

**T.C.  
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAVİ LADİN (*Picea pungens* Engelm) İBRELERİNİN YAKIN  
GEÇMİŞTEKİ AĞIR METAL BİRİKİMİNDE BİYOMONİTOR  
OLARAK KULLANILABİLME OLANAKLARI**

**Oğuzhan ÇOBANOĞLU**

**Danışman  
Jüri Üyesi  
Jüri Üyesi**

**Doç. Dr. Mehmet ÇETİN  
Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL  
Doç. Dr. Hakan ŞEVİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI  
ANA BİLİM DALI**


**KASTAMONU – 2019**

## TEZ ONAYI

Oğuzhan ÇOBANOĞLU tarafından hazırlanan "Mavi Ladin (*Picea pungens* Engelm) İbrelerinin Yakın Geçmişteki Ağır Metal Birikiminde Biyomonitor Olarak Kullanılabilme Olanakları" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Doç. Dr. Mehmet ÇETİN  
Kastamonu Üniversitesi

.....  


Jüri Üyesi

Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL  
Bartın Üniversitesi

.....  


Jüri Üyesi

Doç. Dr. Burak ARICAK  
Kastamonu Üniversitesi

.....  


19/04/2019

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Hasbi YAPRAK

.....  


## TAAHHÜTNAME

Tez içindeki 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 bildirir ve taahhüt ederim.

Oğuzhan COBANOĞLU



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### MAVİ LADİN (*Picea pungens* Engelm) İBRELERİNİN YAKIN GEÇMİŞTEKİ AĞIR METAL BİRİKİMİNDE BİYOMONİTOR OLARAK KULLANILABİLME OLANAKLARI

Oğuzhan ÇOBANOĞLU

Kastamonu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet ÇETİN

Günümüzde hava kirliliği bazı şehirlerde insan sağlığını tehdit edecek düzeyde artmış, dünya genelinde ise her yıl milyonlarca insanın hayatını kaybetmesine yol açacak boyutlara ulaşmıştır. Hava kirliliği bileşenleri arasında özellikle ağır metaller büyük öneme sahiptir. Zira ağır metaller doğada bozulmadan uzun süre kalabilmekte ve çevredeki konsantrasyonu da sürekli artmaktadır. Ayrıca biyobirikme eğilimindedir. Bundan dolayı ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi, riskli bölgelerin ve risk düzeyinin tespit edilmesi açısından büyük öneme sahiptir.

Bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ise, hem bitkilerin ağır metalleri havadan uzaklaştırma ve dolayısıyla hava kalitesini artırma aracı olarak kullanılabilme olanaklarının belirlenmesi, hem de hava kalitesinin izlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bundan dolayı bu güne kadar bitkilerde ağır metal birikimleri üzerine pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak yapılan çalışmalar daha ziyade geniş yapraklı bitkilerin tek yıllık yapraklarının biyomonitör olarak kullanımı konusunda yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmada ise ibreleri ağaç üzerinde uzun süre kalabilen ayrıca, ibre ve dal yaşları hesaplanabilen *Picea pungens* organlarının, yakın geçmişte ağır metal konsantrasyonundaki değişimin belirlenmesinde biyomonitör olarak kullanılabilme olanakları araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında Ca, Al, Mg, Cu, Fe, Mn, Ba, Li, Na ve K elementlerinin, yıkanan ve yıkanmayan ibre, kabuk ve dal organlarında organ yaşına bağlı olarak değişimi değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları, çalışmaya konu elementlerin organ, yıkanma ve organ yaşına bağlı olarak konsantrasyonlarının değiştiğini, genel olarak en düşük konsantrasyonların Ca, Al, Mg, Cu, Na ve K elementlerinde kabuklarda elde edildiğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, *Picea pungens*, organ, biyomonitör

**2019, 62 sayfa**

**Bilim Kodu: 1214**

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### THE POSSIBILITIES OF USING BLUE SPRUCE (*Picea pungens* Engelm) AS A BIO-MONITOR BY MEASURING THE RECENT ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN ITS LEAVES

Oğuz ÇOBANOĞLU

Kastamonu University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources

Supervisor: Assoc Prof Dr. Mehmet ÇETİN

Nowadays, air pollution has reached life-threatening levels in some cities, and worldwide, it has reached a level where millions of people lose their lives every year. Heavy metals, in particular, are among the significant components of air pollutants, as heavy metals can remain in nature for a long time without degradation and their concentration in the environment is constantly on the rise. They also tend to bio-accumulate. Therefore, identifying heavy metal concentrations in nature is of great importance in terms of identifying risky regions and risk levels.

Pinpointing heavy metal concentrations in plants is important both for determining plants' ability to absorb heavy metals from the air and thus to improve air quality, as well as for monitoring air quality. Because of this, many studies have been carried out on the heavy metal deposits in plants. However, these studies focused mainly on the use of annual broad-leaved plants as bio-monitors. This study investigates the possibility of using the perennial Blue Spruce (*Picea pungens*) organelles whose age is predetermined, as a bio-monitor and to measure the recent change in heavy metal concentrations in these organelles. As part of the study, the changes in Ca, Al, Mg, Cu, Fe, Mn, Ba, Li, Na and K levels according to the organelles ages and whether the sampled organelles were washed or unwashed, were evaluated. The results showed that, in general, the lowest concentrations recorded were the Ca, Al, Mg, Cu, Na and K levels in the barks.

**Key Words:** Heavy metal, *Picea pungens*, organelle, biomonitor

**2019, 62 pages**

**Science Code: 1214**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca danışmanlığımı yapan, bilgi birikimiyle çalışmama ışık tutan çok değerli hocam Doç. Dr. Mehmet ÇETİN'e şükranlarımı sunarım. Tez jürime katılan saygıdeğer hocalarım Doç. Dr. Burak ARICAK ve Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL'e teşekkür ederim. Çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme teşekkür ederim. Yaptığım tez çalışmasının, bilim dünyasına yararlı olmasını temenni ederim.

Oğuzhan ÇOBANOĞLU  
Kastamonu, Nisan, 2019



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
TEZ ONAYI.....	ii
TAAHHÜTNAME.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
TABLolar DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
GRAFİKLER DİZİNİ.....	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ .....	xii
HARİTALAR DİZİNİ .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	6
2.1. Hava Kirliliği Ve Ağır Metaller .....	6
2.2. Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Biyomonitorler .....	8
2.3. <i>Picea pungens</i> Hakkında Genel Bilgiler .....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	15
4. BULGULAR.....	18
4.1. Ca Elementinin Değişimi. ....	18
4.2. Al Elementinin Değişimi.....	20
4.3. Mg Elementinin Değişimi .....	23
4.4. Cu Elementinin Değişimi .....	26
4.5. Fe Elementinin Değişimi.....	28
4. 6. Mn Elementinin Değişimi .....	30
4. 7. Ba Elementinin Değişimi.....	33
4. 8. Li Elementinin Değişimi .....	35
4. 9. Na Elementinin Değişimi .....	37
4. 10. K Elementinin Değişimi .....	40
5. SONUÇ VE TARTIŞMA .....	43
6. ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR .....	53
ÖZGEÇMİŞ .....	62

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

As	Arsenik
Ba	Baryum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cu	Bakır
Cr	Krom
Fe	Demir
Hg	Civa
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
V	Vanadyum
Zn	Çinko
CO <sub>2</sub>	Korbondioksit
O <sub>2</sub>	Oksijen
°C	Santigrat Derece
F	F değeri
m	metre
cm	santimetre
mm	milimetre
mL	mililitre
g	gram
kg	kilogram
µm	milimikron
ppb	milyarda bir
ppm	milyonda bir
µgg	-1 mikrogram / gram



## TABLULAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 4.1. Ca (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	18
Tablo 4.2. Ca (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi.....	19
Tablo 4.3. Al (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi .....	20
Tablo 4.4. Al (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında.....	21
Tablo 4.5. Mg (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	23
Tablo 4.6. Mg (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi .....	24
Tablo 4.7. Cu (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	26
Tablo 4.8. Cu (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi .....	27
Tablo 4.9. Fe (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi .....	28
Tablo 4.10. Fe (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi .....	29
Tablo 4.11. Mn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	31
Tablo 4.12. Mn (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi.....	31
Tablo 4.13. Ba (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	33
Tablo 4.14. Ba (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi.....	34
Tablo 4.15. Li (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	35
Tablo 4.16. Li (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi .....	36
Tablo 4.17. Na (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi.....	38
Tablo 4.18. Na (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi.....	39
Tablo 4.19. K (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi .....	40
Tablo 4.20. K (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi .....	41

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Göknarlarda sürgün yaşının belirlenmesi .....	4
Şekil 3.1. İbre, kabuk ve dal örneklerinin alındığı kısımlar.....	17



## GRAFİKLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Grafik 4.1. Ca konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi.....	20
Grafik 4.2. Al konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi .....	23
Grafik 4.3. Mg konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi .....	26
Grafik 4.4. Cu konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi .....	28
Grafik 4.5. Fe konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi .....	30
Grafik 4.6. Mn konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi .....	32
Grafik 4.7. Ba konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi .....	35
Grafik 4.8. Li konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi .....	37
Grafik 4.9. Na konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi .....	40
Grafik 4.10. K konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi .....	42

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Fotoğraf 2.1. <i>Picea pungens</i> 'in genel görünümü .....	11
Fotoğraf 2.2. <i>Picea pungens</i> 'in peyzaj çalışmalarında kullanımı .....	12
Fotoğraf 2.3. <i>Picea pungens</i> ibreleri .....	13
Fotoğraf 2.4. <i>Picea pungens</i> kozalakları .....	14



## HARİTALAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Harita 3.1. Örneklerin toplandığı yer .....	15
Harita 3.2.Örneklerin toplandığı yerin noktasal gösterimi .....	16



## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artışıyla beraber, endüstriyel faaliyetlerinde aynı oranda arttığı görülmektedir. Özellikle fosil yakıt kullanımına paralel olarak artan hava kirliliği, çevre için tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Turkyılmaz vd., 2018a). Hava kirliliğinden her yıl binlerce kişi etkilenmekte, dünya çapında milyonlarca insan hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı hayatını kaybetmektedir. Kentler merkezlerinde hava kirliliği yoğunlaştığından, özellikle çeşitli sağlık problemi olan kişiler için büyük risk oluşturmaktadır (Isinkaralar vd., 2017).

Hava kirliliğine en çok maruz kalan peyzaj bitkileri bu kirliliğin en iyi göstergesidir. Özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerde fosil yakıtlarından kaynaklanan ağır metal kirliliğini gövdesinde, yapraklarında ve ibrelerinde biriktirerek zamanla havadaki ağır metal konsantrasyonundaki artışın seyrini göstermektedir (Turkyılmaz vd., 2018a). Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin doğrudan tespit edilmesi yerine kirliliğin göstergesi olarak biyoindikatörler veya biyomonitorler sıklıkla kullanılmaktadır (Cetin vd., 2018).

Biyoundikatörler, bir türdeki ekolojik etkinin sadece varlığını veya yokluğunu tanımlarken biyomonitorler ise organizmanın fiziksel, kimyasal, biyolojik veya davranışsal değişkenlikleri ile ekolojik değişkenliğin derecesini gösterirler (Taylan ve Özkoç, 2007). Başka bir tanımla biyomonitorler vücutlarında metalleri veya kirleticileri biriktiren en duyarlı ve doğru organizmalar olarak tanımlanabilir (Bat vd., 1999).

Biyomonitor olarak kullanılacak türlerde bazı özelliklerin bulunması gerekmektedir. Bu özellikler;

- a) Seçilen organizmalar ağır metalleri bünyelerinde biriktirme özelliğinde olmalı ancak, ağır metallerin etkisi ile ölmemelidir.
- b) Örneklenecekleri bölgede sabit olarak yaşamalıdırlar.

- c) Çalışma alanında bolca bulunmalı ve istenildiğinde örneklenebilmelidirler.
- d) Kolayca elde yakalanabilmeli veya elde edilebilmelidirler.
- e) Metal analizleri yapılabilecek kadar organ veya doku temin edilebilmelidir.
- f) Biyomonitor organizmalardaki ağır metal konsantrasyonu ile bulunduğu çevredeki ağır metal konsantrasyonu arasında bir korelasyon bulunmalıdır (Bat, 1999).

Bu özellikler dikkate alınarak değerlendirildiğinde özellikle liken ve yosunların iyi birer biyomonitor oldukları söylenebilir. Özellikle likenler yardımıyla ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi konusunda pek çok çalışma yapılmıştır (Garty, 2001; Loppi vd., 2002; Szczepaniak ve Biziuk, 2003; Carreras vd., 2005). Likenlerin ağır metal kirliliğinin izlenmesinde yoğun olarak kullanılmasının belki de en önemli sebebi, likenlerin birçok elementi kendi fizyolojik ihtiyacından çok daha fazla miktarlarda biriktirme eğiliminde olmasıdır. Örneğin, likenlerin damarlı bitkilerden 100 kat daha fazla kükürt dioksit absorbe ettiği belirtilmektedir (Çobanoğlu, 2015; Mossi, 2018).

Ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde yosunlar da sıklıkla kullanılmaktadır. Karayosunları, ciğerotları ve boynuzotlarını içeren bitki grubunu ifade etmek için “briyofitler” terimi kullanılmaktadır (Sarı ve Ören, 2016; Mossi, 2018). Briyofitler, özellikle yosunlar biyomonitor olarak 1970’lerden beri kullanılmaktadır. Briyofitlerin vasküler sistemi ve gelişmiş kök sistemi yoktur. Bu nedenle yosunlar besinlerinin büyük kısmını olasılıkla dallarına veya yapraklarına direk temas eden sudan almaktadır. Yosunlar genellikle yağmurdan gelen suyu biriktirmekte ve bu da onları atmosferik birikime biyolojik maruziyetin değerlendirilmesi için kullanışlı hale getirmektedir. Bundan dolayı yosunların biyomonitor olarak kullanımına ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır (Çeburnis ve Steinnes, 2000; Pearson vd., 2000; Szczepaniak ve Biziuk, 2003; Harmens vd., 2004; Ayres vd., 2006; Harmens vd., 2010).

Ancak liken ve yosunların biyomonitor olarak kullanılmalarındaki en büyük sorunlardan birisi bu bitkilerin ne kadar süre ile kirlilik etmenine maruz kaldıklarının

kolaylıkla belirlenememesidir. Bundan dolayı tespit edilen herhangi bir metal konsantrasyonunun ne kadar sürede biriktiği net olarak bilinmemekte ve bu durum elde edilen verilerin güvenilirliğinin sorgulanmasına sebep olmaktadır.

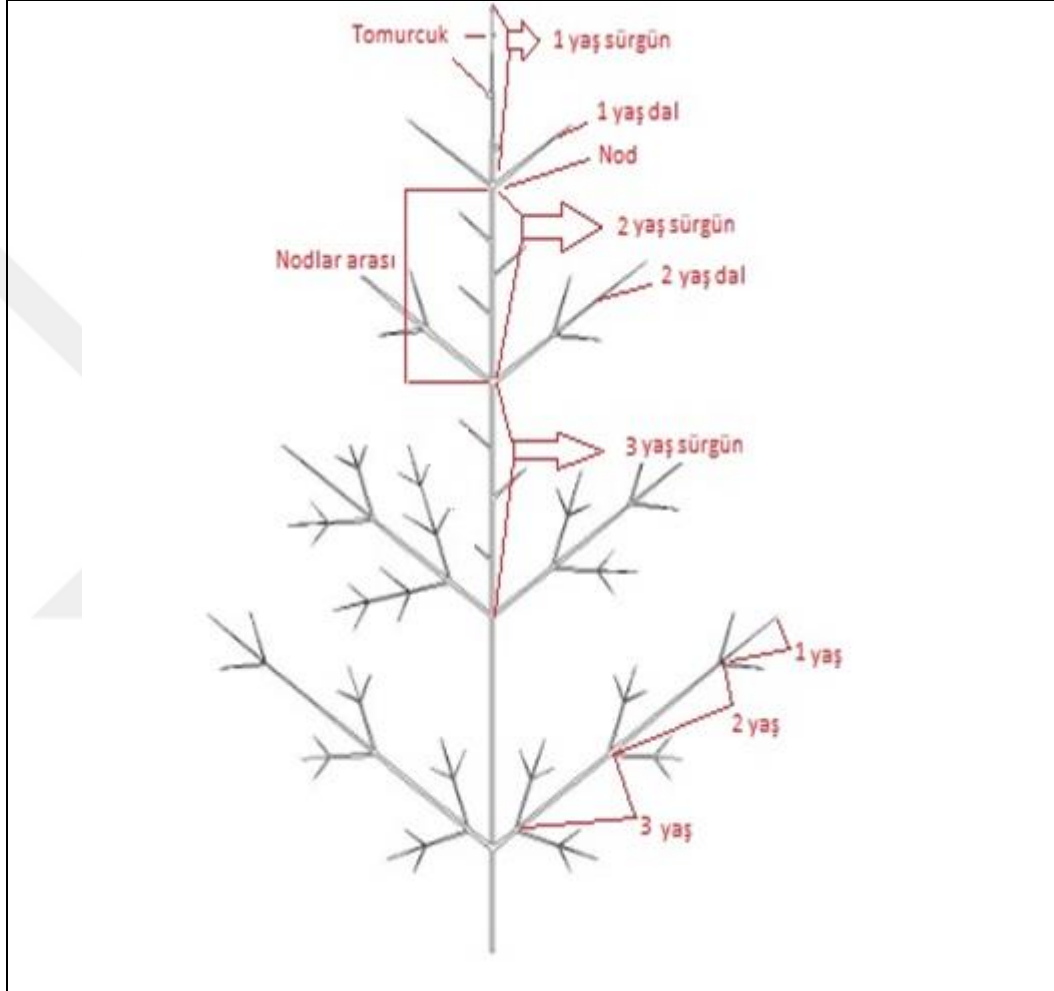
Herdemyeşil olmayan yüksek yapılı bitkilerde süre sorunu nispeten ortadan kalkmaktadır. Çünkü bu bitkilerde yapraklanma vejetasyon mevsimi başında yani ilkbahar aylarında gerçekleşmekte ve yapraklar dökülene kadar hava kirliliğine yani ağır metallere maruz kalmaktadır. Dolayısıyla yaprak bünyesinde biriken ağır metallerin ne kadarlık bir süreçte biriktiği bilinebilmektedir. Bundan dolayı herdemyeşil olmayan bitkiler de sıklıkla ağır metal kirliliğinin izlenmesinde kullanılmaktadır. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda *Aesculus hippocastanum* (Tomasevic ve Anicic, 2010; Anicic vd., 2011), *Betula pendula* (Petrova vd., 2014), *Fraxinus excelsior* (Aksoy ve Demirezen, 2006), *Robinia pseudoacacia* (Celik vd., 2005), *Tilia* sp. (Tomasevic ve Anicic, 2010), *Quercus ilex* (Gratani vd., 2008) gibi pek çok tür bu amaçla kullanılmıştır.

Herdemyeşil olmayan bitkilerin biyomonitör olarak kullanılmasıyla, genellikle örneklerin toplandığı yılın vejetasyon dönemi içerisinde yapraklarında biriktirdikleri ağır metal miktarı belirlenebilmektedir. Oysa ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi kadar, bu konsantrasyonun yıla bağlı olarak değişiminin belirlenmesi de son derece önemlidir. Bitkilerin geçmiş yıllarda bünyelerinde biriktirdikleri ağır metal miktarının belirlenmesi konusunda yapılmış az sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar daha ziyade ağaçların gövdeleri üzerinde yıllık halkalardan örnekler alınarak yapılan çalışmalardır. Bu örnekleme tipi, genellikle ağaçların kesilerek gövdelerindeki yıllık halkalar üzerinde biriken ağır metallerin analizlerinin yapılmasını içermektedir. (Panyushkina vd., 2016). Bu güne kadar bu yöntemle *Malus floribunda* (Yigit, 2019), *Acer platanoides* (Turkyilmaz vd., 2018b), *Cinnamomum camphora* (Xu vd., 2017) gibi türler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu yöntemde ağaçların kesilmesi gerektiğinden, sürdürülebilir bir izleme için uygun bir yöntem değildir.

