T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVADAKİ AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ DEĞİŞİMİNİN İZLENMESİNDE *Cupressus arizonica* YILLIK HALKALARININ KULLANABİLİRLİĞİ

Alican CESUR

Danışman	**Doç. Dr. Mehmet ÇETİN**
Jüri Üyesi	**Prof. Dr. Mohd Nazip SURATMAN**
Jüri Üyesi	**Doç. Dr. Hakan ŞEVİK**

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

KASTAMONU – 2019

TEZ ONAYI

Alican CESUR tarafından hazırlanan "**Havadaki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişiminin İzlenmesinde *Cupressus arizonica* Yıllık Halkalarının Kullanabilirliği**" 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. Mohd Nazip SURATMAN Mara Teknoloji Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi	.....

10./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.

Alican CESUR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAVADAKİ AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ DEĞİŞİMİNİN İZLENMESİNDE *Cupressus arizonica* YILLIK HALKALARININ KULLANABİLİRLİĞİ

Alican CESUR
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet ÇETİN

Son yıllarda artan hava kirliliği önemli boyutlara ulaşmış ve en önemli gündem maddelerinden birisi haline gelmiştir. Hava kirliliği bileşenleri içerisinde ağır metaller ayrı bir önem taşımaktadırlar. Çünkü, ağır metaller doğada kolay kolay yok olmazlar, biyobirikme eğilimindedirler ve bazıları düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya kanserojen etkilere sahiptir. Bundan dolayı havadaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimlerinin izlenmesi son derece önemli bir konudur.

Atmosferdeki ağır metal konsantrasyonunun değişiminin belirlenmesine en çok tercih edilen yol biyomonitorlerdir. Ağaçlar, atmosferdeki ağır metallerin geçmişten günümüze konsantrasyonundaki artışın belirlenmesinde iyi birer biyomonitordürler. Özellikle ağaçların yıllık halkaları yardımıyla havadaki ağır metal konsantrasyonunun değişimi hakkında önemli bilgiler edinilebilmektedir.

Bu çalışmada da Kastamonu ilinin Kışla parkı mevkiinden 2016 yılı sonunda kesilen Servi (Cupressus arizonica) ağacından 2016 yılı aralık ayı içerisinde ana gövdeden alınan kütük üzerinde yıllık halkalar belirlenerek bu seksiyonlarda bazı elementlerin konsantrasyonlarının yıl bazında değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca iç ve dış kabuktaki element konsantrasyonları da belirlenmiştir. Böylece çalışmaya konu elementlerin yön, organel ve yıl bazında değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda genel olarak yola dönük dış kabuktaki element konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğu, elementlerin yıl bazında değişiminin genel itibariyle dalgalı bir seyir izlediği ancak, Cd, Ni, Fe, Ca, Mn ve Pb gibi bazı elementlerin konsantrasyonlarında son yıllarda genel itibariyle bir artış olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, yıllık halka, biyomonitor, Cupressus arizonica

2019, 63 sayfa
Bilim Kodu: 1214

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN AIR THROUGH ANNUAL RINGS: THE CASE OF *Cupressus arizonica* SPECIES

Alican CESUR
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources

Supervisor: Assoc Prof Dr. Mehmet ÇETİN

In recent years, increasing air pollution has reached important dimensions and has become one of the most important agenda items. Heavy metals are the most relevant among the air pollution components. Since heavy metals do not disappear easily in nature, they tend to biodegrade and some have toxic or carcinogenic effects, even at low concentrations. Monitoring of changes in heavy metal concentrations in the air is therefore extremely important.

Biomonitoring is the most preferred way to determine/follow the changes of heavy metal concentration in the atmosphere. Trees are good biomonitors to determine the concentration of heavy metals in the atmosphere in a long time. Annual rings of trees especially hold important information about the changes of heavy metal concentration in the air.

