsantrasyonu ise trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 5 yaşındaki kabuklarda (16.549,0 ppm) elde edilmiştir.

4.4.3 K Elementinin Değişimi

4.4.3.1 İbrelerde K elementinin değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen bir diğer element olan K elementinin ibrelerdeki konsantrasyonunun ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 İbrelerde K elementinin ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

İbre Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	6.607,3 Bh	6.949,7 Ch	5.151,7 Ad	5.649,7	0,000
2	6.554,7 Cg	4.678,7 Bf	4.466,7 Ac	13.662,2	0,000
3	5.837,7 Cf	3.498,3 Ab	3.780,7 Ba	17.554,0	0,000
4	4.457,0 Ad	5.316,7 Cg	5.132,0 Bd	978,1	0,000
5	792,0 Aa	4.199,3 Bd	5.676,7 Cf	57.887,8	0,000
6	5.361,3 Ce	4.033,3 Bc	3.805,3 Aa	4.145,5	0,000
7	4.416,7 Cc	1.390,7 Aa	3.919,3 Bb	10.316,6	0,000
8	4.226,3 Ab	4.546,0 Be	5.428,3 Ce	3.248,9	0,000
F Değeri	24.396,2	15.534,3	3.929,9		
Hata	0,000	0,000	0,000		

K elementinin ibre yaşına bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde hem bütün yaşlarda trafik yoğunluğuna bağlı olarak, hem de bütün trafik yoğunluklarında ibre yaşına bağlı olarak K konsantrasyonunun değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı görülmektedir.

Duncan testi sonucunda, farklı yaşlardaki ibrelerde belirlenen K konsantrasyonunun trafiğin olmadığı ve az yoğun olduğu bölgelerde sekiz farklı homojen grup, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde ise altı farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. En düşük değerler trafiğin olmadığı bölgelerde 5 yaşındaki (792,0 ppm), trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 7 yaşındaki (1.390,7 ppm) ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 3 yaşındaki ibrelerde (3.780,7 ppm) elde edilmiştir. En yüksek değerler ise trafiğin olmadığı ve az yoğun olduğu bölgelerde 1 yaşındaki (6.607,3 ppm ve 6.949,7 ppm), trafiğin yoğun olduğu bölgelerde de 5 yaşındaki ibrelerde (5.676,7) saptanmıştır.

K elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi incelendiğinde Duncan testi sonuçlarına göre bütün ibre yaşlarında üçer homojen grup olduğu ve her bir trafik yoğunluğunda elde edilen değerlerin ayrı bir homojen grupta yer aldığı belirlenmiştir. Toplam 8 tane ibre yaşından 4 tanesindeki değerlerin trafiğin olmadığı bölgelerde son homojen grupta yer aldığı belirlenmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde hem en yüksek hem de en düşük değerlerin trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde elde edilmiş olması dikkat çekmektedir.

4.4.3.2 Odunlarda K elementinin değişimi

Odunlarda K elementinin konsantrasyonunun odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11 Odunlarda K elementinin odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Odun Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	2.896,0 Bc	2.643,7 Ab	4.286,0 Cf	10.774,8	0,000
2	4.158,0 Be	5.791,3 Cf	3.487,0 Ad	7.049,4	0,000
3	4.248,3 Bf	7.305,3 Cg	2.406,0 Ab	19.588,1	0,000
4	2.292,3 Aa	4.347,0 Cc	2.506,0 Bc	8.272,4	0,000
5	3.291,3 Cd	2.357,3 Ba	1.634,7 Aa	1.406,5	0,000
6	5.673,0 Bh	4.707,0 Ad	5.638,0 Bh	1.120,5	0,000
7	4.728,3 Ag	12.607,3 Ch	5.380,7 Bg	480.707,6	0,000
8	2.839,3 Ab	5.182,3 Ce	3.834,3 Be	3.651,7	0,000
F Değeri	6.912,9	38.435,0	7.914,2		
Hata	0,000	0,000	0,000		

K elementinin odun yaşına bağlı olarak trafik yoğunluğu bazında değişimini gösterir varyans analizi sonuçlarına göre bütün yaşlarda trafik yoğunluğuna bağlı olarak ve bütün trafik yoğunluklarında odun yaşına bağlı olarak K konsantrasyonunun değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyde anlamlı olmak üzere farklılaştığı belirlenmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre bütün trafik yoğunluklarında her bir odun yaşının ayrı bir grup oluşturduğu ve bundan dolayı verilerin sekiz farklı homojen grup oluşturduğu

tespit edilmiştir. Hem ortalama değerler hem de oluşan gruplaşmalar dikkate alındığında en düşük değerler trafiğin olmadığı bölgelerde 4 yaşındaki odunlarda (2.292,3 ppm), trafiğin az yoğun ve yoğun olduğu bölgelerde de 5 yaşındaki odunlarda (2.357,3 ppm ve 1.634,7 ppm) elde edilmiştir. Aynı şekilde K konsantrasyonunun en yüksek değerleri incelendiğinde trafiğin olmadığı ve yoğun olduğu bölgelerde 6 yaşındaki odunlarda (5.673,0 ppm ve 5.638,0 ppm), trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde ise 7 yaşındaki odunlarda (12.607,3 ppm) elde edilmiştir.

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak K konsantrasyonunun değişimi incelendiğinde ise Duncan testi sonuçlarına göre K konsantrasyonunun 6 yaşındaki odunlarda iki, diğer yaşlardaki odunlarda ise üç farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. Tablo verileri incelendiğinde toplam 8 odun yaşından 5 tanesindeki en yüksek değerlerin trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde elde edilmesi dikkat çekmektedir. Bir diğer dikkat çeken nokta ise K elementinin en yüksek değerinin en düşük değerinden yaklaşık 8 kat fazla olmasıdır. En yüksek değer 7 yaşındaki odunlarda trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde (12.607,3 ppm), en düşük değer ise 5 yaşındaki odunlarda trafiğin yoğun olduğu bölgelerde (1.634,7 ppm) elde edilmiştir.

4.4.3.3 Kabuklarda K elementinin değişimi

K elementinin kabuklardaki konsantrasyonunun kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.12’de verilmiştir.

K elementinin kabuk yaşına bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde diğer organlarda olduğu gibi hem bütün yaşlarda trafik yoğunluğuna bağlı olarak, hem de bütün trafik yoğunluklarında ibre yaşına bağlı olarak K konsantrasyonunun değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı görülmektedir.

Duncan testi sonucunda trafiğin olmadığı ve az yoğun olduğu bölgelerde her bir yaşta elde edilen değerler ayrı bir kopmojen grupta yer aldığı ve böylece sekiz farklı homojen grup oluştuğu, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde ise verilerin altı farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. Her üç trafik yoğunluğu içinde en yüksek değerlerin 1 yaşındaki kabuklarda elde edilmesi dikkat çekmektedir. En düşük değerler ise trafiğin

olmadığı bölgelerde 8 yaşındaki kabuklarda (2.905,0 ppm), trafiğin az yoğun ve yoğun olduğu bölgelerde de 3 yaşındaki kabuklarda (1.261,3 ppm ve 2.900,7 ppm) elde edilmiştir.

Tablo 4.12 Kabuklarda K elementinin kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Kabuk Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	17.340,3 Ah	20.713,3 Ch	18.709,0 Bf	902,1	0,000
2	13.464,3 Bf	15.361,3 Cg	9.111,7 Ae	17.464,3	0,000
3	16.889,0 Cg	1.261,3 Aa	2.900,7 Ba	25.868,3	0,000
4	3.812,3 Ab	13.302,7 Cf	4.598,7 Bc	54.381,7	0,000
5	5.315,0 Bd	6.732,0 Ce	2.970,3 Aa	10.548,8	0,000
6	5.586,7 Be	5.809,7 Cd	3.659,0 Ab	9.122,9	0,000
7	4.582,7 Bc	5.663,7 Cc	3.700,7 Ab	5.811,5	0,000
8	2.905,0 Aa	3.897,0 Bb	6.520,7 Cd	4.741,1	0,000
F Değeri	21.648,6	74.276,1	32.138,5		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Duncan testi sonuçları incelendiğinde bütün yaştaki kabukların trafik yoğunluğuna bağlı olarak üç farklı homojen grup oluşturduğu tespit edilmiştir. Toplam 8 kabuk yaşından 6 tanesinde trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde elde edilen değerlerin son homojen grupta yer aldığı saptanmıştır. Ortalama değerler dikkate alındığında ise K konsantrasyonunun en yüksek değeri 1 yaşındaki kabuklarda trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde (20.713,3 ppm), en düşük değeri de 3 yaşındaki kabuklarda yine trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde (1.261,3 ppm) elde edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde en yüksek ve en düşük değerlerinde trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde elde edilmesi dikkat çekmektedir.

4.4.4 Na Elementinin Değişimi

4.4.4.1 İbrelerde Na elementinin değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen Na elementinin ibrelerdeki konsantrasyonunun ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.13’de verilmiştir.

Na elementinin ibre yaşı bazında değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde her üç trafik yoğunluğunda da ibre yaşına bağlı değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.13 İbrelerde Na elementinin ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

İbre Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	295,3 Bb	223,0 Ac	444,7 Cg	4.156,7	0,000
2	311,7 Bc	217,0 Ab	395,7 Ce	1.477,5	0,000
3	283,0 Aa	364,3 Cf	346,3 Bc	2.142,4	0,000
4	348,0 Bd	245,0 Ad	427,0 Cf	2.141,7	0,000
5	382,3 Ce	255,7 Ae	366,0 Bd	3.126,3	0,000
6	417,0 Cf	204,0 Aa	248,3 Ba	4.012,0	0,000
7	280,0 Aa	362,3 Bf	277,7 Ab	448,4	0,000
8	278,0 Aa	603,3 Cg	583,7 Bh	8.895,7	0,000
F Değeri	505,9	6.631,2	5.862,8		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Duncan testi sonucunda trafiğin olmadığı bölgede altı, trafiğin az yoğun olduğu bölgede yedi ve trafiğin yoğun olduğu bölgede sekiz homojen grup oluşmuştur. Trafiğin olmadığı bölgede 3, 7 ve 8 yaş ibrelerde elde edilen değerler ilk grupta yer alırken, trafiğin az yoğun olduğu bölgede 3 ve 7 yaş ibrelerde elde edilen değerler altıncı grupta yer almıştır. Tablo'da trafiğin yoğun ve az yoğun olduğu bölgelerdeki en yüksek değerlerin 8 yaşındaki ibrelerde elde edildiği, trafiğin olmadığı bölgelerdeki en yüksek değer ile trafiğin yoğun ve az yoğun olduğu bölgelerdeki en düşük değerlerin 6 yaşındaki ibrelerde elde edildiği görülmektedir.