Herdemyeşil türlerde ibreler uzun yıllar bitki üzerinde kalabilmektedir. Ancak bu bitkilerde yapılacak çalışmalarda yaprak yaşı bilinmediğinden ağır metal



konsantrasyonunun ne ifade ettiğinin yorumlanmasında sorun yaşanmaktadır. Oysa ibreli birçok türde, ibreler ağaç üzerinde birkaç yıl kalmaktadır. Ayrıca oluşan nodlar vasıtasıyla hangi ibrelerin kaç yaşında olduğu bilinebilmektedir. Kapucu (2016) göknarlar üzerinde yaptığı çalışmada farklı yaşlardaki ibreler üzerinde çalışmıştır. Göknarlarda sürgün yaşının belirlenmesi Şekil 1.1.'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Göknarlarda sürgün yaşının belirlenmesi

Bu çalışma *Picea pungens* (mavi ladin) bireyleri üzerinde yürütülmüştür. Mavi ladinin dallanma şekli de göknara oldukça benzemektedir ve sürgün yaşları belirlenebilmektedir. Ladin ibrelerinin uzun yıllar sürgün üzerinde kalması da ladini yakın geçmişteki ağır metal kirliliğindeki değişimin izlenmesi konusunda kullanılabilir iyi bir biyomonitör kılmaktadır. Ayrıca ibrelerin yıl boyu dökülmeden kalarak bütün bir yıl boyunca trafikten kaynaklanan hava kirliliğine

sebepler olan ağır metalleri üzerinde biriktirmesi ve yıl boyunca havadaki ağır metal kirliliği için iyi bir göstergesi olması ayrı bir avantaj olarak görölmektedir.

Bundan dolayı mavi ladinin yakın geđmiŒe yönelik olarak ağır metal birikiminin belirlenmesi konusunda önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünölmektedir. Bu çalışmada Ankara'da yetişen bir mavi ladin fidanının, farklı yaşlardaki ibrelerinde ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece yakın geđmiŒe yönelik olarak ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesinde, bu türün kullanılabilirliğe potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır.



## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1. Hava Kirliliği Ve Ağır Metaller

Dünyanın atmosferi temel olarak oksijen (O<sub>2</sub>), azot (N<sub>2</sub>) ve karbon dioksitten (CO<sub>2</sub>) oluşmaktadır. Ancak, son 30 ile 40 yıl içinde meydana gelen hızlı ekonomik gelişim, şehirleşme ve endüstrileşme süreci çeşitli kirleticilerin yayılarak atmosferin bileşimini ve kalitesini önemli ölçüde bozmuştur. Atmosferin bileşiminin değişmesinde temel etken nüfus artışı ile birlikte sanayii alanındaki gelişmeler olarak açıklanmaktadır. Atmosferik kirlilik temel olarak antropojenik etkenlerden kaynaklanmaktadır (Mossi, 2018).

Hava kirliliğinin temel sebeplerinden birisi özellikle kentsel alanlardaki nüfus artışıdır. Dünya nüfusu son 150 yılda tarihinde hiç olmadığı kadar artmıştır. Bu artışa köyden kente göç ile birleşerek kent merkezlerinin aşırı derecede yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Öyle ki 2000 yılında dünyada sadece 2,9 milyar kişi yani dünya nüfusunun %47'si kentsel alanlarda yaşarken bu oranın 2030 yılına gelindiğinde %60-90'a çıkacağı tahmin edilmektedir. Avrupa ülkelerinde toplam nüfusun üçte ikisinden fazlası kentsel alanlarda yaşamaktadır. Durum ülkemizde de farklı değildir. Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi verilerine göre, il ve ilçe merkezlerinde ikamet edenlerin oranı 2015 yılında % 92,1 iken bu oran 2016 yılında % 92,3'e, 2017 yılında % 92,5'e yükselmiş, 2017 yılı itibariyle belde ve köylerde yaşayan insanların oranı % 7,5 olarak gerçekleşmiştir. Bunun yanında köyden kente göç devam etmekte, ilerleyen zamanlarda kent merkezlerindeki nüfus yoğunluğunun daha da artacağı tahmin edilmektedir. Bu durum insan yoğunluğunun fazla olduğu kent merkezlerinde hava kirliliği sorununun giderek artmasına sebep olmaktadır (Özel, 2019).

Hava kirliliğinin insan kaynaklı bir diğer sebebi ise sanayii alanındaki gelişmelerdir. Metal işleme tesislerinde maden filizlerinin ısıtılması yüksek miktarlarda hava kirleticilerin atmosfere salınmasına sebep olmaktadır (Chen vd., 2016). En yaygın organik ve inorganik atmosferik kirleticiler arasında ozon (O<sub>3</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), hidrojen florür, ve

formaldehid (HCHO) sayılabilir (Su ve Liang 2015; Cruz vd., 2015; Shahid vd., 2017). Bunların yanında, partikül madde (PM) olarak isimlendirilen, havada asılı kalan bazı partiküller de (katı veya sıvı) önemli kirlilik etmenlerinden sayılmaktadır (Cetin vd., 2017).

Hava kirliliği özellikle 1952 yılındaki “smoggy” olarak adlandırılan olayın ardından dikkat çekmiştir. Bu olayda 1952 yılında (5-9 Aralık arası) Londra’da pnömoni ve bronşit gibi solunum hastalıkları ile ilişkili rahatsızlıkların bir sonucu olarak 4000 civarında insan hayatını kaybetmiş, sonraki bir kaç ay içerisinde kirli havanın etkileri ile 8000 kişi daha ölmüştür (Chris Deziel, 2016; Shahid vd., 2017). Sonraki yıllarda ise hava kirliliğinin önemi artarak devam etmiş ve günümüzde her yıl 6,5 milyondan fazla insanın hayatını kaybetmesine sebep olacak kadar ciddi boyutlara ulaşmıştır (Saleh, 2018; Erdem, 2018). Ülkemizde dahi 2016 yılında yaklaşık 29.000 kişinin hava kirliliği ile bağlantılı sebeplerden dolayı hayatını kaybettiği belirtilmektedir (Cetin, 2017). Avrupa Çevre Ajansı; Avrupa genelinde, 2,5 milyon alanı kaplayan kirlenmiş alanlar bulunduğunu ve bu alanların %14’ünün acil iyileştirme planlamasına ihtiyaç duyduğunu belirtmektedir (Akarsu, 2019).

Hava kirliliğinin pek çok bileşeni bulunmakla birlikte, hava kirliliği bileşenleri arasında en tehlikelisi ve dolayısıyla üzerinde en fazla durulan kirleticilerin başında ağır metaller gelmektedir. Nitekim “smoggy” olayının kurbanlarından alınan örneklerde de bu kişilerin akciğerlerinin Pb, Zn ve Fe gibi ağır metalleri içeren çok yüksek seviyedeki çok küçük partiküller ile kontamine olduğu tespit edilmiştir (Shahid vd., 2017).

Genel olarak özgül yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$ ’ten daha büyük olarak tanımlanan (Tunalı, 2015; Saleh, 2018) ağır metaller, atom numarası 20’den fazla olan elementler olarak da tanımlanabilmektedirler (Eren, 2014). Ağır metallerin tanımlanması için, yoğunluk, toksisite veya atom ağırlığı gibi kriterlere göre, yetkili birimler tarafından kabul gören bir kriter ortaya konulmamıştır (Jalilzadeh, 2014; Akarsu, 2019).

Ağır metaller içerisinde en önemlileri olarak Fe, Cu, V, Mn, Zn, Ni, Cr, Mo, Co, Be, Cd, Pb, Tl, Sb, Ag, As, Se, Hg, Sn, Al elementleri sayılmaktadır. Bu elementlerden

Zn, Mn, Cr, Fe, Cu, Ni, Mo gibi bazıları bitki ve hayvanlar için mikro besin elementleridir ve canlıların yaşamı için hayati önem taşıyabilmektedirler (Saleh, 2018; Akarsu, 2019; Özel, 2019). Ancak bu ağır metaller dahi yüksek konsantrasyonlarda zararlı etkiler oluşturabilmektedirler. Diğer ağır metaller ise çok daha ciddi tehlikelere yol açabilmektedirler. Cr, Pb, As, Zn, Ni, V ve Cd gibi ağır metaller kanserojendirler. As, Hg, Pb ve Cd gibi ağır metaller ise yaşayan organizmalar için düşük konsantrasyonlarda bile ciddi toksite oluşturabilmektedirler (Turkyilmaz vd., 2018c, Pınar, 2019).

Bunlara ek olarak ağır metaller doğada kolay kolay yok olmazlar ve canlı bünyesinde biyobirikme eğilimindedirler. Ağır metaller atmosfere uçucu bileşikler şeklinde ince partiküller halinde yayılabilir (Csavina vd., 2011; Csavina vd., 2012; Csavina vd., 2014; Chen vd., 2016). As, Ni, Zn, Pb, Cr, Cd ve V gibi ağır metaller çoğunlukla endüstriyel kaynaklardan salınmaktadır ve kanserojendirler (Shahid vd., 2015). Ağır metallerin bu özellikleri ve canlılara, özellikle de insanlara olan potansiyel tehlikelerinden dolayı ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi ve değişiminin izlenmesi; riskli bölgelerin ve risk düzeyinin tespit edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Turkyilmaz vd., 2018d).

## **2.2.Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Biyomonitörler**

Ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesinde çeşitli yöntemler kullanılmakla birlikte en yaygın olarak kullanılan yöntem, o bölgede yaşamını sürdüren ve ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilen canlıların kullanılmasıdır. Bu şekilde canlı bünyesindeki ağır metal konsantrasyonlarının düzeyleri ve değişimleri ile ortamdaki ağır metal konsantrasyonları konusunda bilgi edinilebilmektedir. Bu konuda özellikle su kirliliğinin belirlenmesi konusunda biyomonitör olarak midye, istiridye, algler, su bitkileri, balıklar, kabuklu canlılar başta olmak üzere çok sayıda canlılar ile ortamdaki su veya sedimentler kullanılabilir (Kar vd., 2008; Taylan ve Özkoç, 2016; Çavuşoğlu vd., 2016; Paul., 2017; Saha vd., 2017; Türkmen vd., 2018).

Havadaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve izlenmesinde ise genellikle likenler, yosunlar veya bitkiler kullanılmaktadır. Özellikle yosunlar biyomonitör olarak

1970'lerden beri kullanılmaktadır. Yosunlar genellikle yağmurdan gelen suyu biriktirmekte ve bu da onları atmosferik birikime biyolojik maruziyetin değerlendirilmesi için kullanışlı hale getirmektedir. Bundan dolayı likenler ve yosunların biyomonitor olarak kullanımına ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır (Pearson vd., 2000; ; Szczepaniak ve Biziuk, 2003; Carreras vd., 2005 Harmens vd., 2004; Ayres vd., 2006).

Ancak liken ve yosunların biyomonitor olarak kullanılmalarındaki en büyük sorun bu bitkilerin ne kadar süre ile kirlilik etmenine maruz kaldıklarının kolaylıkla belirlenememesidir. Bundan dolayı tespit edilen herhangi bir metal konsantrasyonunun ne kadar sürede biriktiği net olarak bilinmemekte ve bu durumda belirlenen konsantrasyonun yorumlanmasında sorunlara yol açmaktadır.

Oysa tek yıllık bitkiler, herdemyeşil olmayan bitkilerin yaprakları gibi organlar ağır metal konsantrasyonlarının birikimlerinin süre ile ilişkilendirilmesi bakımından daha elverişlidir. Herdemyeşil olmayan bir bitkinin yaprakları o bölgedeki vejetasyon süresine bağlı olarak ilkbaharda oluşmakta ve sonbahara kadar bitki üzerindeki fonksiyonunu icra etmekte ve dolayısıyla bu süre içerisinde havadaki ağır metallere maruz kalarak bünyesinde biriktirmektedir.

Özellikle tek yıllık yaprakların elde edilmesinin de kolay olması sebebiyle *Malus* sp.(Tošić vd., 2016), *Platanus orientalis* (Ozel vd., 2015; Norouzi vd., 2015), *Prunus persica* (Dimitrijević vd., 2016), *Aesculus hippocastanum* (Anicic ve ark., 2011), *Buxus sempervirens* (Zolgharnein, 2017), *Quercus ilex* (Martín vd., 2015), *Tilia cordata* (Popek,2017), *Platanus acerifolia* (Liang vd., 2017), *Robinia pseudoacacia* (Celik ve ark., 2005), *Azadirachta indica* (Aleksseeva vd., 2016), *Fraxinus* (Zolgharnein, 2016), *Ficus religiosa* (Patel vd., 2015), *Acer saccharum* (Amirnia, 2016), *Pinus eldarica* (Alahabadi vd., 2017) gibi yüksek yapılı bitkiler de sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemle sadece bir vejetasyon dönemine ilişkin veriler elde edilebilmektedir.

Uzun süreç içerisindeki değişimin izlenmesinde sıklıkla başvurulan yöntemlerden birisi de ağaçların yıllık halkalarının kullanılmasıdır. Bu yöntemde ağaçların odun

kısımında da ağır metalleri biriktirebildiği tezi üzerinden hareket edilmekte, ağaçlar kesilerek odun kısmı yıllık halkalar vasıtasıyla, oluştuğu yıla göre sınıflandırılmakta ve bu numuneler üzerinde ağır metal analizleri yapılmaktadır. Bu güne kadar bu yöntemle *Malus floribunda* (Yigit, 2019), *Acer platanoides* (Turkyilmaz vd., 2018b), *Cinnamomum camphora* (Xu vd., 2017) gibi türler üzerinde çalışmalar yapılmış ve oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu yöntemle ağacın yaşı kadar süre içerisindeki değişim konusunda yani belki de yüzlerce yıllık veriler elde edilebilmektedir. Ancak bu yöntemde ağaçların kesilmesi gerektiğinden, sürdürülebilir bir izleme için uygun bir yöntem değildir. Bu yöntemde en iyi ihtimalle artım burgusu vb. aletler yardımıyla ağaçlar kesilmeden örnek alınabilmekte ancak, bu yöntem de ağaçların yaralanmasına sebep olmaktadır.

Herdemyeşil türlerde ibreler uzun yıllar bitki üzerinde kalabilmektedir. Ancak bu bitkilerde yapılacak çalışmalarda yaprak yaşı bilinmediğinden ağır metal konsantrasyonunun ne ifade ettiğinin yorumlanmasında sorun yaşanmaktadır. Oysa çam, göknar, ladin gibi ibreli birçok türde, ibreler ağaç üzerinde birkaç yıl kalmakta ayrıca, oluşan nodlar vasıtasıyla hangi ibrelerin kaç yaşında olduğu kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Bu yöntem kullanılarak geçmiş yıllara dönük veriler elde edilebilmekte, ayrıca ağaca hayati bir zarar verilmemektedir. Turkyilmaz vd., (2018d) bu yöntemi kullanarak üç yıllık verileri değerlendirmiştir. Ayrıca bu çalışmada çalışmaya konu türler arasında genel olarak birçok ağır metalin izlenmesinde en uygun türlerden birisinin *Picea pungens* olduğu belirtilmiştir (Turkyilmaz vd., 2018d).

### **2.3. *Picea pungens* Hakkında Genel Bilgiler**

Pinaceae familyasının *Picea* cinsine mensup, 50 m ye kadar boylanabilen herdemyeşil ağaçlardır. Mavi ladin (*Picea pungens*)'in anavatanı Kuzey Amerika olup, anavatanında 2000-3000 m rakımlarda yayılış yapar. Dalları yatay yönde gelişen, kalın dallı, serbest büyüdüğüde konik tepeli piramidal görünümlü dekoratif bir ağaçtır (URL1). Ağacın genel görünümü Fotoğraf 2.1.'de verilmiştir.



Fotoğraf 2.1. *Picea pungens*'in genel görünümü

*Picea pungens* yaz kuraklığından fazla etkilenmeyen, zehirli gazlara karşı dayanıklı, toprak isteği bakımından kanaatkar, kuru ve fakir topraklarda da yetişebilen dayanıklı bir türdür. Gerek dekoratif olarak beğenilen, gerekse dayanıklı bir tür olması dolayısıyla peyzaj çalışmalarında çok sık tercih edilen ağaçlardır (Fotoğraf 2.2.). Park ve bahçelerde soliter veya birkaç bireyin beraber olarak kullanımı yaygındır (URL1).





Fotoğraf 2.2. *Picea pungens*'in peyzaj çalışmalarında kullanımı

İbrelere 2-3 cm boyunda, dört köşeli, biraz kıvrık, uçları sivri ve batıcıdır. Yeşil, mavi-yeşil, gümüşü renklidir. Sürgünlerin her tarafına sıkı vaziyette fırça gibi dizilmişlerdir (Fotoğraf 2.3.). Yapraklar çiğlendiğinde ekşimsi-acı tattadır (URL1).



Fotoğraf 2.3. *Picea pungens* ibreleri

Kabuk önceleri ince, kül grisi veya kahverengi-gri, pullu, daha sonraları kabuk gri-esmer, kalın ve derin çatlaklıdır. Kozalaklar 8-10 cm uzunluğunda yaklaşık 3 cm çapındadır (Fotoğraf 2.4.). Taze iken yeşilimsi olgunlaşınca saman sarısı rengindedir. Kozalak pulları kağıt gibi ince, kenarları dalgalı, uçları kertiklidir (URL1).





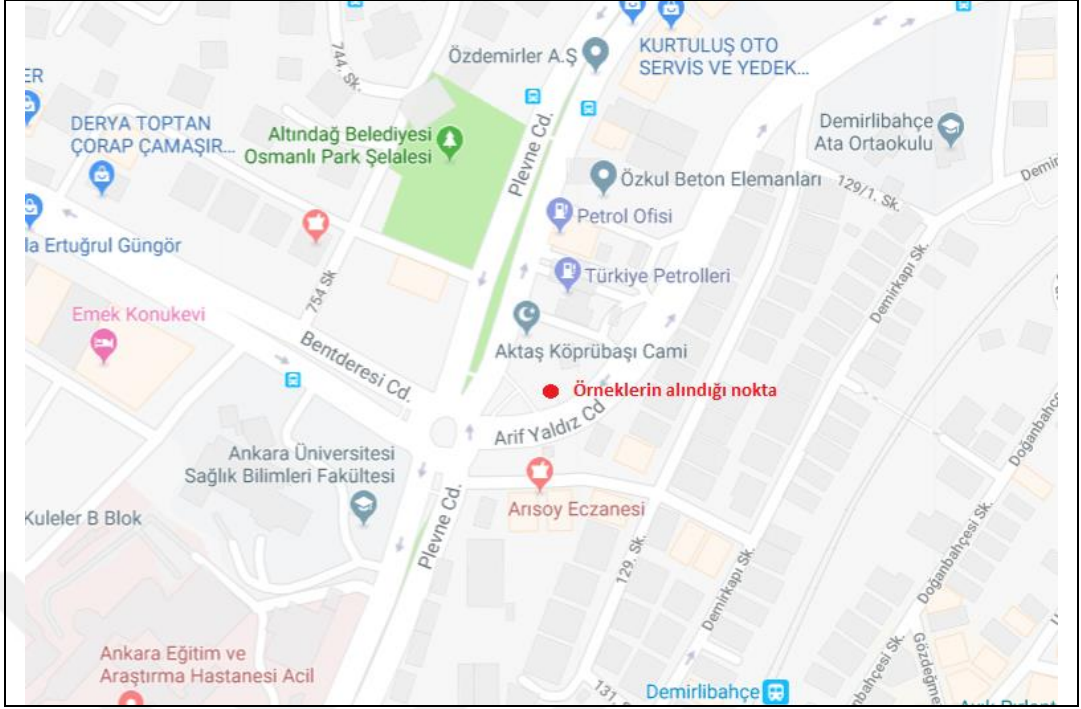
Fotoğraf 2.4. *Picea pungens* kozalakları

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Ankara kent merkezinden bir *Picea pungens* (Mavi ladin) ağacının yan dalları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler, Peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan *Picea pungens* ağacının yan dallar kesilerek alınmış ve laboratuara getirilmiştir. Daha sonra laboratuvarında dallar yaşlarına göre kesilerek sınıflandırılmıştır.