This study aims to determine the change of some heavy metal concentrations in the tree rings of a 21 years olds Cupressus arizonica tree that grows in the center of Kastamonu city.The heavy metal concentrations in the bark and inner bark were also compared with the heavy metal concentrations in the wood and this study also tried to determine the change of heavy metal concentration in the region by year and organelle. In the study, the element concentrations in the inner and outer bark were also determined. Thus the changes in the direction, organelle and year basis of the subject elements are to be determined in this study. As a result of the study, it is determined that the elemental concentrations in the outer bark generally have a higher level and that the change of the elements on a year-by-year basis generally follows a fluctuating course; however, there has been an increase in the concentration of some elements such as Cd, Ni, Fe, Ca, Mn and Pb in recent years.

Key Words: Heavy metal, tree ring, biomonitor, Cupressus arizonica

2019, 63 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. Hakan ŞEVİK ve Prof. Dr. Mohd Nazip SURATMAN'a teşekkür ederim. Çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme teşekkür ederim. Yaptığım tez çalışmasının, bilim dünyasına yararlı olmasını temenni ederim.

Alican CESUR
Kastamonu, Mart, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET TAAHHÜTNAME	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
TABLOLAR DİZİNİ	ix
GRAFİKLER DİZİNİ	x
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	5
2.1. Ağır Metaller Hakkında Genel Bilgiler	5
2.2. Ağır Metal Kirliliğinin Tespitinde Biyomonitor	7
2.3. Cupressus arizonica Hakkında Genel Bilgiler	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	12
4. BULGULAR	18
4.1. Bi Elementinin Değişimi.	18
4.2. Cd Elementinin Değişimi	20
4.3. Ni Elementinin Değişimi	22
4.4. Li Elementinin Değişimi	24
4.5. Fe Elementinin Değişimi	27
4. 6. Cr Elementinin Değişimi	29
4. 7. Ba Elementinin Değişimi	31
4. 8. Ca Elementinin Değişimi	33
4. 9. Zn Elementinin Değişimi	35
4. 10. Mn Elementinin Değişimi	37
4. 11. Pb Elementinin Değişimi	40
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	43
6. ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	63

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 2	Korbondioksit
O 2	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

TABLOLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4.1. Bi (ppb) Elementinin Organel Bazında Değişimi	18
Tablo 4.2. Bi (ppb) Elementinin Yıl Bazında Değişimi	19
Tablo 4.3. Cd (ppb) Elementinin Organel Bazında Değişimi	20
Tablo 4.4. Cd (ppb) Elementinin Yıl Bazında Değişimi	21
Tablo 4.5. Ni (ppb) Elementinin Organel Bazında Değişimi	22
Tablo 4.6. Ni (ppb) Elementinin Yıl Bazında Değişimi	23
Tablo 4.7. Li (ppb) Elementinin Organel Bazında Değişimi	25
Tablo 4.8. Li (ppb) Elementinin Yıl Bazında Değişimi	25
Tablo 4.9. Fe (ppm) Elementinin Organel Bazında Değişimi	27
Tablo 4.10. Fe (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi	28
Tablo 4.11. Cr (ppb) Elementinin Organel Bazında Değişimi	29
Tablo 4.12. Cr (ppb) Elementinin Yıl Bazında Değişimi	30
Tablo 4.13. Ba (ppm) Elementinin Organel Bazında Değişimi	31
Tablo 4.14. Ba (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi	32
Tablo 4.15. Ca (ppm) Elementinin Organel Bazında Değişimi	33
Tablo 4.16. Ca (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi	34
Tablo 4.17. Zn (ppm) Elementinin Organel Bazında Değişimi	35
Tablo 4.18. Zn (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi	36
Tablo 4.19. Mn (ppm) Elementinin Organel Bazında Değişimi	37
Tablo 4.20. Mn (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi	38
Tablo 4.21. Pb (ppm) Elementinin Organel Bazında Değişimi	40
Tablo 4.22. Pb (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi	41