Na konsantrasyonunun en düşük değerleri trafiğin olmadığı bölgelerde 278,0 ppm (8 yaş), trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 204,0 ppm (6 yaş) ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 248,3 ppm (6 yaş) iken en yüksek değerleri trafiğin olmadığı bölgelerde 417,0 ppm (6 yaş), trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 603,3 ppm (8 yaş) ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 583,7 ppm (8 yaş) olarak elde edilmiştir.

İbrelerde Na elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi incelendiğinde bütün yaşlarda trafik yoğunluğuna bağlı değişimin istatistiki olarak anlamlı düzeyde

($p < 0,001$) olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonucuna göre 7 yaşındaki ibrelerin iki, diğer tüm yaşlardaki ibrelerin ise üç farklı homojen grup oluşturduğu tespit edilmiştir. Na konsantrasyonunun ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan bu gruplaşmalar dikkate alındığında en düşük değer 204,0 ppm ile 6 yaşındaki ibrelerde en yüksek değer de 603,3 ppm ile 8 yaşındaki ibrelerde olduğu görülmektedir. Tablo değerleri incelendiğinde hem en yüksek değer hem de en düşük değer trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde olması dikkat çekmektedir. Dikkat çeken diğer bir nokta ise toplamda 8 yaşındaki ibrelerden 5 tanesinde en düşük değerlerin yine trafiğin az yoğun olduğu bölgede belirlenmiş olmasıdır.

4.4.4.2 Odunlarda Na elementinin değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Na elementinin odunlardaki konsantrasyonunun odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.14’de verilmiştir.

Tablo 4.14 Odunlarda Na elementinin odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Odun Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	299,7 Ba	180,3 Aa	413,0 Cd	1.653,7	0,000
2	562,7 Bg	280,7 Ab	577,0 Ce	2.117,8	0,000
3	545,7 Bf	518,7 Ag	676,7 Cf	437,2	0,000
4	411,7 Cd	362,7 Bd	236,0 Aa	1.003,9	0,000
5	462,7 Ce	185,0 Aa	306,0 Bb	3.332,9	0,000
6	368,7 Bb	494,0 Cf	327,3 Ac	1.263,2	0,000
7	392,0 Bc	346,0 Ac	918,3 Cg	17.063,6	0,000
8	629,3 Ch	399,3 Ae	407,0 Bd	6.489,5	0,000
F Değeri	1.332,2	3.453,3	4.806,6		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Na elementinin odun yaşına bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde her üç trafik yoğunluğunda da elde edilen Na konsantrasyonlarının odun yaşına bağlı olarak değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre trafiğin olmadığı bölgelerde sekiz, trafiğin yoğun ve az yoğun olduğu bölgelerde yedi farklı homojen grup oluşmuştur. Trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 1 ve 5 yaş odunların ilk, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 1 ve 8 yaş odunların dördüncü grupta yer aldığı, bunun dışında her bir yaş odunda elde edilen değer ayrı bir grup oluşturduğu belirlenmiştir. Ortalama değerler dikkate alındığında Na konsantrasyonunun en düşük değerlerinin trafiğin olmadığı ve az yoğun olduğu bölgelerde 1 yaşındaki odunlarda (299,7 ppm ve 180,3 ppm), trafiğin yoğun olduğu bölgelerde de 4 yaşındaki odunlarda (236,0 ppm) elde edildiği görülmektedir. En yüksek değerler ise trafiğin olmadığı bölgelerde 8 yaşındaki odunlarda (629,3 ppm) trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 3 yaş odunlarda (518,7 ppm) ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 7 yaşındaki odunlarda (918,3 ppm) elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre Na elementinin odun yaşı bazında trafiğe bağlı olarak değişimi incelendiğinde değerlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde ($p < 0,001$) anlamlı olmak üzere farklılaştığı görülmektedir. Duncan testi sonucunda bütün yaşlarda elde edilen değerler üçer grup oluşturmuştur. En yüksek değer 918,3 ppm ile 7 yaşındaki odunlarda trafiğin yoğun olduğu bölgelerde, en düşük değer ise 180,3 ppm ile 1 yaşındaki odunlarda trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde tespit edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde trafiğin hemen hemen hiç olmadığı bölgelerdeki tüm odun yaşlarının ilk homojen grupta yer almaması dikkat çekmektedir. Ayrıca dikkat çeken diğer husus ise toplam 8 adet odun yaşından 6 tanesinin trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde ilk homojen grupta yer almasıdır.

4.4.4.3 Kabuklarda Na elementinin değişimi

Kabuklarda Na elementinin konsantrasyonunun kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.15’de verilmiştir.

Na elementinin kabuk yaşına bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde diğer organlarda olduğu gibi her üç trafik yoğunluğunda da değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde trafiğin olmadığı bölgelerde beş, trafiğin yoğun olduğu bölgede yedi ve trafiğin az yoğun olduğu bölgede sekiz farklı homojen grup

oluştugu belirlenmiştir. Na konsantrasyonunun en düşük değerleri trafiğin olmadığı bölgelerde 272,3 ppm (6 yaşı), trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 209,7 ppm (6 yaşı) ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 194,3 ppm (3 yaşı) olarak elde edilmiştir. En yüksek değerler ise trafiğin olmadığı bölgelerde 509,3 ppm (3 yaşı), trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 453,3 ppm (2 yaşı) ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 533,3 ppm (1 yaşı) olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.15 Kabuklarda Na elementinin kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Kabuk Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	424,3 Bd	269,0 Ab	533,3 Cg	5.353,5	0,000
2	285,0 Ab	453,3 Bh	462,0 Ce	2.688,3	0,000
3	509,3 Ce	280,0 Bc	194,3 Aa	4.448,5	0,000
4	273,3 Aa	303,7 Bd	512,0 Cf	1.162,7	0,000
5	423,3 Cd	324,3 Be	300,0 Ac	944,4	0,000
6	272,3 Ba	209,7 Aa	517,7 Cf	6.624,1	0,000
7	299,7 Ac	366,0 Bf	392,0 Cd	216,2	0,000
8	281,3 Aab	403,7 Bg	284,0 Ab	983,7	0,000
F Değeri	910,1	1.198,9	3.393,6		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak kabuk yaşı bazında incelenen Na elementinin varyans analizi sonuçlarına göre tüm kabuk yaşlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı ($p < 0,001$) olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçları incelendiğinde toplam 8 kabuk yaşındaki 7 tanesinin üç farklı homojen grup oluşturduğu, 8 yaşındaki kabukların ise iki farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. Belirlenen bu gruplaşmalar ve ortalama değerler dikkate alındığında Na konsantrasyonunun hem en yüksek değerinin hem de en düşük değerinin trafiğin yoğun olduğu bölgelerde görülmesi dikkat çekmektedir. 533,3 ppm ile 1 yaşındaki kabuklarda en yüksek değer, 194,3 ppm ile 3 yaşındaki kabuklardan en düşük değer trafiğin yoğun olduğu bölgelerde elde edilmiştir.

4.4.5 Mg Elementinin Değişimi

4.4.5.1 İbrelerde Mg elementinin değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen son element olan Mg elementinin ibrelerdeki konsantrasyonunun ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16 İbrelerde Mg elementinin ibre yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

İbre Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	2.071,0 Cf	1.815,0 Ad	1.957,3 Bc	825,6	0,000
2	3.758,0 Ch	1.817,7 Ad	1.961,3 Bc	47.892,1	0,000
3	1.038,0 Ad	2.121,7 Ce	1.965,0 Bc	12.138,8	0,000
4	728,7 Ab	863,7 Bc	2.471,3 Ce	234.987,7	0,000
5	166,7 Aa	2.893,7 Bg	3.377,3 Cf	34.354,4	0,000
6	2.218,0 Bg	2.676,7 Cf	707,0 Aa	64.446,9	0,000
7	1.866,3 Be	130,3 Aa	2.020,7 Cd	24.364,4	0,000
8	1.019,7 Bc	844,7 Ab	1.648,3 Cb	20.349,2	0,000
F Değeri	64.404,0	29.811,7	14.959,8		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Mg elementinin trafik yoğunluğu bazında ibre yaşına bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde Mg konsantrasyonunun her üç trafik yoğunluğunda da ibre yaşı bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre trafiğin olmadığı bölgelerde sekiz, trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde yedi ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde de altı farklı homojen grup oluşmuştur. Trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 1 ve 2 yaş ibreler dördüncü, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde de 1, 2 ve 3 yaş ibreler üçüncü homojen grubu oluştururken diğer bütün yaşlarda elde edilen değerlerin her birisi ayrı bir grup oluşturmuştur.

Ortalama değerler incelendiğinde Mg konsantrasyonunun trafiğin olmadığı bölgelerde en düşük değeri 5 yaşındaki (166,7 ppm), en yüksek değeri 2 yaşındaki ibrelerde (3.758,0 ppm), trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde de en yüksek değeri 5 yaşındaki

(2.893,7 ppm), en düşük değeri 7 yaşındaki ibrelerde (130,3 ppm) elde edilirken trafiğin yoğun olduğu bölgelerde ise en düşük değer 6 yaşındaki (707,0 ppm), en yüksek değer de 4 yaşındaki ibrelerde (2.471,3 ppm) elde edilmiştir.