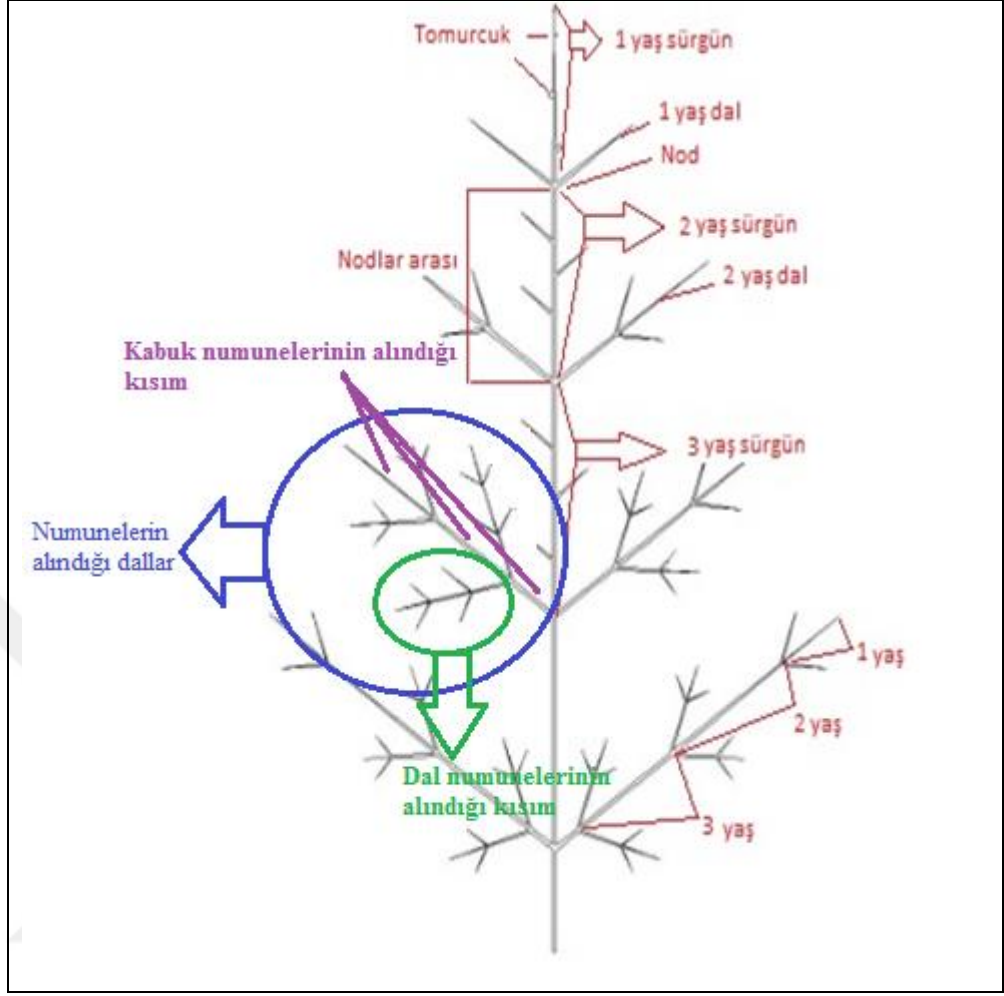
Harita 3.1. Örneklerin toplandığı yer



Harita 3.2. Örneklerin toplandığı yerin noktasal gösterimi

Sınıflandırılan örnekler iki gruba ayrılmış ve bir grupta yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama işleminde ilk olarak ibre, kabuk ve dallar bol su ile ovalanarak yıkanmış daha sonra büyük cam bir kavanozun 1/3'ü su ile doldurularak parçalar kavanozun içerisine atılmıştır. Kavanoz birkaç dakika şiddetle çalkalanarak yıkama işlemi gerçekleştirilmiş ve bu işlem su berraklığını koruyuncaya kadar en az üç defa olmak üzere tekrar edilmiştir. Su berraklığını korumaya başladıktan sonra bu işlem üç defa da saf su ile tekrarlanmış ve böylece organların üzerine yapışan partikül maddelerin tamamen temizlenmesi hedeflenmiştir. Yıkanan örnekler havlu kağıtlar üzerine serilerek yine havlu kağıtlar yardımıyla hafifçe bastırılarak fazla su uzaklaştırılmıştır.

Organların bir kısmı yıkandıktan sonra bütün örneklerde ibre, dal ve kabuk kısımları birbirinden ayrılmıştır. Kabuk numuneleri yan dal üzerindeki anadal kısmından, dal örnekleri ise yan dal üzerinde tali dallardan alınmıştır. Kabuk örnekleri dal üzerinden sıyrılarak ayrılmış, dal örnekleri ise daha ince dallar üzerinden alındığından odun ile birlikte alınmış, odun ile kabuk kısmı ayrılmamıştır. İbre, kabuk ve dal örneklerinin alındığı kısımlar Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. İbre, kabuk ve dal örneklerinin alındığı kısımlar

Yıkanan ve yıkanmayan ibre, kabuk ve dal numuneleri elde edildikten sonra numuneler 15 gün oda kurusu hale gelene kadar bekletilmiş, sonra etüvde 50°C’de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Kurutulan numunelerden 2 g tartılarak 10 ml derişik HNO<sub>3</sub> içinde oda sıcaklığında 1 gün bekletildikten sonra 1 saat 180°C’de kaynatılmıştır. Daha sonra çözelti üzerine 20 ml distile su eklenmiş ve çözelti 45 µm’lik fitre kâğıdından süzölmüştür. Süzöntüden elde edilen çözeltilerde; Ca, Al, Mg, Cu, Fe, Mn, Ba, Li, Na ve K analizleri GBC Integra XL –SDS-270 ICP-OES cihazı ile ağır metal analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiş, verilere varyans analizi uygulanarak F değeri, hata oranı ve dolayısıyla faktörlerin farklılığı %95 güven düzeyinde belirlenmiş, istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilen faktörler için Duncan testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar sadeleştirilip tablolastırılarak yorumlanmıştır.



## 4. BULGULAR

### 4.1. Ca Elementinin Değişimi

Ca elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Ca (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	5323 b	7767c	8834 e	12272 f	7894 d	4100 a	14033	0,000
2	9506 b	12073d	6104 a	14636 f	11454 c	13412 e	19660	0,000
3	13816 b	16691d	6346 a	26236 f	16530 c	19176 e	15688	0,000
4	16025 c	16074c	6377 a	17266 d	19410 e	15656 b	33182	0,000
5	15670 c	27280f	6836 a	23522 e	17386 d	14424 b	24080	0,000
6	16958 c	30572f	9187 a	21702 e	15842 b	20566 d	22434	0,000
7	20091 c	37607e	12091 a	21242 d	42326 f	19432 b	8953	0,000

Tablo sonuçları incelendiğinde bütün yaşlarda organlar arasındaki değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde bir yaşındaki ibreler dışında bütün yaşlarda en düşük değerlerin yıkanmış kabuk numunelerinde elde edilmiş olması dikkat çekicidir. Oysa yıkanmamış kabuk numunelerinde elde edilen değerler oldukça yüksektir. Bunun dışında diğer organlarda yıkanan ve yıkanmayan bireyler arasında dikkat çekici bir fark görülmemektedir. Bazı organlarda yıkanmış, bazı organlarda ise yıkanmamış numunelerde elde edilen değerler daha yüksektir.

Ca elementinin organa bağlı olarak organ yaşı bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Ca (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi

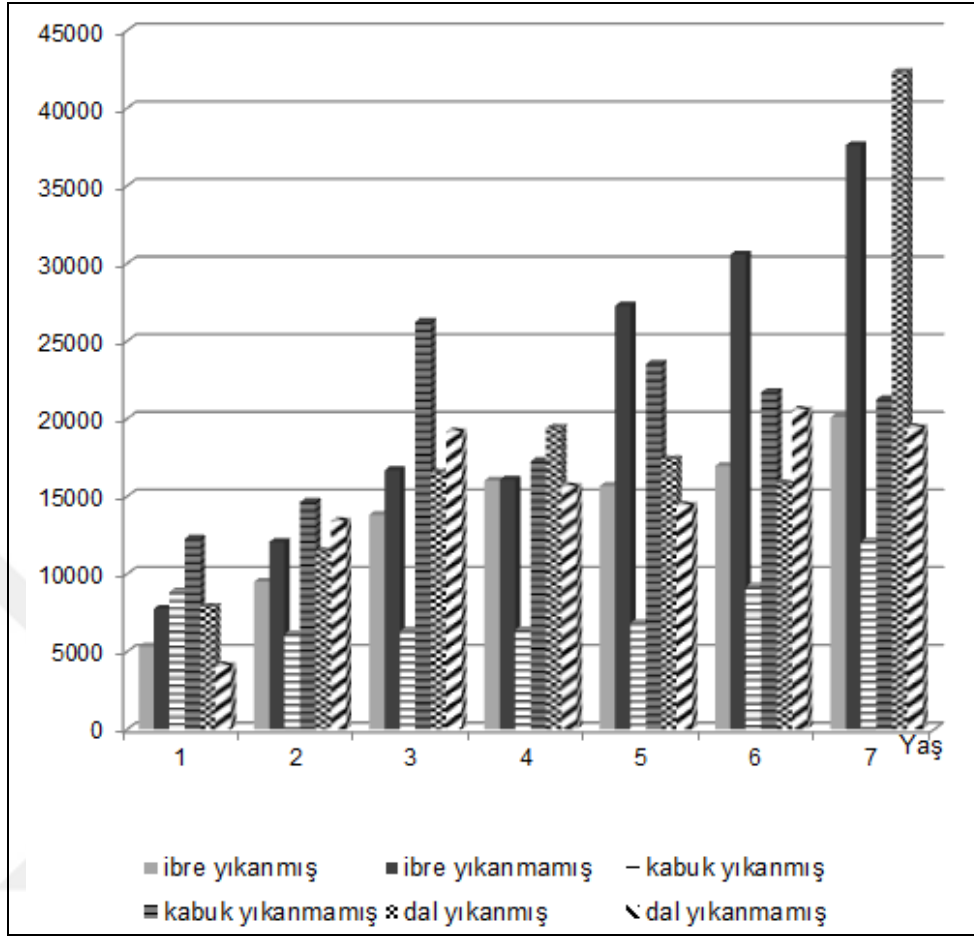
Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	5323 a	7767a	8834 d	12272 a	7894 a	4100 a
2	9506 b	12073b	6104 a	14636 b	11454 b	13412 b
3	13816 c	16691d	6346 b	26236 g	16530 d	19176 e
4	16025 e	16074c	6377 b	17266 c	19410 f	15656 d
5	15670 d	27280e	6836 c	23522 f	17386 e	14424 c
6	16958 f	30572f	9187 e	21702 e	15842 c	20566 g
7	20091 e	37607g	12091 f	21242 d	42326 g	19432 f
F Değ.	14391,353	549294	10199,436	11974,897	9041,914	45124,258
Hata	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Ca elementinin organa bağlı olarak ibre yaşı bazında değişimini gösterir Tablo değerleri incelendiğinde bütün organlarda ibre yaşına bağlı olarak değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Değerler incelendiğinde istisnaları olmakla birlikte genel olarak Ca konsantrasyonunun bütün organlarda ibre yaşı ile birlikte arttığı görülmektedir. Özellikle en genç ve en yaşlı ibreler karşılaştırıldığında aralarında önemli ölçüde fark bulunduğu görülmektedir. Örneğin yıkanmış bir yaşındaki ibrelerde 5323 ppm olan Ca konsantrasyonu en yaşlı ibrelerde 20091 ppm seviyesine, yıkanmamış bir yaşındaki ibrelerde 7767 ppm olan Ca konsantrasyonu en yaşlı ibrelerde 37607 ppm seviyesine kadar çıkmıştır. Benzer durum diğer organlarda de göze çarpmaktadır. Ancak bu artışın dal numunelerinde kabuk numunelerdekenden çok daha fazla düzeyde olduğu görülmektedir. Bir yaşındaki yıkanmış kabuk numunelerinde 8834 ppm, yıkanmamış kabuk numunelerinde 12272 ppm düzeyinde olan Ca konsantrasyonu, yedi yaşındaki yıkanmış kabuk numunelerinde 12091 ppm, yıkanmamış kabuk numunelerinde 21242 ppm seviyesine yükselmiştir. Artış oranı bir kat bile olmamıştır. Oysa; bir yaşındaki yıkanmış dal numunelerinde 7894 ppm, yıkanmamış dal numunelerinde 4100 ppm düzeyinde olan Ca konsantrasyonu, yedi yaşındaki yıkanmış dal numunelerinde 42326 ppm, yıkanmamış dal numunelerinde ise 19432 ppm seviyesine yükselmiştir. Yani dal numunelerindeki ortalama artış dört kattan fazladır.

Verilerin daha rahat algılanabilmesini sağlamak amacıyla Ca konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.1.'de verilmiştir.





Grafik 4.1. Ca konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi

#### 4.2. Al Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Al elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.3.'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Al (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	10,67 a	137,33 d	39,33 c	28,00 b	265,33 e	332,00 f	19078	,000
2	108,00 b	361,33 d	14,67 a	18,00 a	252,67 c	392,67 e	17353	,000
3	252,00 c	239,33 b	358,00 d	128,67 a	350,00 d	1598,67 e	19219	,000
4	290,67 b	596,00 e	2454,00 f	68,00 a	745,33 d	317,33 c	39825	,000
5	241,33 b	1778,00 f	6,00 a	254,67 c	377,33 d	494,00 e	15119	,000
6	292,67 c	1502,67 f	176,00 b	80,67 a	502,67 d	1052,00 e	1834	,000
7	389,33 c	2379,33 e	236,00 b	74,00 a	5030,67 f	706,67 d	39257	000

Tablo değerleri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre bütün organlarda ibre yaşına bağlı olarak organ bazında değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Değerler incelendiğinde genel olarak en yüksek değerlerin dallarda, en düşük değerlerin ise kabuklarda elde edildiği görülmektedir. bir ve beş yaşındaki numuneler dışındaki bütün numunelerde en düşük değerler yıkanmamış kabuk numunelerinde elde edilmiştir. Genel olarak ise en yüksek değerlerin dal numunelerinde elde edildiği görülmektedir.

Yıkanmış ve yıkanmamış numuneler kıyaslandığında ise ibre örneklerinde genellikle yıkanmış numunelerde elde edilen değerler yıkanmamış ibrelerde elde edilen değerlerden daha yüksektir. Kabukta ise tam tersi bir durum söz konusu olup, yıkanmamış kabuklarda elde edilen değerler yıkanmış kabukta elde edilen değerlerden daha yüksektir. Dallarda ise yedi numunenin beş tanesinde yıkanmamış numunelerde elde edilen değerlerin yıkanmış numunelerde elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Yıkanmış ve yıkanmamış numuneler arasındaki fark bazı numunelerde oldukça yüksek düzeydedir. Örneğin bir yaşındaki yıkanmış ibre numunelerinde 10,67 ppm olan Al konsantrasyonu yıkanmamış numunelerde 137,33 ppm, yedi yaşındaki ibrelerde yıkanmış numunelerde 389,33 ppm olan Al konsantrasyonu yıkanmamış ibre numunelerinde 2379,33 ppm seviőyesinde llmőtir. Benzer durum bazı diğer numunelerde de görülmektedir.

Al elementinin organa bağlı olarak organ yaşı bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Al (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi

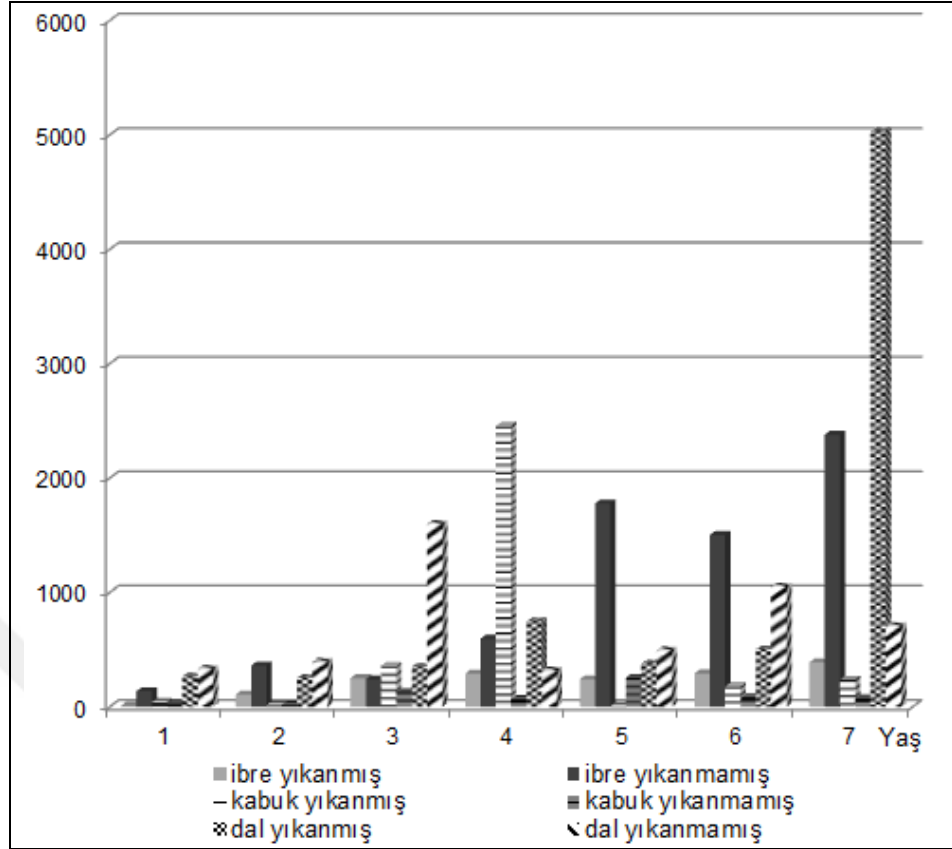
Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	10,67 a	137,33 a	39,33 b	28,00b	265,33a	332,00 b
2	108,00 b	361,33 c	14,67 a	18,00 a	252,67 a	392,67 c
3	252,00 d	239,33 b	358,00 e	128,67 f	350,00 b	1598,67 g
4	290,67 e	596,00 d	2454,00 f	68,00 c	745,33 e	317,33 a

Tablo 4.4.'ün devamı

5	241,33 c	1778,00 f	6,00 a	254,67 g	377,33 c	494,00 d
6	292,67 e	1502,67 e	176,00 c	80,67 e	502,67 d	1052,00 f
7	389,33 f	2379,33 g	236,00 d	74,00 d	5030,67 f	706,67 e
F Değ.	4085,962	4693,770	73847,146	2099,792	43579,021	16798,649
Hata	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Al elementinin organ yaşına bağlı değişiminin bütün organlarda istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Değerler incelendiğinde genel olarak Al konsantrasyonunun yaşa bağlı olarak arttığı söylenebilir. Tablo değerleri incelendiğinde yıkanmamış dal numuneleri dışında en düşük değerlerin bir veya iki yaşındaki organlarda elde edilirken genel itibariyle daha yaşlı organlardaki konsantrasyonların daha yüksek düzeylerde olduğu görülmektedir.

Ortalama değerler incelendiğinde ise organ bazında yaş bakımından oldukça büyük farklılıklar bulunduğu görülmektedir. Örneğin yıkanmış ibre numunelerinde bir yaşındaki ibrelerde 10,67 ppm düzeyinde olan Al konsantrasyonu yedi yaşındaki ibrelerde 389,33 ppm, benzer şekilde yıkanmamış ibre numunelerinde bir yaşındaki ibrelerde 137,33 ppm düzeyinde olan Al konsantrasyonu yedi yaşındaki numunelerde 2379,33 ppm olarak ölçülmüştür. Benzer durumlar bazı diğer organlarda da görülmektedir. Al konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.2.'de verilmiştir.



Grafik 4.2. Al konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi

### 4.3. Mg Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Mg elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.5.'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Mg (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	1398 e	1326 c	1344 d	1671f	794 b	235 a	13469	,000
2	1344 d	1247 c	738 a	1653 f	1152 b	1628 e	8521	,000
3	1636 c	1509 b	152 a	2242 d	1638 c	2238 d	12713	,000
4	1829 e	1144 b	306 a	1575 d	1554 c	1582 d	26764	,000
5	1666 d	1843 e	692 a	1977 f	1436 b	1466 c	9683	,000
6	1187 b	1800 e	836 a	2060f	1456 c	1767 d	5778	,000
7	1823 c	2782 e	1214 a	1907 d	3660 f	1550 b	17973	000

Mg elementinin organ bazında değişimi incelendiğinde bütün yaşlardaki organların değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görölmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları incelendiğinde bir yaşındaki organlar dışındaki bütün yaşlarda organ bazında en düşük değerlerin yıkanmış kabuk numunelerinde elde edilmiş olması dikkat çekmektedir. Kabuk numunelerinde yıkanmış numunelerdeki Mg konsantrasyonları yıkanmamış numunelerdeki Mg konsantrasyonlarından oldukça düşük seviyelerdedir. Bu fark bazı numunelerde beş katı açmaktadır. Örneğin dört yaşındaki numunelerde yıkanmış kabuklarda belirlenen Mg konsantrasyonu 306 ppm seviyesinde iken yıkanmamış kabuk numunelerindeki Mg konsantrasyonu 1575 ppm olarak ölçölmüştür. Bunun dışındaki organlarda ise göze çarpan önemli bir değişiklik görölmemektedir.

Mg elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.6.'de verilmiştir.

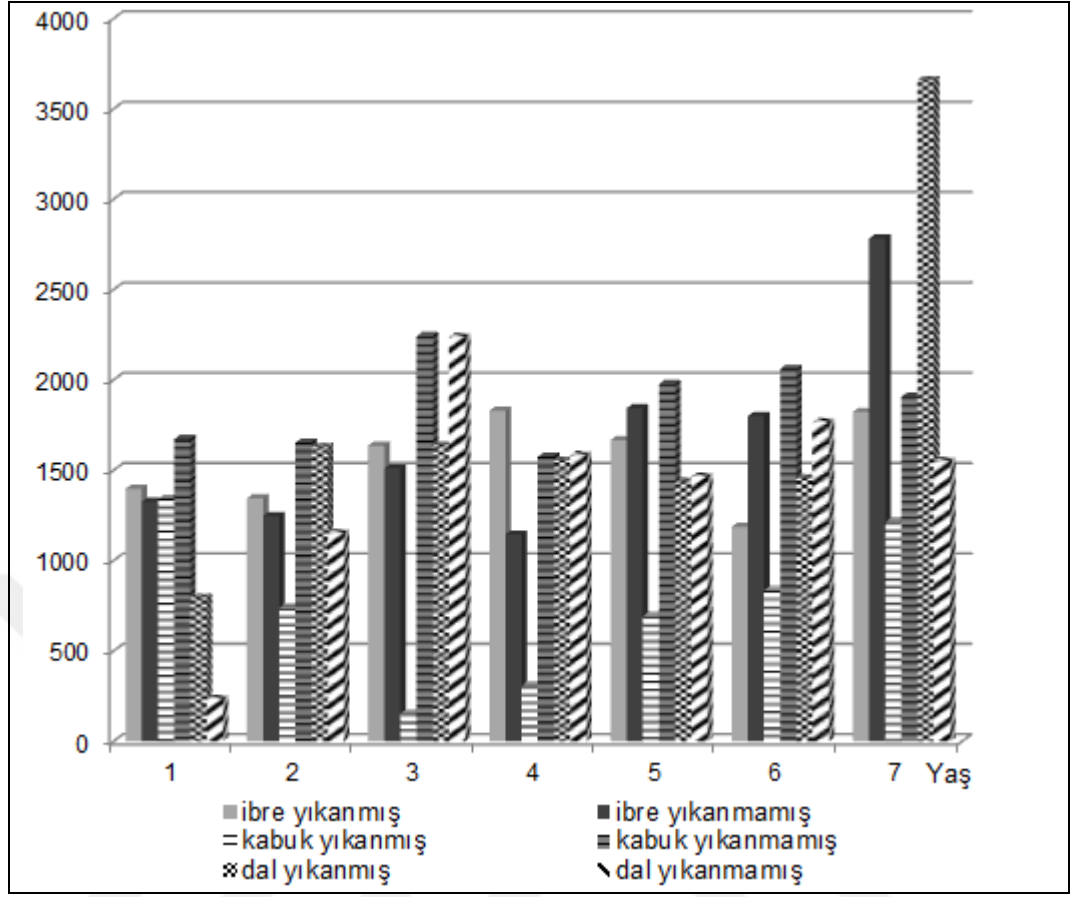
Tablo 4.6. Mg (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	1398 c	1326 c	1344 g	1671 c	794a	235 a
2	1344 b	1247 b	738 d	1653 b	1152 b	1628 e
3	1636 d	1509 d	152 a	2242 g	1638 e	2238 g
4	1829 f	1144 a	306 b	1575 a	1554 d	1582 d
5	1666 e	1843 f	692 c	1977 e	1436 c	1466 b
6	1187 a	1800 e	836 e	2060 f	1456 c	1767 f
7	1823 f	2782 g	1214 f	1907 d	3660 f	1550 c
F Değ.	2954,9	11716,4	18949,0	1902,2	19607,6	11519,1
Hata	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Mg elementinin organ yaşı bazında değişimini gösterir Tablo değerleri incelendiğinde bütün organlarda yaşa bağlı değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görölmektedir. ortalama değerler incelendiğinde genel olarak organ yaşı arttıkça Mg konsantrasyonunda da bir artış olduğu söylenebilir. Ancak bu durumun çok sayıda istisnası bulunmaktadır. Örneğin yıkanmış ibrelerde en düşük değer altı yaşındaki ibrelerde (1187 ppm) elde edilirken en yüksek değer ise yedi yaşındaki ibrelerde (1823 ppm) elde edilmiştir.

Tablo değerleri incelendiğinde bir başka 3nemli sonuç organ bazında değişimler arasında 3nemli 3l3de fark olmasıdır. 3rneğin ibre numunelerinde en d3ř3k ve en y3ksek değerler arasında, diğer bir çok elementin aksine, 3nemli bir fark bulunmamaktadır. Yıkanmış ibrelerdeki Mg konsantrasyonu 1187 ppm ile 1823 ppm arasında, yıkanmamış ibrelerdeki Mg konsantrasyonu ise 1144 ppm ile 2787 ppm arasında değişmektedir. Dal numunelerinde de benzer bir durumun olduğu s3ylenebilir. Bir yaşındaki dallar g3z ardı edilirse yıkanmış dal numunelerindeki Mg konsantrasyonunun 1628 ppm ile 3660 ppm arasında, yıkanmamış dal numunelerindeki Mg konsantrasyonu ise 1466 ppm ile 2238 ppm arasında değiştiği g3r3lmektedir. Yıkanmamış kabuk numunelerindeki Mg konsantrasyonu da 1575 ppm ile 2242 ppm arasında değişmektedir.

Oysa kabuk numunelerinde farklı yaşlı numuneler arasındaki fark oransal olarak çok daha y3ksek seviyededir. Yıkanmış kabuk numunelerinde Mg konsantrasyonu 152 ppm ile 1344 ppm arasında değişmektedir. Mg konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.3.'de verilmiştir.



Grafik 4.3. Mg konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi

#### 4.4. Cu Elementinin Değişimi

Cu elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Cu (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	64,26 f	30,25 d	19,62 b	11,76a	21,69c	60,64 e	4485,3	,000
2	47,24 e	48,53 f	15,39 b	9,01 a	16,83 c	20,57 d	23198,0	,000
3	48,49 d	37,45 c	96,76 e	18,98 a	22,72 b	37,83 c	19498,0	,000
4	37,26 c	39,79 d	57,96 e	11,89 a	37,24 c	17,94 b	22332,5	,000
5	52,18 c	75,50 d	17,30 a	18,92 b	17,90 a	19,34 b	11504,5	,000
6	28,90 d	113,30 f	20,85 b	11,03 a	31,40 e	28,32 c	100941,9	,000
7	33,78 d	92,34 e	25,77 c	10,14 a	93,01 f	24,76 b	94595,6	000

Varyans analizi sonuçlarına göre Cu elementinin organ yaşı bazında organa bağlı olarak değişimi de istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde ilk dikkat çeken nokta beş yaşındaki organlar dışında bütün yaşlarda en düşük değerlerin yıkanmamış kabuk numunelerinde elde edilmiş olmasıdır. Beş yaşındaki yıkanmamış kabuk numunelerinde de en düşük ikinci değer elde edilmiştir.

Değerler incelendiğinde dikkat çeken bir diğer husus genel olarak ibrelerde elde edilen değerlerin odunda elde edilen değerlerden daha yüksek olmasıdır. Cu elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.8.'de verilmiştir.

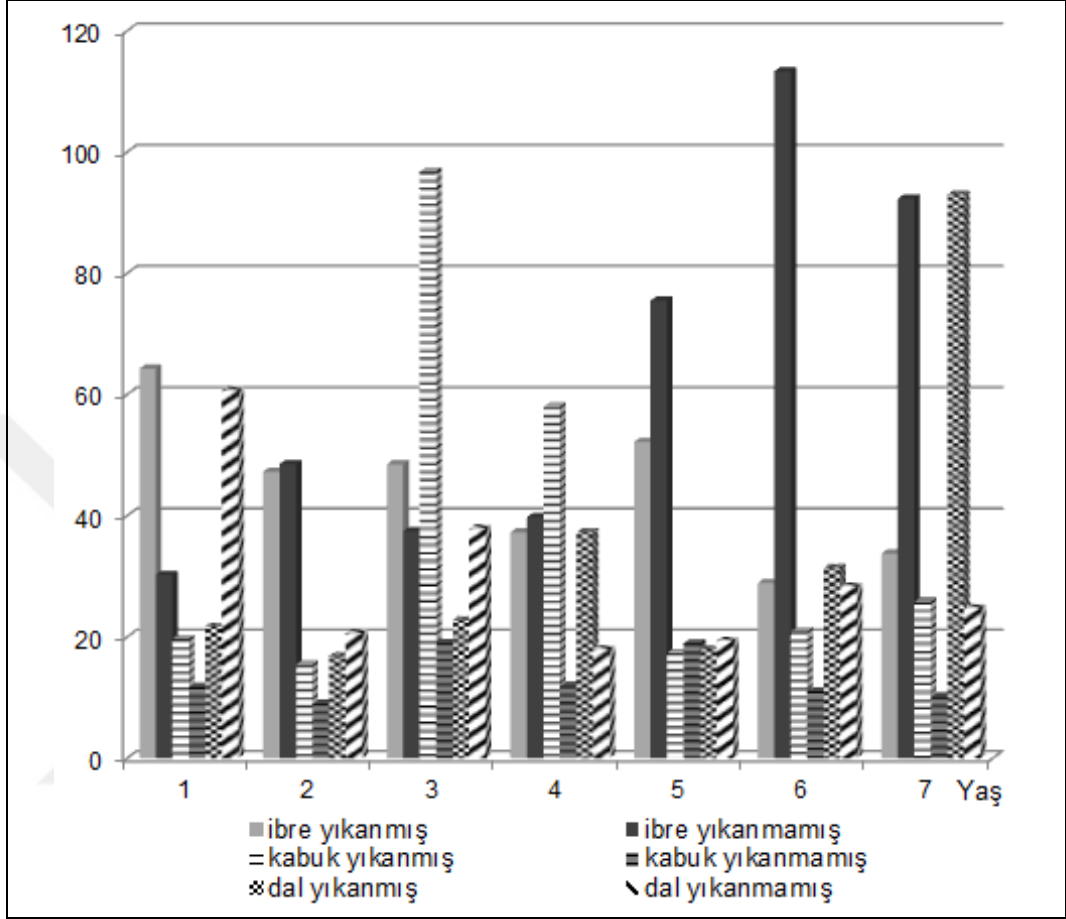
Tablo 4.8. Cu (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	64,26 g	30,25 a	19,62 c	11,76 d	21,69 c	60,64 g
2	47,24 d	48,53 d	15,39 a	9,01 a	16,83 a	20,57 c
3	48,49 e	37,45 b	96,76 g	18,98 e	22,72 d	37,83 f
4	37,26 c	39,79 c	57,96 f	11,89 d	37,24 f	17,94 a
5	52,18 f	75,50 e	17,30 b	18,92 e	17,90 b	19,34 b
6	28,90 a	113,30 f	20,85 d	11,03 c	31,40 e	28,32 e
7	33,78 b	92,34 g	25,77 e	10,14 b	93,01 g	24,76 d
F Değ.	1223,6	27260,0	49624,2	2309,1	64515,6	8802,4
Hata	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tablo'da görüldüğü üzere Cu elementinin bütün organlarda organ yaşları arasında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Değerlerin yaşa bağlı değişimi incelendiğinde ise düzenli bir değişimin göze çarpmadığı görülmektedir. Yıkanmış ibrelerde en düşük değerler en yaşlı ibrelerde, en yüksek değer ise en genç ibrelerde elde edilirken yıkanmamış ibrelerde en düşük değer bir yaşındaki, en yüksek değerler ise en yaşlı ibrelerde elde edilmiştir. Benzer şekilde yıkanmış kabuk numunelerinde en düşük değer iki yaşında, en yüksek değer ise üç yaşındaki kabuklarda elde edilmiştir. Diğer organlarda da benzer durumlar gözlemlenmektedir. Dolayısıyla Cu konsantrasyonunun yaşa bağlı olarak anlamlı bir



değişim gösterdiğini söylemek oldukça zordur. Cu konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.4.'de verilmiştir.



Grafik 4.4. Cu konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi

#### 4.5. Fe Elementinin Değişimi

Çalışmadaki bir diğer element olan Fe elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.9.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Fe (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	51,37 c	88,56 e	32,18 b	92,91f	82,11 d	27,98 a	40826	,000
2	45,59 a	139,44 f	72,70 d	53,19 b	88,16 e	60,49 c	27079	,000

Tablo 4.9.'un devamı

3	108,84 e	54,63 f	34,55 c	22,96b	95,32 d	21,06 a	12667	,000
4	99,41 f	44,03 b	44,41 c	54,44 d	41,81 a	52,88 d	44920	,000
5	33,94 b	26,49 a	37,70 c	67,76 d	82,43 f	76,17 e	2738	,000
6	76,21 c	27,83 a	95,08 d	40,53 b	129,86 e	148,14 f	22171	,000
7	196,77 f	153,87 c	27,75 a	36,63 a	63,34 d	113,27 e	59499	,000

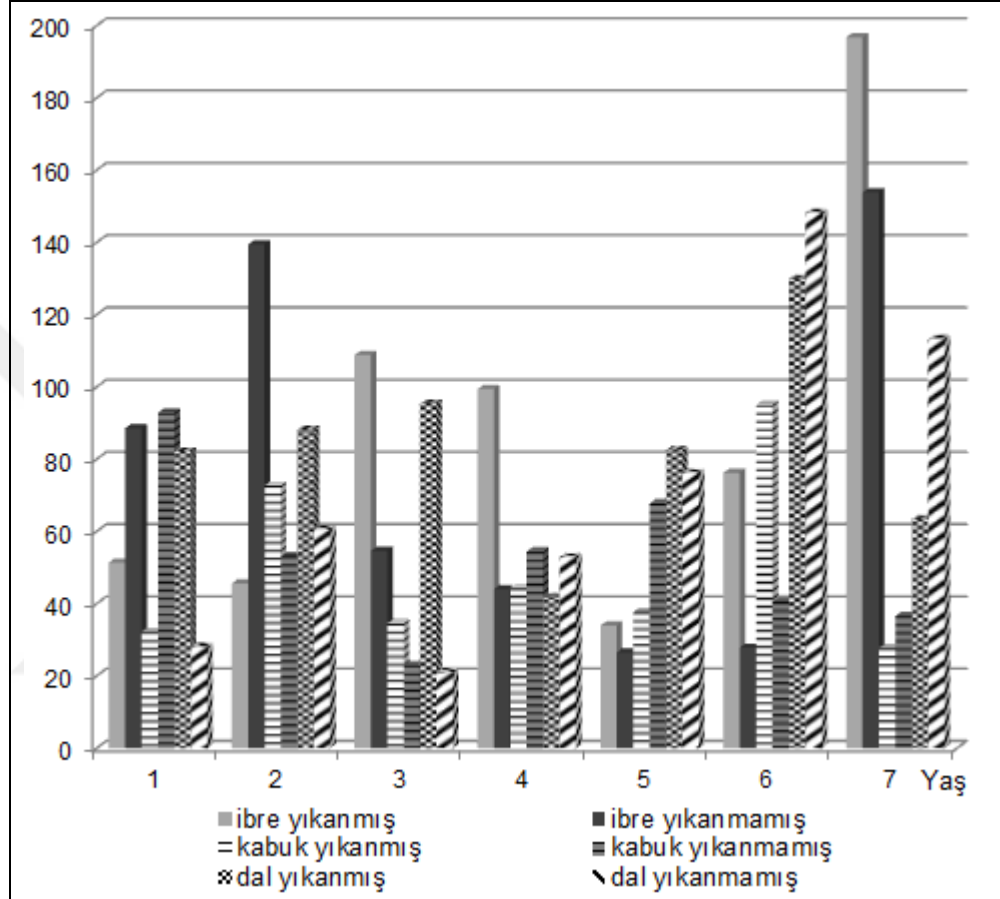
Fe konsantrasyonunun organ bazında değişimi incelendiğinde bütün yaşlarda organlar arasında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde Fe konsantrasyonunun organ bazında değişiminin düzensiz olduğu, ayrıca yıkanan ve yıkanmayan örnekler arasında da gözle görülür bir fark bulunmadığı görülmektedir. Fe elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Fe (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	51,37 c	88,56 d	32,18 b	92,91g	82,11 c	27,98 b
2	45,59 b	139,44 e	72,70 f	53,19 d	88,16 d	60,49 d
3	108,84 f	54,63 c	34,55 c	22,96 a	95,32 e	21,06 a
4	99,41 e	44,03 b	44,41 e	54,44 e	41,81 a	52,88 c
5	33,94 a	26,49 a	37,70 d	67,76 f	82,43 c	76,17 e
6	76,21 d	27,83 a	95,08 g	40,53 c	129,86 f	148,14 g
7	196,77 g	153,87 f	27,75 a	36,63 b	63,34 b	113,27 f
F Değ.	47763,2	12989,7	4133,7	23817,7	6859,1	56637,5
Hata	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Fe konsantrasyonunun bütün organlarda yaşa bağlı olarak değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ancak, organ bazında olduğu gibi, Fe konsantrasyonunun organ yaşı bazındaki değişimi de belirli bir düzende değildir. Örneğin yıkanmamış ibrelerde en düşük değerler beş ve altı yaşındaki ibrelerde elde edilirken en yüksek değerler yedi yaşındaki ibrelerde elde edilmiştir. Benzer şekilde yıkanmış kabuk numunelerinde en düşük değerler yedi ve bir yaşındaki organlarda elde edilirken en yüksek değerler yedi ve iki yaşındaki

organlarda elde edilmiştir. Sonuç olarak Fe konsantrasyonunun yaşa bağlı olarak anlamlı bir değişim gösterdiğini söylemek pek mümkün değildir. Fe konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.5'de verilmiştir.