Mg elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde yine varyans analizi sonuçlarına göre her yaş ibrelerde Mg konsantrasyonunun istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) farklılaştığı görülmektedir. Duncan testi sonucuna göre tüm ibre yaşlarında üç farklı homojen grup oluştuğu belirlenmiştir. Mg konsantrasyonunun ortalama değerleri ve Duncan testi sonucu oluşan bu gruplaşmalar incelendiğinde toplam 8 adet ibre yaşından 4 tanesinin trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde ilk homojen grupta yer aldığı dikkat çekmektedir. Ayrıca 4 tane ibre yaşının da trafiğin yoğun olduğu bölgelerde son homojen grupta olduğu tespit edilmiştir. 3.377,3 ppm ile Mg elementi 5 yaşındaki ibrelerde en yüksek değerini trafiğin yoğun olduğu bölgelerde ve 130,3 ppm ile de 7 yaşındaki ibrelerde en düşük değerini trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde elde etmiştir. En yüksek değer en düşük değerden yaklaşık 26 kat büyük olması dikkat çekmektedir.

4.4.5.2 Odunlarda Mg elementinin değişimi

Odunlarda Mg elementinin konsantrasyonunun odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.17 Odunlarda Mg elementinin odun yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Odun Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	320,3 Aa	2.655,3 Ch	795,7 Be	318.716,0	0,000
2	439,7 Ad	1.051,3 Cb	679,0 Bc	37.723,8	0,000
3	964,3 Bg	1.200,3 Cc	354,3 Ab	19.715,7	0,000
4	361,3 Ac	1.363,7 Bd	2.589,7 Ch	800.701,8	0,000
5	352,0 Bb	2.031,0 Cg	288,3 Aa	113.663,4	0,000
6	865,7 Bf	1.411,0 Ce	711,7 Ad	12.571,6	0,000
7	1.152,7 Ah	1.882,7 Cf	1.164,7 Bf	92.520,7	0,000
8	456,0 Ae	719,3 Ba	1.378,7 Cg	19.997,3	0,000
F Değeri	11.587,8	75.878,0	113.427,1		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Mg elementinin odun yaşına bağlı değişimini gösterir varyans analizi sonuçları incelendiğinde Mg konsantrasyonunun trafiğin olmadığı, az yoğun ve yoğun olduğu bölgelerde odun yaşına bağlı değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre her üç trafik yoğunluğunda da sekiz farklı homojen grup oluşmuştur. Mg konsantrasyonunun değişimi incelendiğinde trafiğin olmadığı bölgelerde 320,3 ppm (1 yaş) ile 1.152,7 ppm (7 yaş) arasında, trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 719,3 ppm (8 yaş) ile 2.655,3 ppm (1 yaş) arasında ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 288,3 ppm (5 yaş) ile 2.589,7 ppm (4 yaş) arasında değiştiği görülmektedir. Trafikin yoğun olduğu bölgelerde 4 yaşındaki odunlarda elde edilen değerlerin 5 yaşındaki odunlarda elde edilen değerlerden yaklaşık dokuz kat fazla olması dikkat çekmektedir.

Odunlarda Mg elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde bütün yaşlarda trafik yoğunluğuna bağlı değişimin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucunda, trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde toplam 8 adet odun yaşından hiçbir odun yaşının ilk homojen grupta yer almaması dikkat çekmektedir. Bu bölgede belirlenen odun yaşlarından 6 tanesinin de son homojen grupta yer alması diğer dikkat çeken noktadır.

4.4.5.3 Kabuklarda Mg elementinin değişimi

Mg elementinin kabuklardaki konsantrasyonunun kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.18'de verilmiştir.

Mg elementinin kabuk yaşına bağlı trafik yoğunluğu bazında değişimini gösterir tablo sonuçları incelendiğinde diğer organlarda olduğu gibi kabuklarda da Mg konsantrasyonunun bütün trafik yoğunluklarında kabuk yaşına bağlı değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucunda trafiğin olmadığı ve az yoğun oldu bölgelerde sekiz, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde ise beş farklı homojen grup oluştuğubelirlenmiştir. Mg konsantrasyonunun en düşük değerleri trafiğin olmadığı bölgelerde 731,7 ppm ile 4 yaşındaki kabuklarda, trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 284,3 ppm ile 3 yaşındaki kabuklarda ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 969,3 ppm ile 4 yaşındaki kabuklarda elde edilmiştir. En

yüksek değerler ise trafiğin olmadığı bölgelerde 1947,0 ppm ile 8 yaşındaki kabuklarda, trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 2403,0 ppm ile 6 yaşındaki kabuklarda ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 2790,3 ppm ile 3 yaşındaki kabuklarda elde edilmiştir.

Tablo 4.18 Kabuklarda Mg elementinin kabuk yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Kabuk Yaşı	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
	Yok	Az Yoğun	Yoğun		
1	1.459,3 Ae	1.853,3 Bf	2.392,7 Cd	5.172,3	0,000
2	1.376,3 Ad	1.436,7 Be	1.549,7 Cb	512,3	0,000
3	1.779,7 Bg	284,3 Aa	2.790,3 Ce	20.643,9	0,000
4	731,7 Aa	1.906,0 Cg	969,3 Ba	32.832,8	0,000
5	833,7 Ac	1.189,3 Bc	2.379,7 Cd	41.845,8	0,000
6	809,3 Ab	2.403,0 Ch	982,7 Ba	93.403,8	0,000
7	1.567,3 Bf	1.318,7 Ad	1.576,3 Bc	2.499,5	0,000
8	1.947,0 Ch	781,7 Ab	970,0 Ba	27.023,0	0,000
F Değeri	20.012,4	28.244,0	11.748,1		
Hata	0,000	0,000	0,000		

Mg elementinin kabuk yaşı bazında trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde Mg konsantrasyonunun bütün yaşlarda trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu, bu değişimin bütün yaşlarda %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucunda her kabuk yaşında üç farklı homojen grup oluşmuştur. Mg konsantrasyonunun en yüksek değeri 1 yaşındaki kabuklarda trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 2.392,7 ppm, en düşük değeri de 3 yaşındaki kabuklarda trafiğin az yoğun olduğu bölgelerde 284,3 ppm olarak saptanmıştır. Tablo değerleri incelendiğinde toplam 8 adet kabuk yaşından hiçbirinin trafiğin yoğun olduğu bölgelerde ilk homojen grupta yer almaması dikkat çekmektedir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında Pb, Cd, Co, Cu, Al, Ca, K, Na ve Mg elementlerinin konsantrasyonlarının organ (ibre, kabuk ve odun), organ yaşı ve trafik yoğunluğu bazında değişimleri değerlendirilmiştir. Ancak bu elementlerden Pb, Cd, Co ve Cu'nun konsantrasyonları, numunelerin büyük kısmında belirlenebilir limitlerin altında kaldığından değerlendirmeye alınamamıştır. Pb, Cd, Co ve Cu elementleri, insan ve çevre sağlığı bakımından en zararlı ağır metaller arasında yer almakta olup, bu sebeple çok sayıda çalışmaya konu olmuşlardır (Hmeer, 2020).

Çalışma sonucunda Pb, Cd, Co ve Cu elementlerinin belirlenebilir limitlerin altında kalmasının olası iki açıklaması bulunmaktadır. Bunlardan birincisi çalışmaya konu türün bu ağır metallerin biyomonitörü olarak uygun olmaması, ikincisi de bu elementler bakımından Kastamonu'da havadaki ağır metal kirliliğinin çok düşük seviyede olmasıdır. Ancak, Kastamonu'da yapılan çeşitli çalışmalarda, farklı bitkilerde bu ağır metallerin önemli ölçüde birikim yaptığı belirlenmiştir (Mossi, 2018; Pınar, 2019). Bu sebeple çalışmaya konu türün bu ağır metallerin biyomonitörü olarak kullanımının uygun olmadığı söylenebilir.

Çalışma sonucunda ortalama değerlere göre Al, Ca ve K elementlerinin trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Na elementinde en düşük ortalama değer trafiğin az yoğun olduğu, en yüksek ortalama değer ise trafiğin yoğun olduğu bölgelerde elde edilirken Mg elementinde Duncan testi sonucunda trafiğin olmadığı alanlarda elde edilen değer ilk grupta, trafiğin az yoğun olduğu ve yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler ikinci grupta yer almıştır. Bu sonuçlara göre sadece Mg elementinin konsantrasyonunun trafik yoğunluğu ile birlikte kısmen arttığı söylenebilir.

Trafik, en önemli ağır metal kaynaklarından birisidir ve yapılan çok sayıda çalışmada ağır metallerin havadaki konsantrasyonlarının trafik faaliyetleri ile birlikte arttığı belirtilmektedir (Shahid vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2019). Trafik yoğunluğuna bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarının değişimi, trafik yoğunluğu ile birlikte havadaki konsantrasyonu artan elementler için geçerlidir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda

trafiğin Cr, Pb, Ni, Co gibi bazı ağır metallerin en önemli kaynaklarından birisi olduğu, trafik yoğunluğu arttıkça bu elementlerin de havadaki konsantrasyonlarının ve dolayısıyla o bölgede yetişen canlıların organlarındaki konsantrasyonlarının da arttığı belirlenmiştir (Shahid vd., 2017; Şevik, 2021b). Oysa bu çalışmada da değerlendirilen Ca, K, Na gibi elementlerin bitki besin elementleri olduğu ve bitki organlarındaki değişiminin trafik yoğunluğu ile ilişkili olmadığı belirtilmektedir (Karaçocuk, 2021).