Grafik 4.5. Fe konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi

#### 4.6. Mn Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Mn elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.11.'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Mn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	43,46 c	34,28 a	40,89 b	83,35f	54,01 e	50,70 d	16469,8	,000
2	40,26 b	88,80 f	23,71 a	58,92 e	41,67 c	49,51 d	35872,0	,000
3	39,01 a	50,19 c	52,10 d	63,90 e	47,50 b	66,93 f	4550,8	,000
4	74,93 e	168,8 f	21,72 a	39,96 b	57,77 d	46,76 c	333947,3	,000
5	50,40 c	80,46 e	18,61 a	59,87 d	50,58 c	48,51 b	41436,3	,000
6	54,65 c	97,01 e	35,78 a	80,20 d	50,30 b	54,75 c	20638,4	,000
7	88,14 d	117,2 e	73,71 b	77,61 c	128,05 f	46,86 a	14907,5	,000

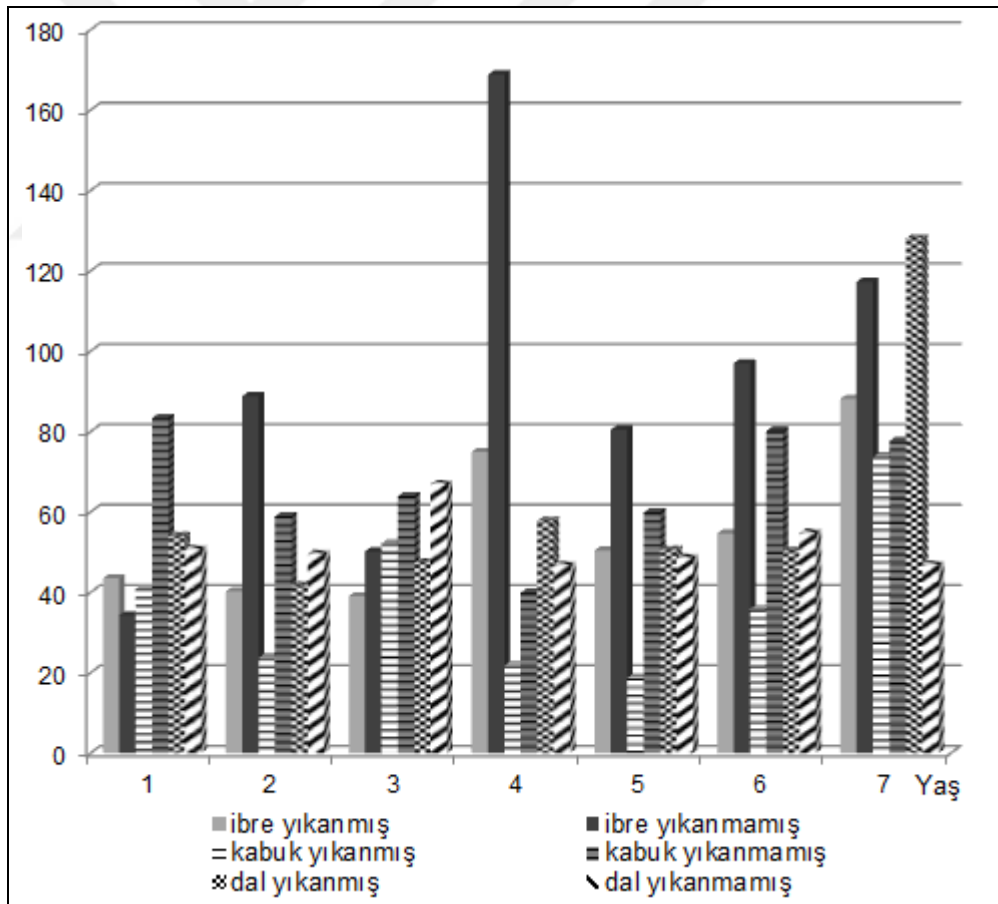
Tablo değerleri incelendiğinde Mn konsantrasyonunun bütün yaşlarda organ bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde öncelikle kabukta yıkanmış ve yıkanmamış numuneler arasındaki fark dikkat çekmektedir. Kabukta yıkanmış numunelerde elde edilen değerler yıkanmamış numunelerde elde edilen değerlerden daha düşüktür. Bunun dışında dal ve kabuk numuneleri karşılaştırıldığında genel olarak yıkanmış numunelerde odun, yıkanmamış numunelerde ise kabukta elde edilen değerler daha yüksektir.

Mn elementinin konsantrasyonunun organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.12.'de verilmiştir.

Tablo 4.12. Mn (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	43,46 c	34,28 a	40,89 e	83,35g	54,01 d	50,70 d
2	40,26 b	88,80 d	23,71 c	58,92 b	41,67 a	49,51 c
3	39,01 a	50,19 b	52,10 f	63,90 d	47,50 b	66,93 f
4	74,93 f	168,84 g	21,72 b	39,96 a	57,77 e	46,76 a
5	50,40 d	80,46 c	18,61 a	59,87 c	50,58 c	48,51 b
6	54,65 e	97,01 e	35,78 d	80,20 f	50,30 c	54,75 e
7	88,14 g	117,24 f	73,71 g	77,61 e	128,05 f	46,86 a
F Değ.	14089,13	54421,35	52024,3	10057,90	24263,7	7765,5
Hata	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tablo değerleri incelendiğinde varyans analizi sonucunda bütün organlarda Mn konsantrasyonunun organ yaşına bağlı değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Organ yaşı bazında değişimler incelendiğinde özellikle ibrelerde yaşa bağlı olarak genel bir atışın olduğu söylenbilir. Kabuk ve odunlardaki değişim ise düzensiz olarak nitelendirilebilir. Özellikle dallarda önemli oranda bir değişim olmadığı Mn konsantrasyonunun yıl bazında değişiminin genel olarak yatay bir seyir izlediği görülmektedir. Yıkanmamış dallarda Mn konsantrasyonu 46,76 ppm ile 66,93 ppm arasında, yıkanmış dallardaki Mn konsantrasyonu ise yedi yaşındaki ibreler dışında 41,67 ppm ile 54,01 ppm arasında değişmektedir. Oysa ibrelerdeki değişimin bazen beş kattan fazla olduğu görülmektedir. Mn konsantrasyonunun organ ve organ yaşı bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.6.'da verilmiştir.



Grafik 4.6. Mn konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi

#### 4.7. Ba Elementinin Değişimi

Ba elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.13.'de verilmiştir.

Tablo 4.13. Ba (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	28,75 a	49,14 c	62,20 d	71,82 f	69,14 e	44,71 b	7877	,000
2	45,66 a	79,02 e	47,96 b	67,31 c	74,02 d	118,99 f	30484	,000
3	51,90 b	100,10 d	47,35 a	110,32 e	93,29 c	141,30 f	13518	,000
4	56,18 b	94,28 d	50,76 a	71,25 c	103,25 e	131,96 f	12559	,000
5	53,81 b	134,76 e	45,76 a	75,84 c	100,22 d	135,73 f	17389	,000
6	50,33 a	142,61 e	68,31 b	69,41 b	111,15 c	139,83 d	10064	,000
7	92,52 d	21,92 a	153,04 f	63,28 c	27,24 b	129,94 e	14697	,000

Ba elementinin organ bazında değişimini gösterir tablo sonuçları incelendiğinde bütün yaşlarda organlar arasındaki değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde genel olarak en düşük değerlerin yıkanmış numunelerde elde edildiği görülmektedir. İbrelerde yedi yaşındaki ibreler dışındaki bütün yaşlarda yıkanmış numunelerde elde edilen değerlerin yıkanmamış numunelerde elde edilen değerlerden daha yüksek olması dikkat çekicidir. Aynı durum kabuk ve odun numuneleri için de geçerlidir. İbrelerde olduğu gibi kabukta da yedi yaşındaki kabuklar hariç bütün yaşlarda yıkanmış numunelerde elde edilen değerlerin yıkanmamış numunelerde elde edilen değerlerden daha yüksek düzeyde iken odun numunelerinde de bir yaşındaki odunlar hariç bütün yaşlarda yıkanmış numunelerde elde edilen değerlerin yıkanmamış numunelerde elde edilen değerlerden daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir.

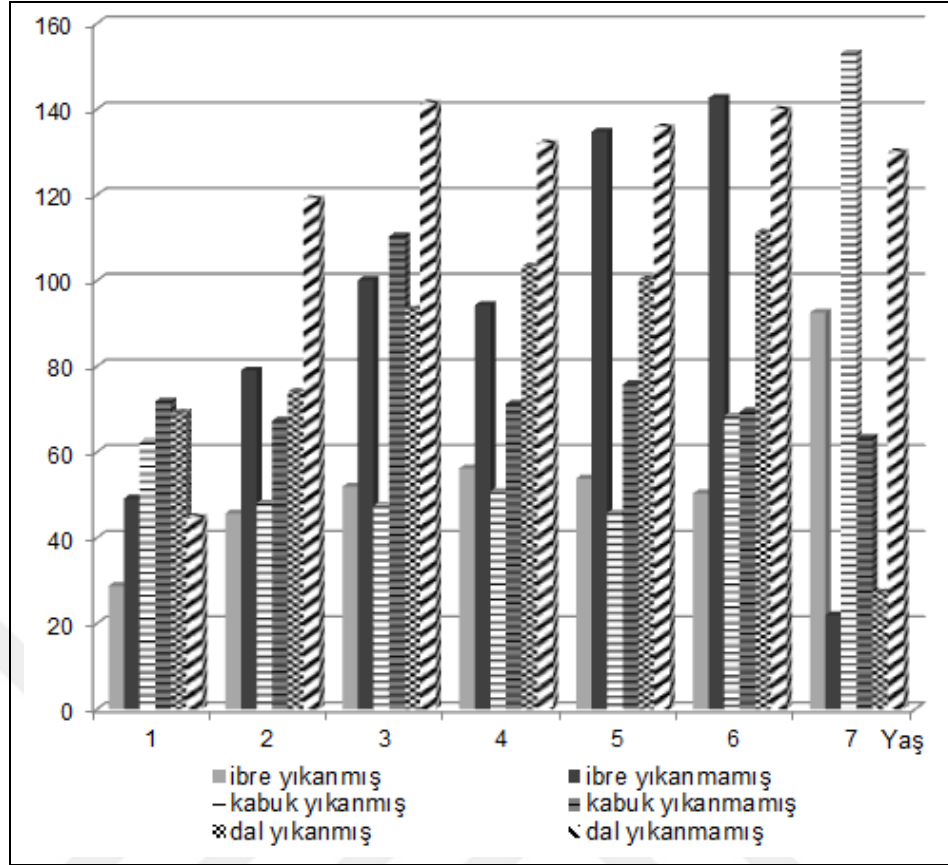
Organ bazında karşılaştırma yapıldığında ise yıkanmış numunelerde en yüksek değerlerin dallarda elde edildiği görülmektedir. Yıkanmamış numunelerde de bir, altı ve yedi yaşındaki numuneler dışında en yüksek değerler dallarda elde edilmiştir. Yıkanmamış numunelerde altı ve yedi yaşındaki odunlarda elde edilen değerler de en

yüksek ikinci değerlerdir. Dolayısıyla genel olarak en yüksek Ba konsantrasyonlarının odunlarda elde edildiği söylenebilir. Ba elementinin organa bağlı olarak organ yaşı bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.14.'de verilmiştir.

Tablo 4.14. Ba (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	28,75 a	49,14 b	62,20 d	71,82 d	69,14 b	44,71 a
2	45,66 b	79,02 c	47,96 b	67,31 b	74,02 c	118,99 b
3	51,90 d	100,10 e	47,35 b	110,32 f	93,29 d	141,30 g
4	56,18 f	94,28 d	50,76 c	71,25 d	103,25 f	131,96 d
5	53,81 e	134,76 f	45,76 a	75,84 e	100,22 d	135,73 e
6	50,33 c	142,61 g	68,31 e	69,41 c	111,15 g	139,83 f
7	92,52 g	21,92 a	153,04 f	63,28 a	27,24 a	129,94 c
F Değ.	7839	26628	11744	4496	2492	8536
Hata	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tablo'da görüldüğü üzere Ba elementinin bütün organlarda yaşlar arasındaki konsantrasyonları istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde organların çoğunda yaş ile birlikte genel bir artış olduğu söylenebilir. Bu artış özellikle yıkanmış ibre, yıkanmış ve yıkanmamış ibreler ile yıkanmış dal örneklerinde daha net görülebilmektedir. Ba konsantrasyonunun organ yaşı ve organ bazında değişiminin daha kolay algılanabilmesini sağlamak amacıyla hazırlanan grafik, Grafik 4.7.'de verilmiştir.



Grafik 4.7. Ba konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi

#### 4.8. Li Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu bir diğer element olan Li elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.15.'de verilmiştir.

Tablo 4.15. Li (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	48,32 d	8,28 b	10,54 c	8,67 b	4,54 a	4,81 a	1184	,000
2	29,93 f	11,04e	7,22 c	9,62 d	5,12 b	2,12 a	8853	,000
3	31,42 e	7,65 c	7,90 c	13,49 d	3,67 b	2,93 a	6398	,000
4	20,65 e	20,35 e	14,93 d	12,69 c	4,15 b	1,45 a	2314	,000
5	27,34 f	11,48 e	8,16 c	11,05 d	3,45 b	2,25 a	7709	,000
6	14,39 f	11,75 e	7,83 c	11,41 d	1,64 a	2,16 b	4454	,000
7	16,02 f	11,19 e	9,85 c	10,16 d	3,81 b	1,96 a	6247	,000



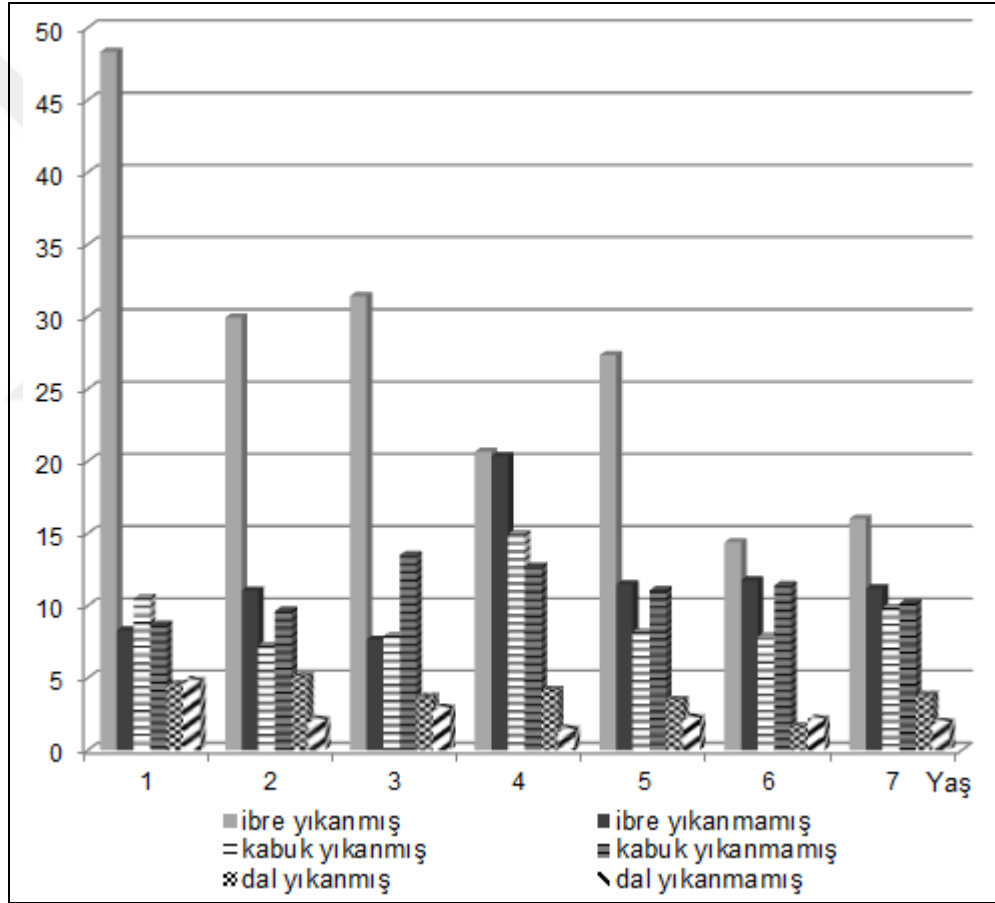
Varyans analizi sonucunda bütün yaşlarda organ bazında Li konsantrasyonunun değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ortalama değerler ve Duncan testi oluşan gruplar incelendiğinde ise bütün yaşlarda en yüksek değerlerin yıkanmış ibrelerde elde edildiği görülmektedir. Yıkanmış ibrelerdeki Li konsantrasyonu bütün yaşlarda en yüksek düzeyde olmakla birlikte bazı yaşlarda diğer organlarla arasındaki farkın oldukça yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Örneğin bir yaşındaki ibrelerde Li konsantrasyonu organ bazında 4,54 ppm ile 10,54 ppm arasında değişirken yıkanmış ibrelerde belirlenen konsantrasyon 48,32 ppm düzeyindedir. Yıkanmış ibreler ile diğer organlar arasındaki fark ilerleyen yaşlarda genel olarak azalmaktadır. En yaşlı organlarda Li konsantrasyonu 3,81 ppm ile 11,19 ppm arasında değişirken yıkanmış ibrelerde belirlenen konsantrasyon 16,02 ppm'dir.

Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin dal örneklerinde elde edildiği görülmektedir. Genel olarak en düşük değerler yıkanmamış dal örneklerinde, sonraki en düşük değer ise yıkanmış dal örneklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak Li konsantrasyonunun genel olarak en yüksek konsantrasyonlarının ibrelerde, sonra kabuklarda ve en düşük konsantrasyonunun dallarda elde edildiği, yıkanmış numunelerdeki konsantrasyonların yıkanmamış numunelerdeki konsantrasyonlardan daha yüksek seviyelerde olduğu söylenebilir. Li elementinin konsantrasyonunun organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.16.'da verilmiştir.

Tablo 4.16. *Li (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi*

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	48,32 g	8,28 b	10,54 d	8,67 a	4,54 e	4,81 d
2	29,93 e	11,04 c	7,22 a	9,62 b	5,12 f	2,12 b
3	31,42 f	7,65 a	7,90 b	13,49 f	3,67 bc	2,93 c
4	20,65 c	20,35 f	14,93 e	12,69 e	4,15 d	1,45 a
5	27,34 d	11,48 d	8,16 c	11,05 d	3,45 b	2,25 b
6	14,39 a	11,75 e	7,83 b	11,41 d	1,64 a	2,16 b
7	16,02 b	11,19 c	9,85 c	10,16 c	3,81 c	1,96 b
F Değ.	633,3	2161,3	624,3	202,9	3,595	56,293
Hata	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Li konsantrasyonunun değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün organlarda organ yaşına bağlı değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve değerlerin yıl bazında değişimi incelendiğinde ise genel olarak yıkanmış ibre, yıkanmamış dal ve yıkanmış dal numunelerindeki konsantrasyonların yaş ile ters orantılı olarak değiştii yani yaş arttıkça Li elementinin konsantrasyonunun azaldığı söylenebilir. Diğer organlarda ise yaş ile bağlantılı olarak dikkat çekici bir değişim gözlenmemektedir. Li konsantrasyonunun organ ve organ yaşı bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.8.'de verilmiştir.



Grafik 4.8. Li konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi

#### 4.9. Na Elementinin Değişimi

Na elementinin konsantrasyonunun organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde

edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.17.'de verilmiştir.

Tablo 4.17. Na (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	203 a	302 c	378 f	340 e	326 d	259 b	3073	,000
2	244 b	924 f	628 d	223 a	440 c	673 e	26218	,000
3	330 b	1073 f	578 c	295 a	779 e	682 d	26742	,000
4	237 a	1490 f	954 e	306 b	886 d	655 c	50093	,000
5	392 b	1585 f	746 d	375 a	1042 e	510 c	23298	,000
6	860 e	1718 f	704 c	361 a	772 d	669 b	19885	,000
7	887 c	1778 f	1085 d	276 a	1204 e	523 b	23343	,000

Tablo'da görüldüğü üzere Na elementinin konsantrasyonunun organ bazında değişimi bütün yaşlarda istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde ise ilk dikkat çeken nokta genel olarak en düşük değerlerin yıkanmamış kabukta elde edilmiş olmasıdır. Yıkanmamış kabukta elde edilen değerler bir ve dört yaşındaki organlar hariç ilk homojen grupta yer almaktadır. Dört yaşındaki kabukların da ikinci homojen grupta yer aldığı düşünüldüğünde en düşük değerlerin yıkanmamış kabuk numunelerinde elde edildiği söylenebilir.

En yüksek değerler ise yıkanmamış ibre numunelerinde elde edilmiştir. Bir yaşındaki organlar hariç bütün yaşlarda en yüksek değerler yıkanmamış ibre örneklerinde elde edilmiş hatta ilerleyen yaşlarda yıkanmamış ibre numunelerindeki Na konsantrasyonu ile diğer organlardaki Na konsantrasyonu arasındaki fark artmıştır. Bu farkın en yüksek düzeye altı yaşındaki organlarda ulaşıldığı görülmektedir. Altı yaşındaki organlarda Na konsantrasyonu 361 ppm ile 860 ppm arasında değişirken yıkanmamış ibrelerdeki Na konsantrasyonu 1718 ppm olarak belirlenmiştir.

Na elementinin konsantrasyonunun yıkanmaya bağlı değişimi incelendiğinde ise genel olarak kabuk ve dallarda yıkanmış numunelerdeki konsantrasyonun yıkanmamış numunelerdeki konsantrasyonlardan daha yüksek düzeyde olduğu,

ibrelerde ise tam tersine yıkanmış numunelerdeki konsantrasyonların yıkanmamış ibrelerdeki konsantrasyonlardan daha düşük seviyelerde olduğu görülmektedir.

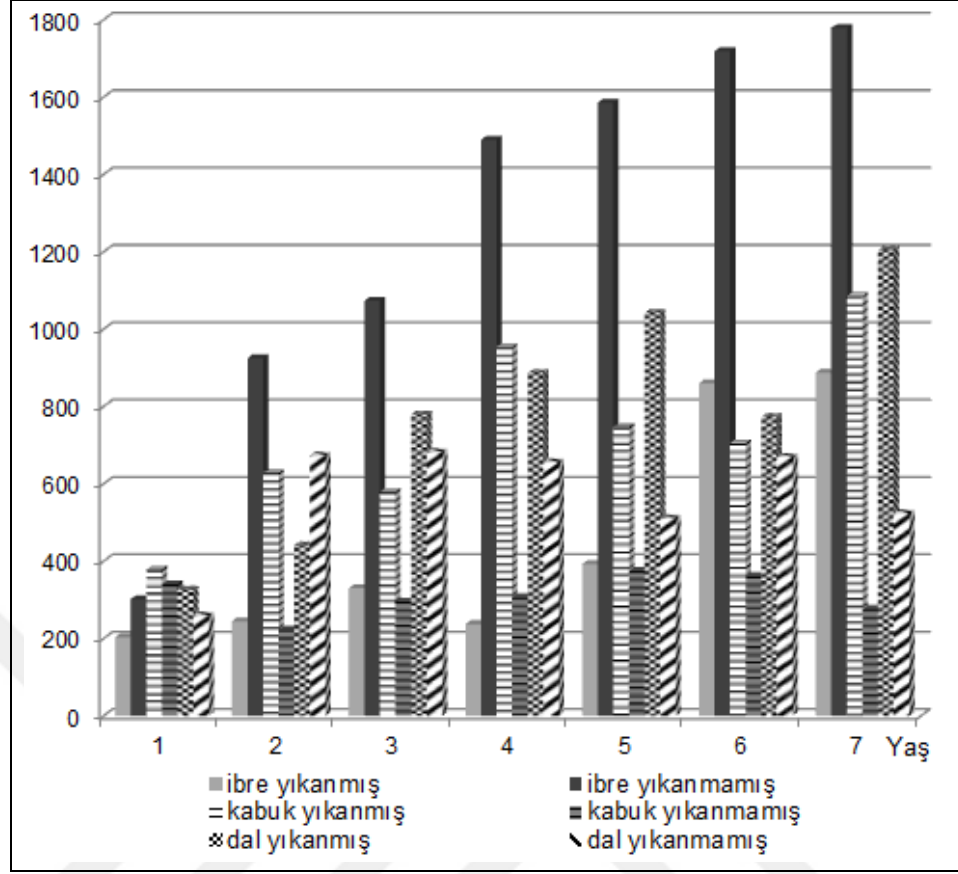
Na elementinin konsantrasyonunun organa bağlı olarak organ yaşı bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.18. Na (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	203 a	302 a	378 a	340 e	326 a	259 a
2	244 c	924 b	628 c	223 a	440 b	673 f
3	330 d	1073 c	578 b	295 c	779 c	682 g
4	237 b	1490 d	954 f	306 d	886 d	655 d
5	392 e	1585 e	746 e	375 g	1042 e	510 b
6	860 f	1718 f	704 d	361 f	772 c	669 e
7	887 g	1778 g	1085 g	276 b	1204 f	523 c
F Değ.	14987	39556	13101	2576	5567	13858
Hata	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tablo’da görüldüğü üzere Na elementinin konsantrasyonunun organ yaşı bazında değişimi bütün organlarda istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Konsantrasyonların organ yaşı bazında değişimi incelendiğinde genel olarak bütün organlarda yaş ile birlikte bir artışın söz konusu olduğu ancak bu artışın özellikle yıkanmış ibre, yıkanmamış ibre ve yıkanmış dal numunelerinde çok daha rahat algılandığı görülmektedir.

Verilerin değişiminin daha rahat algılanabilmesi amacıyla Na konsantrasyonunun organ ve organ yaşı bazında değişimi grafik olarak hazırlanmış ve hazırlanan grafik Grafik 4.9.’da verilmiştir.



Grafik 4.9. Na konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi

#### 4.10. K Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu bir diğer element olan K elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.19.'da verilmiştir.

Tablo 4.19. K (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	6416 c	7335 e	6549 d	7582 f	5991 b	3322 a	7100	,000
2	4552 b	8093 f	3368 a	7017 c	7108 d	7576 e	10227	,000
3	4726 b	8014 e	3056 a	9934 f	7903 d	7592 c	23707	,000
4	4968 b	7236 f	2735 a	6060 d	5771 c	6293 e	20356	,000
5	4780 b	8159 f	2389 a	6905 e	6367 d	5288 c	27173	,000
6	5175 c	5135 c	1842 a	6962 e	4268 b	5401 d	13828	,000
7	4966 b	6614 e	2908 a	5681 d	9007 f	5582 c	29257	,000

Tablo değerleri incelendiğinde Na elementinin konsantrasyonunun organ bazında değişiminin bütün yaşlarda istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde ise ilk dikkat çeken nokta genel olarak en düşük değerlerin yıkanmış kabukta elde edilmiş olmasıdır. Yıkanmış kabukta elde edilen değerler bir yaşındaki organlar hariç ilk homojen grupta yer almaktadır. Yıkanmış kabuktan sonraki en düşük değerler ise genel olarak yıkanmış ibrelerde elde edilmiştir. Yıkanmış ibrelerde elde edilen konsantrasyonlar bir ve altı yaşındaki ibrelerde üçüncü, diğer yaşlarda ikinci homojen gruplarda yer almıştır.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde dikkat çeken bir diğer husus ibre ve kabuk numunelerinde yıkanmamış numunelerde elde edilen konsantrasyonların genel olarak yıkanmış numunelerde elde edilen konsantrasyonlardan daha yüksek düzeyde olmasıdır.

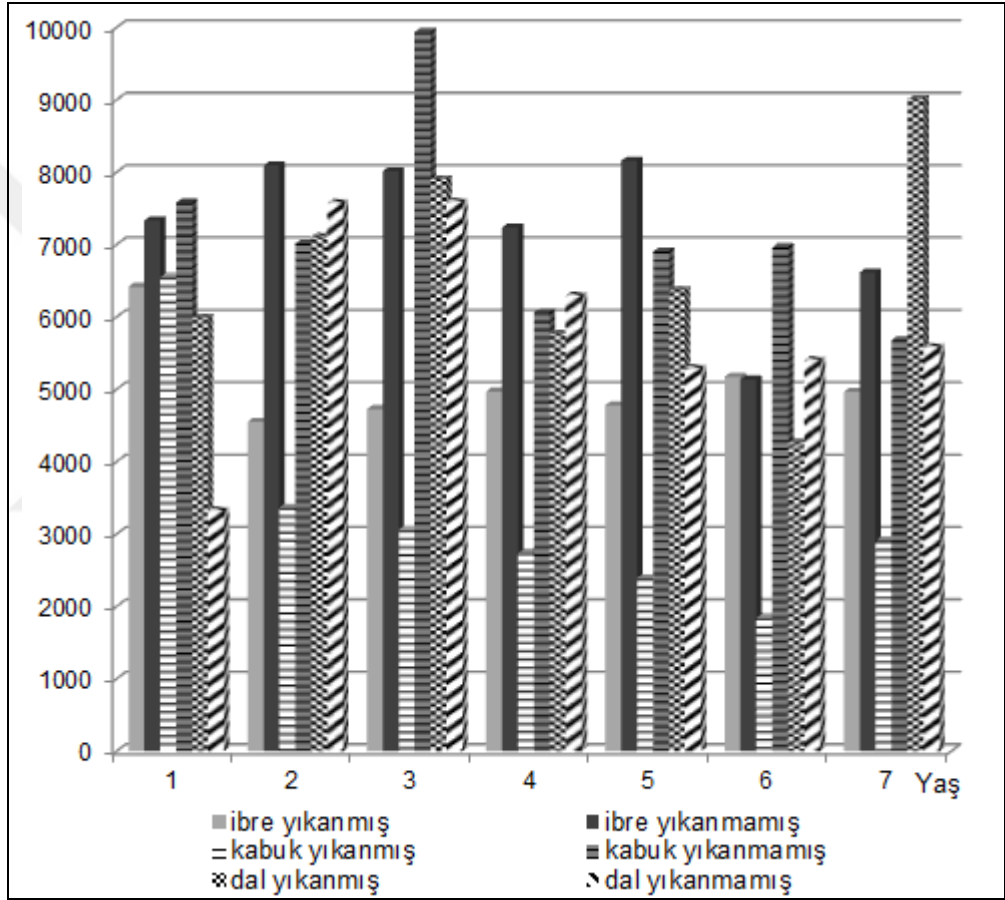
K elementinin konsantrasyonunun organa bağlı olarak organ yaşı bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.20.'de verilmiştir.

Tablo 4.20. K (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	6416 f	7335 d	6549 g	7582 f	5991 c	3322 a
2	4552 a	8093 f	3368 f	7017 e	7108 e	7576 f
3	4726 b	8014 e	3056 e	9934 g	7903 f	7592 f
4	4968 d	7236 c	2735 c	6060 b	5771 b	6293 e
5	4780 c	8159 f	2389 b	6905 c	6367 d	5288 b
6	5175 e	5135 a	1842 a	6962 d	4268 a	5401 c
7	4966 d	6614 b	2908 d	5681 a	9007 g	5582 d
F Değ.	14987	2233	34122	12212	11462	12475
Hata	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tablo'da görüldüğü üzere K elementinin konsantrasyonunun bütün organlarda organ yaşına bağlı olarak değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Ancak bu değişimin farklı elementlerde dalgalı bir seyir izlediği ve organ yaşına

bağlı değişimi anlamlaştırmanın oldukça zor olduğu görülmektedir. Örneğin yıkanmamış kabuk numunelerinde en düşük değer altı yaşındaki numunelerde elde edilirken en yüksek ikinci değer yedi yaşındaki numunelerde elde edilmiştir. Diğer organlarda da benzer birçok örnek görülmektedir. Dolayısıyla organ yaşı ile K konsantrasyonu arasında bir ilişki olduğunu söylemek oldukça zordur. K konsantrasyonunun organ ve organ yaşı bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.10.'da verilmiştir.



Grafik 4.10. K konsantrasyonunun organ ve yıl bazında değişimi

## 5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında on adet elementin ibre, kabuk ve dal olmak üzere üç farklı organda, yıkanma ve organ yaşına bağlı değişimi incelenmiştir. Çalışma kapsamında Ca, Al, Mg, Cu, Fe, Mn, Ba, Li, Na ve K elementlerinin değişimi değerlendirilmiştir. Bu güne kadar ağır metaller üzerinde yapılan çok sayıda çalışmaya bu elementlerin bir kısmı da konu edilmiş olmakla birlikte genel olarak çalışmaların potansiyel tehlikeleri dolayısıyla Pb, Ni, Cd, Cr, Zn, Co gibi elementler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Turkyilmaz vd, 2018e; Sevik vd., 2018; Pınar, 2019, Erdem, 2018). Bu elementlerin düşük konsantrasyonlarda bile toksik etkiye sebep olabilmeleri, kanserojen olmaları gibi sebepler bu elementlerin ön plana çıkmasında temel etkenler olarak gösterilebilir (Turkyilmaz vd., 2018c; Saleh, 2018; Özel, 2019; Akarsu, 2019).

Oysa yapılan çalışmalar bu çalışmada ele alınan Ca, Al, Mg, Cu, Fe, Mn, Ba, Li, Na ve K elementlerinin bir çoğunun bitkiler dahil yaşayan canlılar için gerekli olmasına karşın yüksek konsantrasyonlarda zararlı olabileceğini göstermektedir. Örneğin bu elementlerden Cu bitki bünyesinde enzim aktivasyonu, karbonhidrat ve lipid metabolizmasında yer almasından dolayı oldukça önemli bir elementtir. Cu; fotosentez, karbonhidrat parçalanması, solunum, azot kullanımı ve depolanması gibi fizyolojik olaylarda, hastalıklara karşı direnç mekanizmasında önemli rol oynamakta, eksikliği durumunda bitki üremesinin durduğu belirtilmektedir (Okcu vd., 2009; Asri ve Sönmez, 2006). Cu hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon prosesinin vazgeçilmez parçasıdır (Mossi, 2018).

Bunların yanında Cu, oldukça zehirli bir elementtir. Bitkilerde bakır zehirlenmesinde doku hasarı, köklerde bozulma, bitki renginde koyulaşma, kök hücrelerinde iyon kaybı, DNA' nın hasar görmesi ve fotosentez işleminin bozulması sayılabilirken insanlarda Cu zehirlenmesinde karın ağrısı, bulantı, kusma, ishal gibi semptomlara sebep olabilmektedir. Alınan düşük düzeydeki bakır iyonları, karaciğer sirozu, wilson hastalığı, sistematik romatizma hastalıkları, böbrek rahatsızlıklarına; yüksek düzeydeki bakır iyonları ise kan kanserine sebep olabilmektedir ( Asri ve Sönmez, 2006; Okcu vd., 2009).



Çalışma kapsamında değerlendirilen diğer elementler de özellikle insan sağlığı açısından son derece önemli, yüksek konsantrasyonlarda ise tehlikeli elementlerdendir. Bu elementlerden Mn, besin zinciri yoluyla insanlara ulaştığında başlıca solunum sisteminde ve beyinde etkileri gözlenmekte, Mn zehirlenmesinde halusinasyonlar, bitkinlik, uykusuzluk, güçsüzlük, unutkanlık ve sinir hasarları yanı sıra parkinson, akciğer ambolisi, bronşit, erkeklerde uzun süre maruz kalınması durumunda iktidarsızlığa sebep olabilmektedir (Pak, 2011; Mossi, 2018). Li; iştahsızlık, ağız kuruluğu, ağızda metalik tat, bulantı, kusma, ishal, kabızlık, tremor, bilinç bulanıklığı, kas güçsüzlüğü, parkinsonizm gibi olumsuzluklara sebep olabilmektedir (Kesebir vd., 2011). Dolayısıyla bu metallerin de konsantrasyonlarının izlenmesi, oluşabilecek olumsuzluklara karşı önceden tedbir alınması açısından son derece önemlidir. Bundan dolayı bu elementler de ağır metaller ile ilgili çok sayıda çalışmaya konu olmuştur (Song vd., 2015; Kardel vd., 2018; Li vd., 2015; Qian vd., 2018).

Çalışma sonuçlarına göre öncelikle organlar arasındaki farklılıklar değerlendirildiğinde farklı elementlerde farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Çalışma sonuçları; genel olarak en düşük değerlerin Ca elementinde yıkanmış kabuklarda, Al elementinde kabuklarda, Mg elementinde yıkanmış kabuklarda, Cu elementinde yıkanmamış kabuklarda, Li elementinde dallarda, Na elementinde yıkanmamış kabukta, K elementinde ise yıkanmış kabukta elde edildiğini göstermektedir. Genel olarak en yüksek değerler ise Al elementinde dallarda, Li elementinde ibrelerde, Na elementinde yıkanmamış ibrelerde elde edilmiştir.

Bu güne kadar yapılan çok sayıda çalışmada element konsantrasyonlarının organa bağlı olarak değişimleri değerlendirilmiştir. Mossi (2018) çalışmasında yedi farklı türde yaprak ve dallardaki element miktarlarının değişimini değerlendirilmiş ve çalışma sonucunda Cu, Ni, Pb, Cd ve Ca konsantrasyonlarının dallarda yapraktakinden daha yüksek olduğunu, Mn konsantrasyonunun ise yapraklarda dallardan daha yüksek düzeyde olduğunu belirlemiştir. Pınar (2019) yaprak, tohum ve dal örneklerini kıyasladığı çalışmada organlar arasındaki farkın Cu'da 4,3 kat olarak hesaplandığını belirtmektedir.

Ağır metaller ile ilgili çalışmalarda, ağır metal konsantrasyonlarının organa bağlı olarak değişimi sıklıkla çalışmalara konu olmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalarda Mossi (2018) yaprak ve dal, Turkyılmaz vd., (2018a,b) kabuk ve odun, Erdem (2018) ve Sevik vd., (2018) yaprak, tohum ve dal, Elfantazi vd., (2018a,b) yaprak ve dal, özel (2019) yaprak, dal ve meyve, Pınar (2019) yaprak, dal ve tohum, Akarsu (2019) iç kabuk, dış kabuk ve odunda organlar arası farklılıkları belirlemişlerdir. Bu çalışmalarda ağır metal konsantrasyonlarının organ bazında önemli ölçüde değiştiği ortaya konulmuştur.