Çalışma sonuçlarına göre Al dışındaki elementlerin organ bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonucunda Mg dışındaki elementler ikişer grup oluşturmuş, Ca'da ibrede, K'da ibre ve odunda, Na'da ibre ve kabukta, Mg'da ise odunda elde edilen değerler ilk grupta yer almıştır. Ca'da odun ve kabukta, K'da kabukta, Na'da odunda, Mg'da ise kabukta elde edilen değerler ikinci grupta yer alırken Mg'da ibrede elde edilen değerler üçüncü grupta yer almıştır.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda farklı organlarda ağır metal konsantrasyonlarının farklı düzeyde biriktiği ve bu farkın onlarca kat olabildiği belirtilmiştir (Saleh, 2018; Akarsu, 2019; Hmeer, 2020). Aynı ortamda yetiştirilen bitkilerin farklı organlarındaki ağır metal konsantrasyonları bitki organının yapısı, morfolojisi, yüzey alanı, yüzey dokusu ve büyüklüğü gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Örneğin kabuk yüzeyinin pürüzlü ve çatlaklı olması ağır metallerin bu yüzeylerde tutunabilmesini kolaylaştırabilmektedir. Dolayısıyla organın yapısı ve özellikleri ağır metal alımını önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Karaçocuk, 2021).

Varyans analizi sonucunda Ca ve Mg elementlerinin organ yaşı bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Genel olarak Al elementinin konsantrasyonunun organ yaşı ile doğru orantılı, K elementinin konsantrasyonunun ise organ yaşı ile ters orantılı olarak değiştiği söylenebilir.

Çalışma sonucunda her bir element konsantrasyonunun, organ yaşı ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimi değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda iki önemli sonuca ulaşılmıştır. Bu sonuçlardan birincisi, organ yaşına bağlı olarak bütün elementlerin, bütün organ yaşlarında trafik yoğunluğuna bağlı değişimin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu ancak, element konsantrasyonları ile organ

yaşı veya trafik yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığıdır. Örneğin trafiğin yoğun ve az yoğun olduğu bölgelerdeki en yüksek Na konsantrasyonunun 8 yaşındaki ibrelerde elde edildiği, trafiğin olmadığı bölgelerdeki en yüksek değer ile trafiğin yoğun ve az yoğun olduğu bölgelerdeki en düşük değerlerin 6 yaşındaki ibrelerde elde edildiği belirlenmiştir.

Bu durum bitki organlarında ağır metal konsantrasyonunun birikimini etkileyen mekanizmanın çok kompleks ve birçok faktörün etkisi altında şekillenen bir mekanizma olmasının sonucudur. Bu faktörlerin başlıcaları olarak bitki türü, yağış ve rutubet miktarı, bitki habitusu, organın yapısı, ağır metalin türü ve bitki ile etkileşimi olarak sayılabilir (Hmeer, 2020).

Çalışma sonucunda elde edilen bir diğer önemli sonuç ise aynı yaşlı organlar veya aynı organın farklı yaşları arasında element konsantrasyonları bakımından büyük farklılıklar bulunmasıdır. Örneğin trafiğin yoğun olduğu bölgelerde 4 yaşındaki odunlarda elde edilen Mg konsantrasyonunun 5 yaşındaki odunlarda elde edilen değerlerden yaklaşık dokuz kat fazla olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde trafiğin olmadığı alanlarda K konsantrasyonu 3 yaşındaki ibrelerde 5.837,7 ppm ve 4 yaşındaki ibrelerde 4.457,0 ppm iken aynı dalda K konsantrasyonu 3 yaşındaki kabuklarda 16.889,0 ppm, 4 yaşındaki kabuklarda ise 3.812,3 ppm olarak belirlenmiştir. Benzer sonuçlar çalışmaya konu bütün elementler için elde edilmiştir. Bu durum çalışmaya konu elementlerin, organlar içerisinde veya arasındaki transferinin oldukça sınırlı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Benzer sonuçlar farklı çalışmalarda da elde edilmiştir. Savaş (2021) yıllık halkalar üzerinde yaptığı çalışması sonucunda hem aynı yönde birbirine bitişik durumda olan dış kabuk, iç kabuk ve odunlar arasında, hem de aynı yıl oluşan ancak farklı yönlerde olan odunlar arasında element konsantrasyonları bakımından büyük farklılıklar olabildiği belirlemiştir. Bu durumu, çalışmaya konu elementlerin organlar arasında yer değiştirmesinin oldukça sınırlı olduğunun göstergesi şeklinde yorumlamıştır. Zhang (2019) yıllık halkalarda Zn ve Pb konsantrasyonlarının belirli bir dereceye kadar yer değiştirdiğini, Cu konsantrasyonunun ise hiç yer değiştirmedeği belirtmiştir.

Ağır metaller hem insanlar başta olmak üzere canlılar hem de ekosistem için önemli düzeyde tehdit oluşturabilen elementlerdir. Bu sebepten dolayı ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimin izlenmesi son derece önemlidir. Ancak, halen havadaki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin izlenebilmesi için belirlenmiş etkin, kolay, ucuz ve kesin bir yöntem geliştirilememiştir. Ağır metallerin izlenmesinde biyomonitor olarak çeşitli canlılar kullanılabilirliği konusunda uzun yıllardır çalışmalar yapılmakla birlikte elde edilen sonuçların tam olarak ne ifade ettiğinin yorumlanmasında halen sorunlar yaşanmaktadır. Bunun çeşitli sebepleri olmakla birlikte en önemli sebep; hava, su veya topraktaki ağır metallerin, bitki bünyesine alınması ve bitki bünyesine girişinden itibaren organlar arasındaki geçişi veya türleşmesi konusundaki bilgi eksikliği olduğu belirtilmektedir (Shahid vd., 2017; Şevik, 2021a; Koc, 2021).

Bugüne kadar yapılan çalışmalar ağır metallerin atmosferde yayılımının ve bitki bünyesine girişinin çok kompleks bir mekanizmanın sonucunda şekillendiğini göstermiştir. Bu süreçte bitki türü, bitki habitusu, bitki organının yapısı, morfolojisi, yüzey alanı, metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, bitki ile ağır metal etkileşimi, organın ağır metale maruz kalma süresi, partikül madde miktarı, partikül maddelerin ağır metallerle kontamine olma durumu gibi çok sayıda faktöre bağlı olarak değişmektedir (Turkyilmaz vd., 2018; Sevik, 2020; Savas, 2021).

Ağır metallerin bitki bünyesine girişi ve birikimi çevresel koşullarla da yakından ilişkilidir. Ağır metaller kaynağından salınımından itibaren rüzgâr yardımıyla oldukça uzaklara taşınabilmektedir. Bunun yanında metallerin bitki bünyesine girişleriyle özellikle hava rutubeti ve yağış arasında da önemli düzeyde ilişki bulunmaktadır (Mossi, 2018; Turkyilmaz vd., 2020). Turkyilmaz vd., (2019) toplam yağış miktarının en fazla olduğu yıllarda Ca, P, Mg ve Zn gibi besleyici elementlerin odundaki konsantrasyonlarında artış gözlemlendiğini, bu elementlerin yağışla beraber topraktaki çözünürlüğünün arttığını ve ağacın kökleri aracılığı ile ağacın bünyesine alındığını belirtmektedirler. Penninckx vd., (1999), ağaç yıllık halkarındaki metal konsantrasyonu ile yağış miktarı arasında negatif korelasyon olduğunu, yaz aylarında yüksek yağış ile birlikte topraktaki konsantrasyonların seyreltiğini belirtmişlerdir.

Bunun dışında bu faktörler birbiri ile de ilişkilidir. Örneğin ağır metallerin bitki bünyesinde birikimi bitki habitusu ve gelişimi ile ilişkilidir. Bitki gelişimi çevre koşullarından etkilenmektedir (Sevik vd., 2017b; Ertugrul vd., 2019; Ozel vd., 2021a,b). Çevre koşulları da edafik (Kravkaz vd., 2018a,b; Varol vd., 2019a,b) ve iklimatik (Yigit vd., 2019; Sevik vd., 2019d; Yucedag vd., 2019; Ertugrul vd., 2021) faktörlerin birleşiminden oluşmaktadır ve bu koşullar hem bitki gelişimini, hem de ağır metallerin bitki bünyesine girişini etkilemektedir. Ayrıca bitki bünyesinde biriken ağır metallerde havadan, topraktan veya sudan kaynaklanabilmektedir.

Bitki gelişimi yanında bitkinin ağır metalleri bünyesine alma ve biriktirme sürecinde etkili faktörlerden birisi de bitkinin genetik yapısıdır. Çünkü canlıların bütün fenotipik karakterleri genetik yapıları (Sevik vd., 2012; Yigit vd., 2016a; Hrivnak vd., 2017; Topacoglu vd., 2017; Güney vd., 2019) ile çevre koşullarının (Yigit vd., 2018; Ozkazanc vd., 2019; Ozel vd., 2020; Kalayci vd., 2021; Yigit vd., 2021) etkisi altında şekillenmektedir. Dolayısıyla çevre koşullarının aynı veya benzer olduğu ortamlarda dahi aynı türe mensup olsalar bile farklı genetik yapıya sahip olmaları dolayısıyla bitki fenotipik karakterleri ve büyüme performansı farklılık göstermektedir (Şevik, 2005; Turna vd., 2010; Yigit vd., 2015; Atar ve Turna, 2018; Imren vd., 2021).

Bu durum aynı oranda kirlilik etmenine maruz kalsalar bile aynı genetik yapıya sahip olmayan bitkilerin bünyelerindeki ağır metal birikiminin farklı düzeyde olabileceği anlamına gelmektedir. Bu farklılığı ortadan kaldırmak için aynı genetik yapıya sahip klonların kullanılması gerekmektedir ki bu çok mümkün değildir. Bir diğer yöntem ise aynı birey üzerinde yapılan çalışmalar ile genetik yapıdan kaynaklanan farklılıkların ortadan kaldırılmasıdır. Ağaçların yıllık halkalarının kullanılması veya bu çalışmada olduğu gibi aynı dal üzerinde farklı yıllarda oluşan organların kullanılarak yıl bazında kıyaslama yapılması, genetik yapı kaynaklı hataları önlemesi açısından da son derece önemlidir.