Ağır metallerin organa bağlı olarak değişimi, bitkinin ve organin yapısı ile birlikte ağır metalin yapısı, evre şartları ve bütün bunlar arasındaki karşılıklı etkileşim ile şekillenen karmaşık ve henüz tam olarak çözülememiş bir mekanizmadır ve bu konudaki bilgiler sınırlı düzeydedir (Tomaşevi vd., 2005; Honour vd., 2009; Uzu vd., 2010; Shahid vd., 2017; Turkyılmaz vd., 2018d; Yigit, 2019).

Ağır metaller bitki bünyesine kök veya yaprak alımı yoluyla girebilmektedir ancak, bitkinin i dokularındaki ağır metallerin topraktan mı yoksa atmosferden mi alındığını ayırt etmek çok zordur çünkü iki alım yolağı da eř zamanlı çalışabilmektedirler (Kozlov, 2005; Schreck vd., 2012; Pourrut vd., 2013; Shadid vd., 2017). Bundan dolayı özellikle dallardaki metal birikiminin kaynağının belirlenmesi oldukça zordur.

Çalışma kapsamında yıkama işlemi uygulanarak elementlerin yıkanma durumuna göre değişimleri de değerlendirilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda yıkanmanın bir çok organda değerleri oldukça değiştirdiğini göstermiştir. Ca elementinde en düşük değerler yıkanmış kabuk numunelerinde elde edilirken yıkanmamış kabuk numunelerinde elde edilen değerler oldukça yüksektir. Al elementinde genellikle ibrelerde yıkanmış numunelerde, kabukta ve odunda ise yıkanmamış numunelerde elde edilen değer daha yüksektir. Mg konsantrasyonlarının yıkanmış kabuk numunelerinde yıkanmamış numunelerdekine göre çok daha yüksek düzeyde olduğu hatta bu farkın bazı numunelerde beş katı aştığı belirlenmiştir. Mn elementinin kabukta yıkanmış numunelerde, yıkanmamış numunelerdekenden daha düşük olduğu, yıkanmış numunelerde odun, yıkanmamış numunelerde ise kabukta elde edilen

değerlerin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ba elementinde yıkanmış numunelerde elde edilen değerlerin yıkanmamış numunelerde elde edilen değerlerden daha yüksek düzeyde olduğu, Na elementinin genel olarak kabuk ve dallarda yıkanmış numunelerdeki konsantrasyonun yıkanmamış numunelerdeki konsantrasyonlardan daha yüksek düzeyde olduğu, ibrelerde ise tam tersine yıkanmış numunelerdeki konsantrasyonların yıkanmamış ibrelerdeki konsantrasyonlardan daha düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. K elementinde ise genel olarak en düşük değerler yıkanmış kabukta ve yıkanmış ibrelerde elde edilirken ibre ve kabuk numunelerinde yıkanmamış numunelerde elde edilen konsantrasyonların yıkanmış numunelerde elde edilen konsantrasyonlardan daha yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Organlardaki ağır metal konsantrasyonlarının yıkanmaya bağlı değişimi temel olarak atmosferdeki partikül madde miktarı ve yapısıyla ilişkilidir. Yapılan pek çok çalışmada özellikle kirliliğin yoğun olduğu bölgelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının yıkanmayan numunelerde yıkanmış numunelerdekinden daha yüksek düzeylerde olduğu belirtilmektedir. Mossi (2018) yıkanmış örneklerdeki ortalama Pb konsantrasyonunun 1358,3 ppb seviyesinde iken bu oranın yıkanmamış örneklerde 2144,9 ppb olduğunu, yıkanmış örneklerdeki ortalama Fe konsantrasyonunun 54,06 ppm iken bu oranın yıkanmamış örneklerde 81,96 ppm olduğunu belirtmektedir.

Yapılan çalışmalarda özellikle ince partiküllerin, bitki yaprakları ile etkileşime girmesinin, ağır metaller ile kontaminasyonda son derece önemli olduğu belirtilmektedir (Temmerman vd., 2012; Schreck vd., 2012). Partikül maddeler havadaki ağır metaller için bir yutak vazifesi görmekte ve bu ağır metaller ile kontamine olan partikül maddelerin bitki yüzeylerine yapışması ile bu organlardaki ağır metal konsantrasyonu önemli ölçüde değişebilmektedir. Benzer şekilde ağır metaller ile kontamine olmamış partikül maddelerin bitki organlarına yapışması da bu organlardaki ağır metal konsantrasyonlarının daha düşük seviyelerde belirlenmesine yol açabilmektedir.

Havada ağır metaller, atmosferdeki partiküllerin yaprak yüzeylerinde çökmesinin ardından yaprak transferi yoluyla bitki yapraklarında birikebilmektedir. Bitkilerin yaprak kısımlarının besinleri, suyu ve metalleri emebilme potansiyeli uzun süredir bilinmektedir. Ancak, atmosferden bitki yaprakları tarafından metal alınması hakkındaki bilgiler oldukça kısıtlıdır (Tomašević vd., 2005; Honour vd., 2009; Fernández ve Eichert, 2009; Uzu vd., 2010; Schreck vd., 2012).

Çalışmaya konu elementlerin konsantrasyonlarının organ yaşına bağlı olarak değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda genel olarak; Ca konsantrasyonunun bütün organlarda ibre yaşı ile birlikte arttığı ve özellikle en genç ve en yaşlı ibreler arasında önemli ölçüde fark bulunduğu belirlenmiştir. Bunun dışında genel olarak Ba elementi konsantrasyonunun organların çoğunda, Mn elementi konsantrasyonunda özellikle ibrelerde yaş ile birlikte bir artışın olduğu belirlenmiştir. Na elementinin konsantrasyonunda yaş ile birlikte bir artışın söz konusu olduğu ancak bu artışın özellikle yıkanmış ibre, yıkanmamış ibre ve yıkanmış dal numunelerinde çok daha rahat algılandığı tespit edilmiştir. Li elementinin konsantrasyonunun ise genel olarak yıkanmış ibre, yıkanmamış dal ve yıkanmış dal numunelerinde yaş ile ters orantılı olarak değiştiği yani yaş arttıkça Li elementinin konsantrasyonunun azaldığı belirlenmiştir.

Bu güne kadar geçmişteki ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesine yönelik çalışmalarda yaprak veya ibre yaşları konusunda çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu konuda yapılmış bir çalışmada (Turkyilmaz vd., 2018d) *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, *Abies bornmuelleriana* ve *Picea pungens* türlerinde bir, iki ve üç yaşındaki ibrelerdeki bazı ağır metallerin konsantrasyonlarının değişimini değerlendirdikleri çalışmalarında hemen hemen bütün değerlerde yaş ile bağlantılı olarak ağır metal miktarının arttığını belirlemişlerdir.

Ağır metal konsantrasyonlarının geçmişten günümüze değişiminin belirlenmesi konusunda sıklıkla ağaçların yıllık halkaları konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda ağır metal konsantrasyonlarının yıl bazında değişimi belirlenmeye çalışılmaktadır. Yıllık halkalar yardımıyla yapılan çalışmalar, nisbeten daha fazla sayıdadır (Turkyilmaz vd., 2018a,b; Yigit, 2019; Akarsu, 2019).

Akarsu (2019) Kastamonu’da Ba, Li, Ca, Mg ve Mn elementlerinde yıl bazında genel olarak yatay bir değişimin söz konusu olduğunu ancak son yıllarda bir artış görüldüğünü belirtmektedir. Yigit (2019) ise çalışması sonucunda insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen tüm ağır metallerin konsantrasyonunun yaşa bağlı olarak artmakta olduğunu belirtmiştir.

Benzer sonuçlar Ankara’da farklı türler üzerinde yapılan çalışmalarda da elde edilmiştir. Turkyılmaz (2018b) çalışmasında Ca, P, Mg, Zn gibi elementlerin konsantrasyonlarının diğer elementlere göre daha yüksek seviyelerde olduğunu, 1999 yılından sonra Al, Zn, Cu, Co, Fe, Cr, Cd gibi ağır metallerin ağacın halkalarındaki miktarlarının arttığını belirlemiştir.

Çalışma sonucunda bazı elementlerin yıl bazında değişiminin yaş ile doğru orantılı olarak gerçekleşmediğini göstermektedir. Ağır metallerin atmosferden ağacın dokusuna taşınması başlıca iki yolla gerçekleşmektedir. Birincisi yaprağın üst yüzeyi tarafından atmosferdeki metallerin adsorpsiyonu, ikincisi ise metalin stomatal porlar aracılığıyla nüfus etmesi şeklindedir (Shahid vd., 2017). Epidermis tabakasının morfolojik yapısı yaşla ve kirli hava (kükürt oksitler ve azot oksitler) ile değişmektedir (Huttunen ve Laine, 1983; Turunen ve Huttunen, 1990).

Farklı türler üzerinde yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Beramendi-Orosco vd. 2013; Türkyılmaz vd., 2018c). Beramendi-Orosco (2013), *Prosopis juliflora* yıllık halkaları üzerinde yaptıkları çalışmada, 1988–1992 döneminde 1.09 ppm Cu'nun 2003–2007 döneminde 1.27 ppm olduğunu ve 1998–2002 döneminde 0.35 ppm Pb 1993-1997 döneminde miktarının 0.46 ppm olduğunu bildirmişlerdir. Değişimlerin aylara göre belirlendiği çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Norouzi vd., (2015) *Platanus orientalis* de ağır metal birikiminin aylara göre değişimini belirledikleri çalışmalarında, Mayıs ayında 15,1 mg kg<sup>-1</sup> olan Cu konsantrasyonunun Temmuz ayında 15,7 mg kg<sup>-1</sup> ve Kasım ayında 16,6 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu belirtmektedirler. Benzer sonuçlar Fe, Mn, Ni, Zn ve Pb için de elde edilmiştir. Gao vd., (2015) Jinan bölgesinde *Platycladus orientalis*, *Populus tomentosa* ve *Sophora japonica* yıllık halkalarında Pb, Cd ve Cr un uzun yıllar boyunca değişimini araştırdıkları çalışmada da benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

Havadaki ağır metallerin bitki bünyesine girmesini ve birikmesini etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Örneğin bu faktörlerden birisi yağıştır. Yapılan çalışmalar yağış miktarı veya hava rutubeti ile ağır metallerin bitki bünyesine alınması arasında önemli düzeyde ilişkiler olduğunu göstermektedir (Turkyilmaz vd., 2018a). Turkyilmaz vd., (2018a) çalışmalarında toplam yağış miktarının en fazla olduğu yıllarda Ca, P, Mg ve Zn gibi besleyici elementlerin miktarlarında artış gözlemlendiğini, bu elementlerin yağışla beraber topraktaki çözünürlüğünün arttığını ve ağacın kökleri aracılığı ile yıllık halkalara taşındığını belirtmektedir. Yine aynı yıllarda Cu, Co, Fe, Mn, Cd ve Al gibi ağır metallerin konsantrasyonların azaldığını, bu durumun yağışla beraber bu ağır metallerin havadaki konsantrasyonlarının önemli biçimde azalması ve toprağın seyrelmesi ile beraber kök ve ağacın halkalarındaki birikimin azaldığını belirtmektedir (Turkyilmaz vd., 2018a). Penninckx vd., (1999) de benzer bir çalışmada, ağaç yıllık halkalarındaki metal konsantrasyonu ile yağış miktarı arasında negatif korelasyon olduğunu, yaz aylarında yüksek yağış ile birlikte topraktaki konsantrasyonların seyreltiğini belirlemişlerdir.

Yağış ve nem bitki bünyesindeki ağır metal konsantrasyonunu dolaylı yollardan da etkileyebilmektedir. Bağlı nem bitki yaprak yüzeyinin geçirgenlik potansiyelini etkilemekte ayrıca, bitkilerin yüzeylerine tutunan partikül maddelere fiziko-kimyasal tepkimesini de etkilemektedir. Bağlı nem yüksek olduğunda bitki yaprak yüzeyinin geçirgenlik potansiyeli artabilmekte ve dolayısıyla partikül madde ve ağır metaller ıslak kalmakta ve bu da ağır metalin bitki yapraklarının içine penetrasyonunu kolaylaştırmaktadır. Bunun nedeni fillosferde bağlı nem yüksek olduğunda ağır metallerin teorik olarak çözülmüş olarak kalmaları ve yaprağa penetrasyon süresinin uzayacak olmasıdır. Dolayısıyla iklim faktörü havadaki partikül madde miktarından, ağır metal davranışına, bitki gelişim hızından ağır metalin bitki içerisine nüfuz etme prosedürüne kadar bir çok faktörü etkiler ve böylece çok sayıda faktör karşılıklı etkileşime girer (Bondada vd., 2004; Shahid vd., 2017; Mossi, 2018).

Bitki organlarındaki ağır metal konsantrasyonunun seviyesini etkileyen daha pek çok faktör bulunmaktadır. Bunların başında bitki türü gelmektedir. Farklı bitkiler farklı ağır metalleri farklı düzeylerde biriktirebilmektedir. Bundan dolayı da aynı bölgede yetişmiş bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonları arasında önemli düzeyde

farklılıklar bulunabilmektedir (Erdem, 2018; Saleh, 2018; Pınar, 2019; Özel, 2019). Bu durum büyük oranda farklı türdeki bitkilerin yapısının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Ağır metaller atmosfere karıştıktan sonra bitki bünyesinde birikmeleri süreci oldukça karmaşık ve pek çok faktörün etkisi altındadır. Bitkinin yaprak yüzeyi, partikül madde miktar ve büyüklüğü, ağır metalin yapısı, bitkinin habitusu, bitki metabolizması, yaprak yaşı gibi pek çok faktör bu süreci etkilemektedir (Honour vd., 2009; Turan vd., 2011; Shahid vd., 2014; Shahid vd., 2017; Mossi, 2018; Erdem, 2018; Sevik vd., 2018; Özel, 2019).

Çevresel koşullar da ağır metallerin öncelikle atmosfer içerisindeki davranışını ve dolayısıyla da bitki bünyesinde birikmelerini önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin ağır metaller rüzgar yardımıyla kaynağından oldukça uzaklara taşınabilmektedirler. Bunun dışında hava rutubeti ve yağış partikül madde ve ağır metallerin ıslak kalma süresini artırmakta ayrıca, çevre şartları bitki metabolizmasını doğrudan etkilemektedir (Shahid vd., 2017; Mossi, 2018; Turkyilmaz vd., 2018a,e).

Bu faktörlere ek olarak ayrıca ağır metal konsantrasyonunu etkilemesi olası faktörler de bulunmaktadır. Örneğin bitki türüne bağlı olarak ağır metal konsantrasyonun değişimi pek çok çalışmada ortaya konulmuştur (Erdem, 2018; Saleh, 2018, Özel, 2019). Ancak bitkinin alt türü, formu, varyetesi ve orijinlerinde de ağır metal konsantrasyonlarının farklı düzeylerde olması beklenebilir. Zira yapılan çalışmalar pek çok fenolojik, morfolojik ve anatomik yapının bu özelliklere bağlı olarak değiştiğini ortaya koymaktadır. Bu durumda bitki metabolizmasının da değişmesi ve bu durumun ağır metal emilimini etkilemesi kaçınılmazdır (Sevik vd., 2012; Mossi, 2018). Dolayısıyla bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunun değişimi pek çok faktörün karşılıklı etkileşimine bağlı kompleks bir mekanizmanın sonucudur (Mossi, 2018). Ancak bu mekanizmanın tam olarak çözülebilmesi ve dolayısıyla ağır metal konsantrasyonunun değişimini etkileyen faktörlerin net olarak ortaya konulabilmesi için henüz çalışmalar yeterli düzeyde değildir. Bundan dolayı bu konudaki çalışmaların çeşitlendirilip artırılarak devam ettirilmesi gerekmektedir.

## 6. ÖNERİLER

Bu çalışmada ibreleri uzun yıllar ağaç üzerinde kalan *Picea pungens*'de 10 adet ağır metal konsantrasyonunun organ ve organ yaşına bağlı olarak konsantrasyonlarının değişimi belirlenmiştir. Çalışma sonuçları çalışmaya konu ağır metal konsantrasyonlarının organ ve organ yaşına bağlı olarak önemli düzeyde değiştiğini ortaya koymuştur. Bu sonuç, özellikle ağır metal birikiminin yakın geçmişte keskin bir şekilde değişmesine sebep olacak faktörlerin etki seviyesinin belirlenmesinde etkin olarak kullanılabilir. Örneğin etrafa yoğun bir şekilde ağır metal salınımı yapan bir fabrikanın kurulumu ile havadaki ağır metal miktarının nasıl değiştiğini belirlemek veya yakın tarihte faaliyete geçmiş bir otobanın çevresel etkilerinin belirlenmesi amacıyla kullanılabilir.

Çalışmada kullanılan yöntem, örneğin alındığı ağaca hayati bir zarar vermeyen, sürdürülebilir bir yöntemdir. Bu yöntem *Picea pungens*'de olduğu gibi ibreleri yedi-sekiz yıl ağaç üzerinde kalabilen ve organ yaşı net olarak belirlenebilen *Picea* veya *Abies* cinsi ağaçların yanı sıra yine ibreleri üç yıl kadar ağaç üzerinde kalabilen ve organ yaşı net olarak belirlenen *Pinus* cinsi ağaçlarda ve benzer özelliklerdeki diğer türlerde de rahatlıkla kullanılabilir.

Ağır metaller konusunda yapılan çalışmalarda farklı türler üzerinde durulmaktadır. Ancak, aynı türün farklı orijinlerinin morfolojik, fenolojik ve anatomik özelliklerinin değiştiği bilinmektedir. Dolayısıyla aynı türün farklı orijinleri arasında ağır metal biriktirme bakımından farklılıkların olacağı açıktır. Bu konu bundan sonraki çalışmalarda göz önüne alınmalı ve aynı türün farklı orijinlerinin ağır metalleri biriktirmeleri konusunda çalışmalar yapılmalıdır.

Ağır metal konsantrasyonlarındaki değişim özellikle insan sağlığı açısından hayati önem taşıyan bir konudur ve bu konuda değişimin izlenmesinde biyomonitörler son derece etkin olarak kullanılabilir. Ancak ağır metallerin bitki bünyesine alınması konusunda etkili olan mekanizmalar ve bu süreçte etkili olan faktörler konusunda henüz yeterli düzeyde bilgi bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu konudaki çalışmaların çeşitlendirilip artırılarak devam ettirilmesi önerilmektedir.



Çalışmaya konu olan ağır metaller genellikle bitkiler ve hayvanlar için temel yapı taşı olan elementler olarak tanımlanmaktadır. Elbette bu elementler canlıların bünyesinde yapı taşı olarak bulunmaktadır. Ancak yapılan çalışmalar bu elementlerin havadaki konsantrasyonlarının arttığını göstermektedir ve havadaki konsantrasyonların insan ve diğer canlılar için olası zararları konusunda yapılan çalışmalar yeterli düzeyde değildir. Bu konuda yapılan çalışmaların da çeşitlendirilerek artırılması gerekmektedir.



## KAYNAKLAR

- Akarsu, H., (2019). Atmosferdeki Ağır Metal Birikiminin Yıllık Halkalar Yardımı İle Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Aksoy, A. & Demirezen, D. (2006). *Fraxinus excelsior* as a biomonitor of heavy metal pollution. *Polish Journal of Envi-ronmental Studies*, 15, 27-33.
- Alahabadi, A., Ehrampoush, M. H., Miri, M., Aval, H. E., Yousefzadeh, S., Ghaffari, H. R. & Nikoonahad, A. (2017). A comparative study on capability of different tree species in accumulating heavy metals from soil and ambient air. *Chemosphere*, 172, 459-467.
- Alekseeva, A., Shaikhiev, I., Stepanova, S., Mavrin, G., Fazullin, D., Kharlyamov, D., & Shaimardanova, A. (2016). The use of leaves of different tree species as a sorption material for extraction of heavy metal ions from aqueous media.
- Anicic, M., Spasic, T., Tomasevic, M., Rajsic, S., & Tasic, M. (2011). Trace Elements Accumulation and Temporal Trends in Leaves of Urban Deciduous Trees *Aesculus hippocastanum* and *Tilia* ssp.). *Ecological Indicators*, 11, 824-830.
- Asri, F.Ö. ve Sönmez, S. (2006). Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü, Dergisi*, 23(2): 36-45.
- Ayres, E., Van der Wal, R., Sommerkorn, M., & Bardgett, R. D. (2006). Direct uptake of soil nitrogen by mosses. *Biology Letters*, 2(2), 286-288.
- Beramendi-Orosco LE, Rodriguez-Estrada LE, Morton-Bermea ML, Romero O, Gonzalez-Hernandez FM, Hernandez-Alvarez GE (2013) Correlations between metals in tree-rings of *Prosopis juliflora* as indicators of sources of heavy metal contamination. *Appl Geochem*. 39:78–84
- Bondada, B.R., Tu, S. & Ma, L.Q., (2004), Absorption of foliar-applied arsenic by the arsenic hyperaccumulating fern (*Pteris vittata* L.), *Sci. Toplam Environ*. 332, 61–70.
- Carreras, H.A., Wannaz, E.D., Perez, C.A. & Pignata, M.L., (2005), The role of urban air pollutants on the performance of heavy metal accumulation in *Usnea amblyoclada*. *Environ. Res*. 97, 50–57.
- Čeburnis, D., & Steinnes, E. (2000). Conifer needles as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: comparison with mosses and precipitation, role of the canopy. *Atmospheric Environment*, 34(25), 4265-4271.

- Celik, A., Kartal, A.A., & Kaska, Y. (2005) Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Ro-binia pseudo-acacia* L. *Environment International*, 31, 105-112.
- Cetin M, Sevik H, Isinkaralar K. (2017). Changes in the Particulate Matter and CO<sub>2</sub> Concentrations Based on the Time and Weather Conditions: The Case of Kastamonu. *Oxidation Communications*, 40 (1-II), 477-485.
- Cetin, M., Kalayci Onac, A., Sevik, H., Sen, B., (2018) Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa Air Quality, *Atmosphere & Health (Air Qual Atmos Health)* (2018). DOI:<https://doi.org/10.1007/s11869-018-00657-6>.
- Chen, Y.-M., Gao, J., Yuan, Y. Q., Ma, J., Yu, S. (2016). Relationship between heavymetal contents and clay mineral properties in surface sediments:implications for metal pollution assessment, *Cont. Shelf Res.* 124,125–133.
- Chris Deziel, D.M. (2016). The Effects of Industrial Smog. Assessed on October 2016.<http://classroom.synonym.com/effects-industrial-smog-8152.html>.
- Cruz, A.M.J., Sarmiento, S., Almeida, S.M., Silva, A.V., Alves, C., Freitas, M.C. & Wolterbeek, H. (2015), *Association between atmospheric pollutants and hospital admissions in Lisbon. Environ. Sci. Pollut. Res.* 22, 5500–5510.
- Csavina, J., Field, J., Taylor, M. P., Gao, S., Landázuri, A., Betterton, E. A., & Sáez, A. E. (2012). A review on the importance of metals and metalloids in atmospheric dust and aerosol from mining operations. *Science of the Total Environment*, 433, 58-73.
- Csavina, J., Landázuri, A., Wonaschütz, A., Rine, K., Rheinheimer, P., Barbaris, B., Conant, W., Sáez, A.E., Betterton, E.A., (2011), Metal and metalloid contaminants in atmospheric aerosols from mining operations, *Water Air Soil Pollut.* 221,145–157.
- Csavina, J., Taylor, M. P., Félix, O., Rine, K. P., Sáez, A. E., & Betterton, E. A. (2014). Size-resolved dust and aerosol contaminants associated with copper and lead smelting emissions: implications for emission management and human health. *Science of the Total Environment*, 493, 750-756.
- Çavuşoğlu, K., Gündoğan, Y., Arıcı, Ş. Ç., & Kırındı, T. (2016). *Mytilus* sp (midye), *gammarus* sp (nehir tırnağı) ve *cladophora* sp (yeşil alg) örnekleri kullanılarak Kızılırmak nehrindeki ağır metal kirliliğinin araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 52-60.
- 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.

- Dimitrijević, M. D., Nujkić, M. M., Alagić, S. Č., Milić, S. M., & Tošić, S. B. (2016). Heavy metal contamination of topsoil and parts of peach-tree growing at different distances from a smelting complex. *International journal of environmental science and technology*, 13(2), 615-630.
- Elfantazi, M.F.M., Aricak, B. & Baba, F.A.M. (2018a). Changes in Concentration of Some Heavy Metals in Leaves And Branches of Acer Pseudoplatanus Due to Traffic Density. *International Journal of Trend in Research and Development*, 5(2): 704-707
- Elfantazi, M.F.M., Aricak, B., Ozer Genc, C. (2018b). Concentrations In *Morus Alba L.* Leaves and Branches Due To Traffic Density. *International Journal of Current Research*. 10(05): 68904-68907
- Erdem, T. (2018). Ağır Metal Konsantrasyonlarının Bazı Bitkilerde Tür, Organel Ve Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu, Türkiye.
- Eren, A. (2014). Andızotu (*Inula Helenium*), Fenerotu (*Physalis Angulata*) Ve Sığırkuyruğu (*Verbascum Thapsus*) Bitkilerinin Ağır Metallerce Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Hatay, Türkiye.
- Fernández, V., & Eichert, T., (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization, *Crit. Rev. Plant Sci.* 28, 36–68.
- Gao, W., Jiang, W., Xiong, T., Sun, S., & Gao, R. (2015). The sources apportionment of heavy metal pollution base on tree ring in Jinan. In *Intelligent Computation Technology and Automation ICICTA*, 2015 8th International Conference on pp. 1040-1043). IEEE.
- Garty, J. (2001). Biomonitoring atmospheric heavy metals with lichens: theory and application. *Crit. Rev. Plant Sci.* 20, 309–371.
- Gratani, L., Crescente, M.F., & Varone, L. (2008) Long-term monitoring of metal pollution by urban trees. *Atmos-pheric Environment*, 42, 8273-8277.
- Harmens, H., Buse, A., Büker, P., Norris, D., Mills, G., Williams, B., Reynolds, B., Ashenden, T.W., Rühling Å. & Steinnes E. (2004). Heavy metal concentrations in european mosses: 2000/2001 survey. *J. Atmos. Chem.* 49 425–436.
- Harmens, H., Norris, D., Steinnes, E., Kubin, E., Piispane, J., Alber R., Aleksiyaynak, Y., Blum, O., Cos, K.M, & Dam, M., (2010). Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: spatial patterns and temporal trends in Europe. *Environ. Pollut.* 158, 3144–3156.

- Honour, S. L., Bell, J. N. B., Ashenden, T. W., Cape, J. N., & Power, S. A. (2009). Responses of herbaceous plants to urban air pollution: effects on growth, phenology and leaf surface characteristics. *Environmental pollution*, 157(4), 1279-1286.
- Huttunen S, Laine K (1983) Effects of air-borne pollutants on the surface wax structure of *Pinus sylvestris* needles. *Ann Bot Fennici* 20: 79-86
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Ekizler, A., Ilkdogan, C . ( 2017). Changes in the Amounts of CO<sub>2</sub> and Particulate Matter in Kastamonu Province Depending on Weather Conditions and Locations, *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 7(3); 643-650
- Jalilzadeh, M. (2014). Designing Of Ion-Imprinted Cryogels And Their Use For Heavy Metal Removal. Türkiye.
- Kar, D., Sur, P., Mandai, S. K., Saha, T., & Kole, R. K. (2008). Assessment of heavy metal pollution in surface water. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 5(1), 119-124.
- 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.
- Kesebir, S., Üstündağ, M. F., & Kavzoğlu, S. Ö. (2011). Lityum zehirlenmesi. *Psikiyatride Guncel Yaklasimler-Current Approaches in Psychiatry*, 3(3). 426-445
- Kozlov, M.V., (2005). Sources of variation in concentrations of nickel and copper inmountain birch foliage near a nickel-copper smelter at Monchegorsk,north-western Russia: results of long-term monitoring, *Environ. Pollut.* 135:91–99.
- Li, N., Kang, Y., Pan, W., Zeng, L., Zhang, Q., & Luo, J. (2015). Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. *Science of the total environment*, 521, 144-151.
- 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.
- Loppi, S., & Pirintsos, S. A. (2003). Epiphytic lichens as sentinels for heavy metal pollution at forest ecosystems central Italy). *Environmental Pollution*, 121(3), 327-332.

- Martín, J. R., De Arana, C., Ramos-Miras, J. J., Gil, C., & Boluda, R. (2015). Impact of 70 years urban growth associated with heavy metal pollution. *Environmental pollution*, 196, 156-163.
- Mossi, M. M. (2018). Çalı Formundaki Bazı Peyzaj Bitkilerinde Ağır Metal Birikiminin Belirlenmesi. Doktora Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı*. Kastamonu, Türkiye.
- Norouzi, S., Khademi, H., Cano, A. F., & Acosta, J. A. (2015). Using plane tree leaves for biomonitoring of dust borne heavy metals: a case study from Isfahan, Central Iran. *Ecological indicators*, 57, 64-73.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M. & Pehlivan, M. (2009). Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. *Alinteri Dergisi*, 17,14-26.
- Ozel H. B., Ozel H. U., Varol T. (2015) Using Leaves of Oriental Plane (*Platanus orientalis* L.) to Determine the Effects of Heavy Metal Pollution Caused by Vehicles. *Pol. J. Environ. Stud.* 24 (6), 2569-2575
- Özel, S.. (2019). Bazı Meyve Ağacı Organellerinde Ağır Metal Birikiminin Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. *Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Pak, O. (2011). An Investigation of Some Heavy Metal Pollution Along the TEM Motorway Soils in Kırklareli, *Namık Kemal University Graduate School of Natural and Applied Sciences Main Science Division of Soil Science and Plant Nutrition, MSc. Thesis*. Tekirdağ
- Panyushkina, I. P., Shishov, V. V., Grachev, A. M., Knorre, A. A., Kirdeyanov, A. V., Leavitt, S. W., Vaganov, E.A., Chebykin E.P., Zhuchenko, N.A., Hughes, M. K. (2016). Trends in elemental concentrations of tree rings from the Siberian Arctic. *Tree-ring research*, 72(2), 67-77.
- Patel, K. S., Sharma, R., Dahariya, N. S., Yadav, A., Blazhev, B., Matini, L., & Hoinkis, J. (2015). Heavy metal contamination of tree leaves. *American Journal of Analytical Chemistry*, 6(08), 687.
- Paul, D. (2017). Research on heavy metal pollution of river Ganga: A review. *Annals of Agrarian Science*, 15(2), 278-286.
- Pearson, J., Wells, D., Sellar, K., Bennett, A., Soares, A., Woodall, J., Ingrouille M., (2000). Traffic exposure increases natural <sup>15</sup>N and heavy metal concentrations in mosses, *New Phytol.* 147:317–326.
- 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

- Perone, A., Coccozza, C., Cherubini, P., Bachmann, O., Guillong, M., Lasserre, B., Marchetti, M., Tognetti, R. (2018). Oak tree-rings record spatial-temporal pollution trends from different sources in Terni (Central Italy). *Environmental Pollution*, 233, 278-289.
- Petrova, S., Yurukova, L., & Velcheva, I. (2014). Possibilities of using deciduous tree species in trace element biomonitoring in an urban area Plovdiv, Bulgaria). *Atmospheric Pollution Research*, 5(2), 196-202.
- Pınar, B., (2019). Bazı Peyzaj Bitkilerinde Ağır Metal Birikiminin Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. *Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kastamonu*.
- Piczak, K., Leśniewicz, A. and Żyrnicki, W. (2003). Metal Concentrations in Deciduous Tree Leaves from Urban Areas in Poland. *Environ. Monit. Assess.* 86: 273–287.
- Popek, R., Łukowski, A., Bates, C., & Oleksyn, J. (2017). Accumulation of particulate matter, heavy metals, and polycyclic aromatic hydrocarbons on the leaves of *Tilia cordata* Mill. in five Polish cities with different levels of air pollution. *International journal of phytoremediation*, 19(12), 1134-1141.
- Pourrut, B., Shahid, M., Douay, F., Dumat, C., Pinelli, E. (2013). Molecular Mechanisms Involved in Lead Uptake, Toxicity and Detoxification in Higher Plants, In: Heavy Metal Stress in Plants, *Springer*, pp. 121–147.
- Qian, X., Yang, M., Wang, C., Li, H., & Wang, J. (2018). Leaf magnetic properties as a method for predicting heavy metal concentrations in PM<sub>2.5</sub> using support vector machine: A case study in Nanjing, China. *Environmental pollution*, 242, 922-930.
- Saha, N., Rahman, M. S., Ahmed, M. B., Zhou, J. L., Ngo, H. H., & Guo, W. (2017). Industrial metal pollution in water and probabilistic assessment of human health risk. *Journal of environmental management*, 185, 70-78.
- Saleh, E.A.A. (2018). Determination of heavy metal accumulation in some landscape plants, *Kastamonu university institute of science department of forest engineering, ph.d. Thesis. Kastamonu*
- Sarı, B. & Ören, M. (2016). Safranbolu İlçesi (Karabük) Briyofit Florası. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 16(1). 157-168.
- Schreck, E., Foucault, Y., Sarret, G., Sobanska, S., Cécillon, L., Castrec R. M. & Uzu Dumat C. (2012). Metal and metalloid foliar uptake by various plant species exposed to atmospheric industrial fallout: mechanisms involved for lead. *Sci. Total Environ.* 427–428, 253–262.

- Sevik, H., Guney, D., Karakas, H., Aktar, G. (2012) Change to amount of chlorophyll on leaves depend on insolation in some landscape plants. *International Journal of Environmental Sciences*, 3,1057-1064.
- Sevik, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Özel, H. U., & Erdem, T. (2019). 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.
- Shahid, M., Austruy, A., Echevarria, G., Arshad, M., Sanaullah, M., Aslam, M., ... & Dumat, C. (2014). EDTA-enhanced phytoremediation of heavy metals: a review. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 23(4), 389-416.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalida, S., Schreck, E., Xiong, T. & Nabeel 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.
- Shahid, M., Khalid, S., Abbas, G., Shahid, N., Nadeem, M., Sabir, M., Aslam, M., Dumat C. (2015). Heavy metal stress and crop productivity, in: K.R. Hakeem Ed.), *Crop Production and Global Environmental Issues SE – 1*, Springer International Publishing, 1–25.
- Su, Y., Liang, Y. (2015) Foliar uptake and translocation of formaldehyde with Bracket plants (*Chlorophytum comosum*), *J. Hazard. Mater.* 291, 120–128.
- Szczepaniak, K. & Biziuk, M. (2003). Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution, *Environ. Res.* 93 221–230.
- Taylan, Z. S., & Böke Özkoç Hülya. (2007). Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği. *Baü Fbe Dergisi*, Cilt:9, Sayı:2, 17-33.
- Taylan, Z. S., & Özkoç, H. B. (2016). Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 17-33.
- Temmerman, D.L., Ruttens, A., Waegeneers, N.,(2012). Impact of atmospheric deposition of As, Cd and Pb on their concentration in carrot and celeriac, *Environ. Pollut.* 166:187–195.
- Tomasevic, M., Anicic, M. (2010) Trace element content in urban tree leaves and SEM-EDAX characterization of deposit-ed particles. *Physics, Chemistry and Technology*, 8; 1-13.

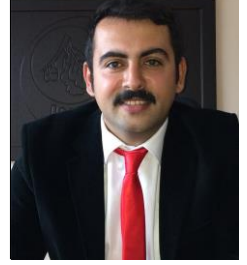


- Tomašević, M., Vukmirović, Z., Rajšić, S., Tasić, M., & Stevanović, B. (2005). Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area. *Chemosphere*, 61(6), 753-760.
- Tošić, S., Alagić, S., Dimitrijević, M., Pavlović, A., & Nujkić, M. (2016). Plant parts of the apple tree (*Malus* spp.) as possible indicators of heavy metal pollution. *Ambio*, 45(4), 501-512.
- Turan, D., Kocahakimoglu, C., Kavcar, P., Gaygısız, H., Atatanir, L., Turgut, C. & Sofuoğlu, S.C. (2011). The use of olive tree (*Olea europaea* L.) leaves as a bioindicator for environmental pollution in the Province of Aydın, Turkey. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 18, 355–364.
- Turkyilmaz A, Sevik H, Cetin M (2018d). The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*, 14 (1), 115-120
- Turkyilmaz A., Sevik H., Isinkaralar K, Cetin M (2018a) Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition, *Environmental Science and Pollution Research*, DOI: 10.1007/s11356-018-3962-2
- Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh, E. A. A. (2018c). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 1-14.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M. Saleh, E.A.A. (2018e) Changing of Heavy Metal Accumulation Dependent on Traffic Density in Some Landscape Plants, *Polish Journal of Environmental Studies*. 27(5): 2277-2284
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., Cetin, M. (2018b). Using Acer platanoides annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(10), 578.
- Turunen M, Huttunen S (1990) A review of the response of epicuticular wax of conifer needles to air pollution. *J Environ Qual* 19: 35-45
- Türkmen, M., Mutlu, E., Zebel, S., & Türkmen, A. (2018). Assessment of Heavy Metal Accumulation in Some Fish Species from Batlama Stream, Eastern Black Sea Coast. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(7), 858-862.
- Uzu, G., Sobanska, S., Sarret, G., Munoz, M., Dumat, C., (2010). Foliar lead uptake by lettuce exposed to atmospheric fallouts, *Environ. Sci. Technol.* 44, 1036–1042.
- Xu, J., Jing, B., Zhang, K., Cui, Y., Malkinson, D., Kopel, D., Song, K. & Da, L. (2017). Heavy metal contamination of soil and tree-ring in urban forest around highway in Shanghai, China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23(7), 1745-1762.

- Yang, Y., Song, Y., Scheller, H. V., Ghosh, A., Ban, Y., Chen, H., & Tang, M. (2015). Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Robinia pseudoacacia* in uncontaminated and heavy metal contaminated soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 86, 146-158.
- Yiğit, 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.,
- Zolgharnein, J., Bagtash, M., Feshki, S., Zolgharnein, P., & Hammond, D. (2017). Crossed mixture process design optimization and adsorption characterization of multi-metal (Cu (II), Zn (II) and Ni (II)) removal by modified *Buxus sempervirens* tree leaves. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 78, 104-117.
- Zolgharnein, J., Shahmoradi, A., Zolgharnein, P., & Amani, S. (2016). Multivariate optimization and adsorption characterization of As (III) by using *fraxinus* tree leaves. *Chemical Engineering Communications*, 203(2), 210-223.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Oğuzhan ÇOBANOĞLU  
Doğum Yeri ve Yılı : Çankırı -1988  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : oguzhan\_cobanoglu@hotmail.com



### Eğitim Durumu

Lise : Çankırı Ilgaz Şehit Nizamettin Yaman Anadolu Lisesi  
(Ilgaz/ÇANKIRI) (2002-2006)  
Lisans : Ankara Üniversitesi / Orman Mühendisliği (2006-2010)  
Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi (2016-2019)

### Mesleki Deneyim

İş Yeri : 2013-2015 Elazığ Orman Bölge Müdürlüğü Muş Orman  
İşletme Müdürlüğünde İşletme Şefi Mühendis  
İş Yeri : 2015-Halen Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Taşköprü  
Orman İşletme Müdürlüğü İşletme Şefi olarak çalışmıştır