Bitkilerin ağır metaller ile karşılıklı etkileşimi ve dolayısıyla bitki bünyesinde ağır metal birikimi bitki metabolizması ile yakından ilişkilidir (Shahid vd., 2017). Dolayısıyla bitki metabolizmasını önemli ölçüde etkileyen genetik yapı ve çevre faktörlerine ek olarak bitkinin stres düzeyi (Sevik ve Erturk, 2015; Topacoglu vd.,

2016a; Yigit vd., 2016b; Koç, 2019; Shults vd., 2020; Koç, 2021c), hormon uygulamaları (Sevik vd., 2015; Topacoglu vd., 2016b; Sevik ve Cetin, 2016a,b; Bayraktar vd., 2018; Yıldırım vd., 2020; Gur vd., 2021), budama, gölgeleme (Aydemir Ozcan, 2017), gübreleme (Qaswar vd., 2020; Güney vd., 2020; Bayram ve Büyük, 2021) gibi kültürel işlemler gibi çeşitli faktörlerin de bitkilerde ağır metal birikimi sürecini etkilemesi muhtemeldir. Aynı şekilde ağır metal kirliliği de önemli bir stres faktörüdür ve havadaki ağır metal kirliliğinin bitki üzerinde oluşturacağı stres düzeyi, bitki gelişimini ve bitki organlarında ağır metal birikimini etkileyebilir.

Sonuç olarak bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunun değişimi pek çok faktörün karşılıklı etkileşimine bağlı olarak şekillenen, kompleks bir mekanizmanın sonucudur. Bu mekanizma henüz tam olarak çözülemediğinden, havadaki ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olarak bitkilerin etkin bir şekilde kullanılabilirdiğini söylemek pek mümkün değildir (Şevik, 2021a).

6. ÖNERİLER

Bitkilerin havadaki ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabileceği yapılan çok sayıda çalışma ile ortaya konulmuş olmasına rağmen, halen bu konuda önemli bilgi eksiklikleri bulunmaktadır. Bundan dolayı analizler ile elde edilen veriler tam olarak yorumlanamamaktadır. Bu durumun başlıca sebebi ağır metallerin bitki bünyesine girişleri ve birikimlerini etkileyen çok sayıda faktör olmasıdır. Bu faktörlerden birisi de bitkinin genetik yapısından kaynaklanan farklılıklardır ve bu farklılıklar kolaylıkla ortadan kaldırılamadığı için analizler ile elde edilen verilere etkisi belirlenememektedir. Bu çalışmada kullanılan yöntemin, en azından aynı bitkiden alınan organlarda genetik yapıdan kaynaklanan farklılıkları ortadan kaldırdığından dolayı yıl bazında ağır metal konsantrasyonunun değişimi hakkında daha doğru bilgiler sağladığı söylenebilir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda biyomonitorlerin kullanımı konusundaki en önemli bilgi eksikliklerinden birisinin, ağır metallerin bitki bünyesine girişlerinden itibaren organlar arasındaki transferi konusunda olduğu bilinmektedir. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen elementlerden Al, Ca, K, Na ve Mg konsantrasyonlarının hem aynı yıl oluşan organlar arasında hem de aynı organın farklı yıllarda oluşan bölümleri arasında büyük oranda farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuç, elementlerin organlar arasındaki transferlerinin oldukça sınırlı düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu durumda çalışmada kullanılan yöntemin, yıl bazında ağır metal değişimlerinin belirlenmesi için uygun bir yöntem olduğu söylenebilir.

Biyomonitorlerin ağır metal kirliliğinin izlenmesinde kullanılabilirliği konusunda çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen, özellikle ağır metallerin kaynağından ayrıldıktan sonra çevre koşullarına bağlı olarak yayılımı, bitki bünyesine girişleri, bitki organlarında birikimleri, ekosistem üzerine etkileri konusunda önemli bilgi eksikliği bulunmaktadır. Bu konuda yapılacak çalışmalara ağırlık verilmesi önerilmektedir.

Konu ile ilgili en önemli belirsizliklerden birisi de ağır metallerin bitki organlarında birikimi konusunda etkili olan faktörler ve bu faktörlerin ne derece etkili olduğudur. Örneğin yaprakta belirlenen bir ağır metal konsantrasyonunun ne kadarının topraktan

ne kadarının havadan kaynaklandığı, yaprakta belirlenen ağır metal konsantrasyonunun havadaki ağır metal konsantrasyonunu ne düzeyde yansıttığı, bitki bünyesine girişinden itibaren ağır metallerin organlar arasında nasıl ve hangi düzeyde geçiş yaptığı, bu faktörlerin tür veya aynı türe mensup farklı bireyler bazında nasıl değiştiği gibi konularda önemli düzeyde bilgi eksikliği bulunmaktadır. Bu konularda bilgi sağlayabilmek için ise konu ile ilgili çalışmaların kontrollü ortamlarda yapılması gerekmektedir. Oysa özellikle yüksek yapılı bitkilerde kontrollü ortamlarda yapılmış çalışma sayısı yok denebilecek kadar azdır. Bu konudaki çalışmalara ağırlık verilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abacıoğlu, E., Akarsu, H., Genç, Ç. Ö., & Öztürk, A. (2019). Changes in Some Heavy Metal Concentrations Due to Organ and Traffic Density in *Tilia tomentosa*. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(12), 2275-2281.
- Akarsu, H. (2019). Determination of Heavy Metal Accumulation in Atmosphere by Being Aid of Annual Rings, Kastamonu Un. Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 71 p.
- Akkus Ozen, S., & Yaman, M. (2017). Examination of correlation between histidine, sulfur, cadmium, and cobalt absorption by *Morus L.*, *Robinia pseudoacacia L.*, and *Populus nigra L.* *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(10), 1212-1220.
- Alaqouri, H. A. A., Genc, C. O., Aricak, B., Kuzmina, N., Menshikov, S., & Cetin, M. (2020a). The possibility of using Scots pine needles as biomonitor in determination of heavy metal accumulation. *Environmental Science and Pollution Research International*.
- Alaqouri, H. A. A., Ozer Genc, C., Aricak, B., Kuzmina, N., Menshikov, S., Cetin, M. (2020b) The Possibility of Using Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Needles as Biomonitor in the Determination of Heavy Metal Accumulation Applied Ecology and Environmental Research, 18 (2):3713-3727.
- Alkharam, A.S.A. (2019). The Opportunities of *Abies nordmanniana* subsp. *equitrojani* (Asc. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen Species for Usability as Biomonitor in Monitoring the Change of Heavy Metal Concentrations in Recent Past, Kastamonu Un. Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Biology, MsC Thesis, 61 p.
- Allajbeu, S., Qarri, F., Marku, E., Bekteshi, L., Ibro, V., Frontasyeva, M. V., ... & Lazo, P. (2017). Contamination scale of atmospheric deposition for assessing air quality in Albania evaluated from most toxic heavy metal and moss biomonitoring. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 10(5), 587-599.
- 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

- Arıcak, 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.
- Atar, F., & Turna, I. (2018). Fruit and seedling diversity among sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) populations in Turkey. *Šumarski list*, 142(11-12), 611-619.
- Ateya, T.A.A. (2020). The Availability of *Picea pungens* Engelm. Installation in Monitoring The Change of Heavy Metal Pollution in Urban Planning Studies, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Engineering Management, MsC Thesis, 79 p.
- Ávila-Pérez, P., Ortiz-Oliveros, H. B., Zarazúa-Ortega, G., Tejeda-Vega, S., Villalva, A., & Sánchez-Muñoz, R. (2019). Determining of risk areas due to exposure to heavy metals in the Toluca Valley using epiphytic mosses as a biomonitor. *Journal of environmental management*, 241, 138-148.
- Aydemir Özcan, A.G. (2017). The Effects of Shading and Fertilising Applications on Flower Yield and Growth in Lavender (*Lavandula angustifolia* Miller.) Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 69 pages
- Aydogdu, A., Sevik, H. (2018). Indoor Air Quality: The Samples Of Ilgarini And Mantar Caves, *Social Sciences Studies Journal*, 4 (16), 1165-1176
- Ball, A. (2017). The Lifelong Costs of Urban Smogs, Discussion Paper Series, IZA – Institute of Labor Economics, April, 2017
- Barandovski, L., Stafilov, T., Šajn, R., Frontasyeva, M., & Bačeva Andonovska, K. (2020). Atmospheric Heavy Metal Deposition in North Macedonia from 2002 to 2010 Studied by Moss Biomonitoring Technique. *Atmosphere*, 11(9), 929.
- Bayraktar, A., Atar, F., Yildirim, N., & Turna, I. (2018). Effects of different media and hormones on propagation by cuttings of european yew (*Taxus baccata* L.). *Sumar. List*, 142, 509-516.
- Bayraktar, O. Y., Saglam-Citoglu, G., Belgin, C. M., Cetin, S., & Cetin, M. (2019a). Investigation of effect of brick dust and silica fume on the properties of portland cement mortar. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(11), 7823-7832.
- Bayraktar, O. Y., Saglam-Citoglu, G., Belgin, C. M., & Cetin, M. (2019b). Investigation of the mechanical properties of marble dust and silica fume substituted portland cement samples under high temperature effect. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(5), 3865–3875.
- 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*, 1-12.

- Bayram, C. A., & Büyük, G. (2021). Toprak İşleme ve Gübreleme Yapılmayan Meyve Ağaçlarında Bitki Besin Elementi Düzeylerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23), 1-8.
- Bozkurt, Z. (2017). Determination of airborne trace elements in an urban area using lichens as biomonitor. *Environmental monitoring and assessment*, 189(11), 1-12
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6(9), e04691.
- Cesur A, Zeren Cetin I, Abo Aisha AES, Alrabiti OBM, Aljama AMO, Jawed AA, Cetin M, Sevik H, Ozel HB (2021) The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research (Environ Sci Pout Res)* 2021.
- Cesur, A. (2019). Determination of Heavy Metal Accumulation in Air Through Annual Rings: The Case of *Cupressus arizonica* Species. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 63 pages
- Cetin, M. (2016). A Change in the Amount of CO₂ at the Center of the Examination Halls: Case Study of Turkey. *Studies on Ethno-Medicine*, 10(2), 146-155.
- Cetin, M., & Sevik, H. (2016a). Measuring the Impact of Selected Plants on Indoor CO₂ Concentrations. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(3): 973-979
- Cetin, M., & Sevik, H. (2016b). Indoor quality analysis of CO₂ for Kastamonu University. In *Conference of the International Journal of Arts & Sciences*, 9(3); 71-76
- Cetin, M., Ahmaida, E. A., Mossi, M. M. M., & Sevik, H. (2017a). 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., Sevik, H., & Saat, A. (2017b). Indoor air quality: the samples of Safranbolu Bulak Mencilis cave. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(10), 5965-5970.
- Cetin, M., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2017c). 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., Yigit, N., Ozel H.B., Aricak, B., & Varol, T. (2018a) The variable of leaf micromorphological characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (5): 3206-3211.
- Cetin, M., Sevik, H., & Yigit, N. (2018b). Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environmental monitoring and assessment*, 190 (7), 404.

- Cetin, M., & Çobanoğlu, O. (2019). The possibilities of using blue spruce (*Picea pungens* Engelm) as a biomonitor by measuring the recent accumulation of Mn in its leaves. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 43-50.
- Cetin, M., Onac, A. K., Sevik, H., & Sen, B. (2019a). Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(3), 311-316.
- Cetin, M., Sevik, H., Aricak, B., Ozturk, A., Genc, C. O., Aisha, A. E. S. A., Jawed, A.A., Aljama, A.M.O. & Alrabiti, O. B. M. (2019b). The Investigation of the Changing in Concentration of Some Heavy Metals in Seeds, Leaves, and Branches because of Traffic Density: a Case Study of *Acer platanoides*. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 83-92.
- Cetin, M. (2020a). The Changing of Important Factors in The Landscape Planning Occur Due to Global Climate Change in Temperature, Rain and Climate Types: A Case Study of Mersin City. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(12), 2695-2701.
- 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*, 1-10.
- 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.
- 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. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 9(1).
- Cigdem, O. G., Ayse, O., Hatice, A., & Ezgi, A. (2019). Variation of some heavy metal concentrations due to traffic intensity in *Prunus cerasifera* leaves, seeds and branches. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 3(3), 019-026.
- Çobanoğlu, G. (2015). The use of lichens for biomonitoring of atmospheric pollution. *Sigma: Journal of Engineering & Natural Sciences/Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 33 (4), 591-613
- 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
- Demková, L., Bobul'ská, L., Árvay, J., Jezný, T., & Dučay, L. (2017). Biomonitoring of heavy metals contamination by mosses and lichens around Slovinky tailing pond (Slovakia). *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 52(1), 30-36.

- Díaz, J., Antonio-López-Bueno, J., Culqui, D., Asensio, C., Sánchez-Martínez, G., & Linares, C. (2021). Does exposure to noise pollution influence the incidence and severity of COVID-19?. *Environmental Research*, 195, 110766.
- Di Palma, A., González, A. G., Adamo, P., Giordano, S., Reski, R., & Pokrovsky, O. S. (2019). Biosurface properties and lead adsorption in a clone of *Sphagnum palustre* (Mosses): Towards a unified protocol of biomonitoring of airborne heavy metal pollution. *Chemosphere*, 236, 124375.
- Edusei, G., Tandoh, J. B., Edziah, R., & Gyampo, O. (2020). Chronological studies of traffic pollution using elemental analysis of tree rings: Case Study of Haatsotom Road. *Pollution*, 6(2), 377-386.
- Emin, N., Mutlu, E., & Güzel, A. E. (2020). Determination the Effectiveness of the Cytotoxic Analysis on the Water Quality Assessments. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(2), 478-483.
- Ertugrul, M., Ozel, H. B., Varol, T., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Investigation of the relationship between burned areas and climate factors in large forest fires in the Canakkale region. *Environmental monitoring and assessment*, 191 (12), 737.
- Ertugrul, M., Varol, T., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2021). Influence of climatic factor of changes in forest fire danger and fire season length in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(1), 1-17.
- Fang, T., Jiang, T., Yang, K., Li, J., Liang, Y., Zhao, X., ... & Cui, K. (2021). Biomonitoring of heavy metal contamination with roadside trees from metropolitan area of Hefei, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(3), 1-14.
- Fortuna, L., González, A. G., Tretiach, M., & Pokrovsky, O. S. (2021). Influence of secondary metabolites on surface chemistry and metal adsorption of a devitalized lichen biomonitor. *Environmental Pollution*, 273, 116500.
- Franzetti, A., Gandolfi, I., Bestetti, G., Schioppa, E. P., Canedoli, C., Brambilla, D., ... & Ambrosini, R. (2020). Plant-microorganisms interaction promotes removal of air pollutants in Milan (Italy) urban area. *Journal of hazardous materials*, 384, 121021.
- Ghoma, W.E.O. (2021). Bazı İç Mekân Bitkilerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Sigaraya Bağlı Değişimi. *Kastamonu Ün. Fen Bilimleri Enst. Malzeme Bilimi ve Müh. Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*. 83 s.
- Gorena, T., Fadic, X., & Cereceda-Balic, F. (2020). *Cupressus macrocarpa* leaves for biomonitoring the environmental impact of an industrial complex: The case of Puchuncaví-Ventanas in Chile. *Chemosphere*, 260, 127521.
- Greksa, A., Ljevnaić-Mašić, B., Grabić, J., Benka, P., Radonić, V., Blagojević, B., & Sekulić, M. (2019). Potential of urban trees for mitigating heavy metal

- pollution in the city of Novi Sad, Serbia. *Environmental monitoring and assessment*, 191(10), 1-13.
- Güney, K., Cetin, M., Sevik, H., Güney K.B. (2016a). Influence of Germination Percentage and Morphological Properties of Some Hormones Practice on *Lilium martagon* L. Seeds. *Oxidation Communications*, 39 (1-II): 466-474
- Güney, K., Cetin, M., Sevik, H., & Güney, K. B. (2016b). Effects of some hormone applications on germination and morphological characters of endangered plant species *Lilium artvinense* L. Seeds, *New Challenges in Seed Biology-Basic and Translational Research Driving Seed Technology*, Dr. Susana Araújo. InTech, 2016b, 4, 97-112.
- Gur, E., Cetin, M., Ozel, H.B., Güney, K., Sevik, H. (2021). The Effect of Hormone Treatments on Germination and Seedling Characters of Sage (*Salvia officinalis* L.) Seeds. *Alinteri Journal of Agricultural Sciences* (In Press)
- Gültekin, Y. (2020). Variation of Heavy Metal Concentrations in Some Cultivar Plants in The Ordu City Center. *Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources*, MsC Thesis, 54 pages
- Güney, D., Yahyaoglu, Z., Bayraktar, A., Atar, F., & Turna, I. (2019). Genetic diversity of *Picea orientalis* (L.) Link populations in Turkey. *Şumarski list*, 143(11-12), 539-547.
- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F., & Turna, İ. (2020). Effects of root undercutting, fertilization and thinning on seedling growth and quality of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) seedlings. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 214-222.
- Hajizadeh, Y., Mokhtari, M., Faraji, M., Abdolahnejad, A., & Mohammadi, A. (2019). Biomonitoring of airborne metals using tree leaves: Protocol for biomonitor selection and spatial trend. *MethodsX*, 6, 1694-1700.
- 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
- Hrivnák, M., Paule, L., Krajmerová, D., Kulaç, Ş., Şevik, H., Turna, İ., Tvauri, I. & Gömöry, D. (2017). Genetic variation in Tertiary relics: The case of eastern-Mediterranean *Abies* (Pinaceae). *Ecology and evolution*, 7 (23), 10018-10030.
- Hrotkó, K., Gyeviki, M., Sütöriné, D. M., Magyar, L., Mészáros, R., Honfi, P., & Kardos, L. (2020). Foliar dust and heavy metal deposit on leaves of urban trees in Budapest (Hungary). *Environmental Geochemistry and Health*, 1-14.
- Hu, W., Wang, Z., Huang, S., Ren, L., Yue, S., Li, P., ... & Fu, P. (2020). Biological aerosol particles in polluted regions. *Current Pollution Reports*, 6(2), 65-89.

- Huang, Y. P., Xiang, J. T., Wang, C. H., Ren, D., & Xu, T. (2019). Lichen as a biomonitor for vehicular emission of metals: a risk assessment of lichen consumption by the Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*). *Ecotoxicology and environmental safety*, 180, 679-685.
- Huang, Y. P., Xiang, J. T., Wang, C. H., Ren, D., & Xu, T. (2019). Lichen as a biomonitor for vehicular emission of metals: a risk assessment of lichen consumption by the Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*). *Ecotoxicology and environmental safety*, 180, 679-685.
- Imren, E., Kurt, R., Yucedag, C., Bilir, N., Ozel, H.B., Cetin, M., Sevik, H. (2021). Selection of Superior Clones By The Multi-Dimensional Decision Making Techniques in Scots Pine Seed Orchard, *Journal of Forests*, 8(1): 13-22
- Isinkaralar, K., Cetin, M., Icen, H.B. and 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. (2020). Removal of Formaldehyde and BTEX in Indoor Air Using Activated Carbon Produced from Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) Shell. Ph.D. Thesis Hacettepe University Institute of Science Department of Environmental Engineering. Ankara, Turkey.
- Jeddi, K., Fatnassi, M., Chaieb, M., & Siddique, K. H. (2021). Tree species as a biomonitor of metal pollution in arid Mediterranean environments: case for arid southern Tunisia. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-8.
- Jerrett, M. (2015). The death toll from air-pollution sources. *Nature*, 525(7569), 330-331.
- Kaplan, G., Gulcan, A., Cagdas, B., & Bayraktar, O. Y. (2021). The impact of recycled coarse aggregates obtained from waste concretes on lightweight pervious concrete properties. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(14), 17369-17394.
- Kapucu, Ö. (2016). The Effect of Light on The Sapling Forms of Turkish Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Forest Engineering MSc. Thesis, 45 Pages
- Kalayci Onac A, Cetin M, Sevik H, Orman P, Karci A, Gonullu Sutcuoglu G (2021) Rethinking the campus transportation network in the scope of ecological design principles: case study of Izmir Katip Çelebi University Çiğli Campus *Environmental Science and Pollution Research* (2021). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14299-2>
- Karaçocuk, T. (2021). Changes in Heavy Metal Concentrations Depending on Traffic Density in Some Plants Grown in Samsun City Center. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 79 pages

- Kardel, F., Wuyts, K., De Wael, K., & Samson, R. (2018). Biomonitoring of atmospheric particulate pollution via chemical composition and magnetic properties of roadside tree leaves. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(26), 25994-26004.
- Keçeci, H.B. (2019). Usability of blue spruce (*Picea pungens* Engelm) as biomonitor for monitoring some heavy metal. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 75 pages
- Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., & Sevik, H. (2020). Site selection by using the multi-criteria technique-a case study of Bafra, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (9), 1-12.
- Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., Sevik, H. (2021) Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theor Appl Climatol*. 143, 379–388. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03439-2>
- Kłos, A., Ziembik, Z., Rajfur, M., Dołhańczuk-Śródka, A., Bochenek, Z., Bjerke, J. W., ... & Świsłowski, P. (2018). Using moss and lichens in biomonitoring of heavy-metal contamination of forest areas in southern and north-eastern Poland. *Science of the Total Environment*, 627, 438-449.
- Koç, İ. (2019). Conifers Response to Water Stress: Physiological Responses and Effects on Nutrient Use Physiology. Dissertation. Michigan State University.
- Koc, I. (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*. Doi:10.1007/s11356-021-13272-3
- Koç, İ. (2021a) Changes That May Occur in Temperature, Rain, and Climate Types Due to Global Climate Change: The Example of Düzce. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology* (In press)
- Koç, İ. (2021b) The Effect of Global Climate Change on Some Climate Parameters and Climate Types in Bolu. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*. (In Review)
- Koç, İ (2021c). Examining of seed germination rate and seedlings gas exchange performances of Anatolian black pine under water stress. *International Karabakh Applied Science Conference*. Khazar Univeristy, June 17-19, 2021. (Conference paper).
- Kravkaz Kuscu, I. S., Cetin, M., Yigit, N., Savaci, G., & Sevik, H. (2018a). Relationship between Enzyme Activity (Urease-Catalase) and Nutrient Element in Soil Use. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27 (5). 2107-2112.
- Kravkaz-Kuscu, I. S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., & Savaci, G. (2018b). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in

- Taskopru (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (3), 1613-1617.
- Levei, L., Cadar, O., Babalau-Fuss, V., Kovacs, E., Torok, A. I., Levei, E. A., & Ozunu, A. (2021). Use of Black Poplar Leaves for the Biomonitoring of Air Pollution in an Urban Agglomeration. *Plants*, 10(3), 548.
- Levei, L., Cadar, O., Kovacs, E., Torok, I., & Ozunu, A. (2020, February). Biomonitoring of atmospheric metal pollution using Northern white-cedar (*Thuja occidentalis*) leaves. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2206, No. 1, p. 020001). AIP Publishing LLC.
- Liang, J., Fang, H. L., Zhang, T. L., Wang, X. X., & Liu, Y. D. (2017). Heavy metal in leaves of twelve plant species from seven different areas in Shanghai, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27, 390-398.
- Liu, Y., Ta, W., Cherubini, P., Liu, R., Wang, Y., & Sun, C. (2018). Elements content in tree rings from Xi'an, China and environmental variations in the past 30 years. *Science of the Total Environment*, 619, 120-126.
- Ma, J., Rao, J., Kwan, M. P., & Chai, Y. (2020). Examining the effects of mobility-based air and noise pollution on activity satisfaction. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 89, 102633.
- 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.
- Mataracı, T., Kandemir, A. (2018) *Abies / Gökmar (Ed. A. Güner) Resimli Türkiye Florası Cilt II. ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları*, İstanbul s: 306-314
- Mohammadi, A., Mokhtari, M., Arani, A. M., Taghipour, H., Hajizadeh, Y., & Fallahzadeh, H. (2018). Biomonitoring levels of airborne metals around Urmia Lake using deciduous trees and evaluation of their tolerance for greenbelt development. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(21), 21138-21148.
- Mossi, M.M.M (2018). Determination Of Heavy Metal Accumulation In Some Shrub Formed Landscape Plants, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, Phd Thesis, 141 pages
- Mostafavi, F., Bahmani, M., Zamani-Ahmadmahmoodi, R., & Jafari, A. (2020). Potential Uptake of Heavy Metals by Some Tree and Shrub Species Used in Shahrekord Landscape. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(4), 135-148.
- Oral, D. (2018) *Abies Miller (Gökmarlar)*. (Ed. Ü. Akkemik) Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. s: 104-108

- 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.
- Ozel H.B., Varol, T., Emir, T., Sevik, H. (2021a). Effects of Extraction from Compartment on Soil Enzymes. *American Journal of Engineering Research*. 10(2): 115-121.
- Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Varol, T., Isik, B., & Yaman, B. (2021b). The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in *Pinus brutia* Ten. *Biologia Futura*, 1-7.
- Ozkazanc, N. K., Ozay, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). The habitat, ecological life conditions, and usage characteristics of the otter (*Lutra lutra* L. 1758) in the Balikdami Wildlife Development Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191 (11), 645.
- Özboilat, G., & Tuli, A. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521.
- Özel, S. (2019). The Variation of Heavy Metal Accumulation in Some Fruit Tree Organelles Due to Traffic Density. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 51 pages
- Qaswar, M., Yiren, L., Jing, H., Kaillou, L., Mudasir, M., Zhenzhen, L., ... & Huimin, Z. (2020). Soil nutrients and heavy metal availability under long-term combined application of swine manure and synthetic fertilizers in acidic paddy soil. *Journal of Soils and Sediments*, 20(4), 2093-2106.
- 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.
- Paoli, L., Vannini, A., Monaci, F., & Loppi, S. (2018). Competition between heavy metal ions for binding sites in lichens: Implications for biomonitoring studies. *Chemosphere*, 199, 655-660
- Penninckx, V., Meerts, P., Herbauts, J., Gruber, W., (1999). Ring width and element concentrations in beech (*Fagus sylvatica* L.) from a periurban forest in central Belgium. *Forest Ecology and Management*. 113, 23–33
- Pınar, B. (2019). The Variation of Heavy Metal Accumulation in Some Landscape Plants Due to Traffic Density, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 56 pages
- Protano, C., Owczarek, M., Antonucci, A., Guidotti, M., & Vitali, M. (2017). Assessing indoor air quality of school environments: transplanted lichen *Pseudovernia furfuracea* as a new tool for biomonitoring and bioaccumulation. *Environmental monitoring and assessment*, 189(7), 1-8.

- Saleh, E.A.A. (2018). Determination of Heavy Metal Accumulation in Some Landscape Plants, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, Phd Thesis, 123 pages
- Samara, T., Spanos, I., Platis, P., & Papachristou, T. G. (2020). Heavy Metal Retention by Different Forest Species Used for Restoration of Post-Mining Landscapes, N. Greece. *Sustainability*, 12(11), 4453.
- Savas, D.S. (2021) Investigation of Direction Dependent Change of Some Heavy Metals in Annual Rings of *Cedrus atlantica*, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Environmental Engineering, MsC Thesis, 60 pages
- Savas, D.S., Sevik, H., Isinkaralar, K. Turkyilmaz, A. & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environ Sci Pollut Res* (2021). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14826-1>
- Sert, E. B., Turkmen, M., & Cetin, M. (2019). Heavy metal accumulation in rosemary leaves and stems exposed to traffic-related pollution near Adana-İskenderun Highway (Hatay, Turkey). *Environmental monitoring and assessment*, 191(9), 553.
- Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2011). Analysis of seed characteristics from 17 different populations in *Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf. In *Proceedings of the 10th International Christmas Tree Research & Extension Conference* (pp. 18-24).
- Sevik, H. (2012). Variation in seedling morphology of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf). *African Journal of Biotechnology*, 11 (23), 6389-6395.
- Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2012). Determination of genetic variation between populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf according to some seed characteristics, genetic diversity in plants. *Chapter, 12*, 231-248.
- Sevik, H., Güney, K., Topaçoğlu, O., & Ünal, C. (2015). The influences of rooting media and hormone applications on rooting percentage and some root characters in *Schefflera arboricola*. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*, 4(2), 25-29.
- Sevik, H., & Erturk, N. (2015). Effects of drought stress on germination in fourteen provenances of *Pinus brutia* Ten. seeds in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(5), 294-299.
- Sevik, H., & Cetin, M. (2015). Effects of water stress on seed germination for select landscape plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(2), 689-693.

- Sevik, H., & Topacoglu, O. (2015). Variation and inheritance pattern in cone and seed characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) for evaluation of genetic diversity. *Journal of Environmental Biology*, 36(5), 1125.
- Sevik, H., & Karaca, U. (2016). Determining the resistances of some plant species to frost stress through ion leakage method. *Feb-fresenius environmental bulletin*, 25(8), 2745-2750.
- Sevik, H., & Cetin, M. (2016a). Effects of some hormone applications on germination and morphological characters of endangered plant species *Lilium artvinense* L. onion scales. *Bulgarian Chemical Communications*, 48 (2), 256-260.
- Sevik, H., & Cetin, M. (2016b). Evaluation of topiary applications and problems: A case study of Kastamonu. *International Journal of Multidisciplinary Thought*, 5 (05), 45-50.
- Sevik, H., Cetin, M., & Kapucu, O. (2016). Effect of light on young structures of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*). *Oxidation Communications*, 39(1), 485-492.
- Sevik, H., Saleh, E. A. A., & Cetin, M. (2017a). Change of the air quality in the urban open and green spaces: Kastamonu sample. *Ecology, Planning*, 317-327.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, O., Aricak, B., & Canturk, U. (2017b). 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., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., Cetin, M. (2018). Determination of Some Heavy Metal Concentrations in Acer negundo Leaves and Branches in the Atmosphere. *International Congress on Engineering and Life Science 2018 (ICELIS)*, 629.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019a). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12 (8), 983-991.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019b). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (6), 12843-12857.
- 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., 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. (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., Ozel, H. U., Ozel, H. B., Mossi, M. M. M., & Cetin, I. Z. (2020a). Determination of Pb and Mg accumulation in some of the landscape plants in shrub forms. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (2), 2423-2431.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Akarsu, H., & Cetin, I. Z. (2020b). 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., Ozel, S., & Cetin, I. Z. (2020c). 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. B., Erbek, A., & Cetin, I. Z. (2021a). 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., Yigit, N., Aricak, B., Ozturk, S., Onac, A. K., & Kuscu, I. S. K. (2021b). The effect of shadow conditions on stomatal characters of several plants used in landscape design. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 9(3), 109-115.
- Sevik, H. (2021). The Variation of Chrome Consantration in Some Landscape Plants Due to Species, Organ and Traffic Density. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(3), 595-600.
- 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.
- Sharma, P., Yadav, P., Ghosh, C., & Singh, B. (2020). Heavy metal capture from the suspended particulate matter by *Morus alba* and evidence of foliar uptake and translocation of PM associated zinc using radiotracer (^{65}Zn). *Chemosphere*, 254, 126863.
- Shults, P., Nzokou, P., & Koc, I. (2020). Nitrogen contributions of alley cropped *Trifolium pratense* may sustain short rotation woody crop yields on marginal lands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117(2), 261-272.
- Singh, P., Singh, P. K., Tondon, P. K., & Singh, K. P. (2018). Heavy metals accumulation by epiphytic foliose lichens as biomonitors of air quality in Srinagar city of Garhwal hills, Western Himalaya (India). *Curr. Res. Environ. Appl. Mycol. J. Fungal Biol*, 8, 282-289.

- Solgi, E., Keramaty, M., & Solgi, M. (2020). Biomonitoring of airborne Cu, Pb, and Zn in an urban area employing a broad leaved and a conifer tree species. *Journal of Geochemical Exploration*, 208, 106400.
- Stihi, C., Popescu, I. V., Frontasyeva, M., Radulescu, C., Ene, A., Culicov, O., ... & Dima, G. (2017). Characterization of heavy metal air pollution in Romania using moss biomonitoring, neutron activation analysis, and atomic absorption spectrometry. *Analytical Letters*, 50(17), 2851-2858.
- Şen, G., Güngör, E., & Şevik, H. (2018). Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 190 (8), 454.
- Şevik, H (2010) Structure of genetic diversity in the populations of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.), Karadeniz Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Doctorate Thesis, p. 150.
- Şevik, H. (2011). Dallanma Karakterleri Bakımından Noel Ağacı Üretimine Uygun Uludağ Göknarı Populasyonlarının Belirlenmesi. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 11(1). 102-107
- Şevik, H. (2005) Batı Karadeniz Bölgesi Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Tohum Meşcerelerinde Populasyonlar Arası Farklılıklar, G.Ü. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi
- Şevik, H., Çetin, M., & Işınkaralar, K. (2016). Bazı İç Mekan Süs Bitkilerinin Kapalı Mekanlarda Karbondioksit Miktarına Etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2); 493-500
- Şevik, H. (2021a). Monitoring of Heavy Metal Pollution in The Air For Using of Biomonitors, 2nd International Baku Conference on Scientific Research April 28-30, 2021 / Baku, Azerbaijan, The Book of Full Texts. Volume-II: 1-13
- Şevik, H. (2021b). The Variation of Chrome Consantration in Some Landscape Plants Due to Species, Organ and Traffic Density. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(3), 595-600.
- Topacoglu, O., Sevik, H., & Akkuzu, E. (2016a). Effects of water stress on germination of *Pinus nigra* Arnold. Seeds. *Pak. J. Bot*, 48 (2), 447-453.
- Topacoglu, O., Sevik, H., Guney, K., Unal, C., Akkuzu, E., & Sivacioglu, A. (2016b). Effect of rooting hormones on the rooting capability of *Ficus benjamina* L. cuttings. *Şumarski list*, 140 (1-2), 39-44.
- Topacoglu, O., Şevik, H., Sivacioglu, A., & Ferhat, K. (2017). Genetic variations among and within the populations of Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) in Turkey. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(4), 691-702.
- TUIK (2021). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210>

- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., & Ahmaida Saleh E. A. (2018a). Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Pol J Environ Stud* 27 (5):2277–2284.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., & Cetin, M. (2018b). The use of perennial needles as bio-monitors for recently accumulated heavy metals. *Landsc Ecol Eng* 14 (1):115–120.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M. (2018c). Using *Acer platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environ Monit Assess* 190:578.
- 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., 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.
- Türkyılmaz A, Şevik H, Işınkaralar K, (2018). Investigation of Heavy Metal Accumulation in the Black Pine Needles. Ecology Symposium 2017. p.196. 11-13 May, Kayseri Turkey
- Turna, İ., Şevik, H., Yahyaoğlu, Z., (2010). Uludağ Göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) Populasyonlarında Tohum Özelliklerine Bağlı Genetik Çeşitlilik, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Bildiriler Kitabı, Cilt:II, s, 733-740, 20-22 Mayıs 2010, Artvin
- 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.
- 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*, 1-18.
- Uka, U. N., Belford, E. J., & Elebe, F. A. (2021). Effects of road traffic on photosynthetic pigments and heavy metal accumulation in tree species of Kumasi Metropolis, Ghana. *SN Applied Sciences*, 3(1), 1-12.
- URL-1: https://tr.wikipedia.org/wiki/Londra_%C3%96ld%C3%BCren_Sis%27i
- URL-2: <https://www.dw.com/tr/hava-kirlili%C4%9Fi-%C3%B6mr%C3%BC-10-y%C4%B1la-kadar-k%C4%B1salt%C4%B1yor/a-54357227>
- URL-3: <https://www.dw.com/tr/be%C5%9F-%C3%B6l%C3%BCmden-birinin-sebebi-hava-kirlili%C4%9Fi/a-56514039>

- Urošević, M. A., Jovanović, G., Stević, N., Deljanin, I., Nikolić, M., Tomašević, M., & Samson, R. (2019). Leaves of common urban tree species (*Aesculus hippocastanum*, *Acer platanoides*, *Betula pendula* and *Tilia cordata*) as a measure of particle and particle-bound pollution: a 4-year study. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *12*(9), 1081-1090.
- Varol, T., Gormus, S., Cengiz, S., Ozel, H. B., & Cetin, M. (2019a). Determining potential planting areas in urban regions. *Environmental monitoring and assessment*, *191*(3), 1-14.
- Varol, T., Ertuğrul, M., Özel, H. B., Emir, T., & Çetin, M. (2019b). The effects of rill erosion on unpaved forest road. *Applied Ecology and Environmental Research*, *17*(1), 825-839.
- Varol T, Canturk U, Cetin M, Ozel HB, Sevik H (2021) Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*. *Forest Ecology and Management* 491 (2021) 119199. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119199
- Yalcin, I. E., Ozyigit, I. I., Dogan, I., Demir, G., & Yarci, C. (2020). Using the Turkish red pine tree to monitor heavy metal pollution. *Polish Journal of Environmental Studies*, *29*(5), 3881-3889.
- Yasar, U., Ozyigit, I. I., & Serin, M. (2010). Judas tree (*Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*) as a possible biomonitor for Cr, Fe and Ni in Istanbul (Turkey). *Romanian Biotechnological Letters*, *15*(1), 4979-4989.
- Yıldırım, N., Bayraktar, A., Atar, F., Güney, D., Öztürk, M., & Turna, I. (2020). Effects of different genders and hormones on stem cuttings of *Salix anatolica*. *Journal of Sustainable Forestry*, *39*(3), 300-308.
- Yiğit, N., Şevik, H., & Topaçoğlu, O. (2015). Taşköprü-Tekçam Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Konal Tohum Bahçesinde İbre ve Dal Karakterlerine Bağlı Genetik Varyasyon. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, *1*(1), 23-32.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Gul, L. (2016a). Clonal variation in chemical wood characteristics in Hanönü (Kastamonu) Günlüburun black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard. *Journal of Sustainable Forestry*, *35* (7), 515-526.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Kaya, N. (2016b). Determination of the effect of drought stress on the seed germination in some plant species. *Water stress in plants*, 43-62.
- Yigit, N., Cetin, M., & Sevik, H. (2018). The Change in Some Leaf Micromorphological Characters of *Prunus laurocerasus* L. Species by Their Habitat. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *6* (11), 1517-1521.

- 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. (2019). Determination of heavy metal accumulation in air through annual rings: the case of *Malus floribunda* species. *Applied ecology and environmental research*, 17(2), 2755-2764.
- Yigit, N., Mutevelli, Z., Sevik, H., Onat, S.M., Ozel, H.B., Cetin, M., Olgun, C. (2021). Identification of Some Fiber Characteristics in *Rosa sp.* and *Nerium oleander* L. Wood Grown under Different Ecological Conditions. *BioResources* (In Press)
- Yucedag, C., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Variability in morphological traits of seedlings from five *Euonymus japonicus* cultivars. *Environmental monitoring and assessment*, 191(5), 1-4.
- Zare, M., Sanatgar, M., & Fatemitalab, R. (2016). Cypress tree (*Cupressus arizonica* Greene.) as a biomonitor of heavy metal pollution in the atmosphere of Isfahan.
- Zhang, X. (2019). The history of pollution elements in Zhengzhou, China recorded by tree rings. *Dendrochronologia*, 54, 71-77.
- Zhang, X. (2019). The history of pollution elements in Zhengzhou, China recorded by tree rings. *Dendrochronologia*, 54, 71-77.
- Zhou, X., Hu, R., & Fang, Y. (2021). Source and spatial distribution of airborne heavy metal deposition studied using mosses as biomonitors in Yancheng, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.
- Zhou, X., Hu, R., & Fang, Y. (2021). Source and spatial distribution of airborne heavy metal deposition studied using mosses as biomonitors in Yancheng, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.
- Zeren Cetin, I. & Sevik, H. (2020). Investigation of the relationship between bioclimatic comfort and land use by using GIS and RS techniques in Trabzon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (2), 71.