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 4.1. Bi (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi 20
Grafik 4.2. Cd (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi..... 22
Grafik 4.3. Ni (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi 24
Grafik 4.4. Li (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi..... 26
Grafik 4.5. Fe (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi 29
Grafik 4.6. Cr (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi 31
Grafik 4.7. Ba (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi..... 33
Grafik 4.8. Ca (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi..... 35
Grafik 4.9. Zn (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi..... 37
Grafik 4.10. Mn (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi..... 40
Grafik 4.11. Pb (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi..... 42

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Sayfa

Fotoğraf 2.1. *Cupressus arizonica* genel görünümü 10
Fotoğraf 2.2. *Cupressus arizonica* kozalakları 11
Fotoğraf 3.1. Kastamonu ile ve Kışla Parkı'nın Konumu..... 12
Fotoğraf 3.2. Cam petri kaplarına alınan örnekler 14
Fotoğraf 3.3. Mikrodalgadan çıkan örneklerin soğuması için bekletilmesi..... 15
Fotoğraf 3.4. Analizlerin yapıldığı ICP-OES cihazı 16

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artışı ile beraber insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için yaşam, sağlık gıda ve barınma gibi ihtiyaçları da aynı oranda artmaktadır. Dolayısıyla artan ihtiyaçlar ile beraber çevre de aynı hızda kirlenmektedir. Çevrenin kirlenmesi iki yolla gerçekleşmektedir. Doğal yollar yani insan dışındaki tüm canlıların atıkları ve insanların direkt atıklarıdır. Doğal yol ile kirlenmede doğa geri dönüşüm mekanizması ile kirliliği kısa sürede temizleyebilmektedir (Turkyilmaz vd., 2018a)

İnsan kaynaklı kirlenmeler, özellikle endüstriyel faaliyetler veya taşıtların egzoz dumanlarından kaynaklanan kirlilikler doğada uzun süre kalarak insanlar üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Dünyanın atmosferi temel olarak oksijen (O_2), azot (N_2) ve karbon dioksitten (CO_2) oluşmaktadır. Ancak, son 30 ile 40 yıl içinde meydana gelen hızlı ekonomik gelişim, şehirleşme ve endüstrileşme süreci çeşitli kirleticilerin atmosfere yayılmasına sebep olmuş ve atmosferin yani soluduğumuz havanın kalitesini önemli miktarda bozmuştur (Shahid vd., 2017).

Atmosferik kirliliğin boyutu o kadar ciddi boyutlara ulaşmıştır ki dünya genelinde her yıl 6,5 milyondan fazla insanın hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı hayatını kaybettiği bildirilmektedir (Saleh, 2018; Erdem, 2018). 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 kirliliği bileşenleri içerisinde ağır metaller ayrı bir önem taşımaktadırlar. Çünki, ağır metaller doğada kolay kolay yok olmazlar, biyobirikme eğilimindedirler ve bazıları düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya kanserojen etkilere sahiptir (Turkyilmaz vd., 2018b). Ağır metaller arasında As, Ni, Zn, Cr, Pb, Cd ve V gibi ağır metaller çoğunlukla endüstriyel kaynaklıdırlar ve kanserojendirler. Özellikle potansiyel toksisiteleri ve yaşayan organizmalara etkileri bakımından Pb, Cr, As, Cd ve Hg en toksik ağır metaller arasındadır (Shahid vd., 2017; Pınar, 2019).

Yapılan çalışmalar metallerin tamamına yakınının belirli bir miktarın üzerinde alındığında toksik etki oluşturduğunu göstermektedir. Bitkiler dahil yaşayan organizmalar için Mn, Zn, Cr, Cu, Fe ve Ni gibi mikrobesinlerin gerekli olmasına rağmen bunlar da yüksek konsantrasyonlarda zararlı etkiler oluşturabilirken; Hg, Cd, As ve Pb gibi ağır metaller ise yaşayan organizmalar için düşük konsantrasyonlarda dahi ciddi toksisite oluşturabilmektedirler (Turkyilmaz vd., 2018c, Pınar, 2019).

Özellikle havada biriken ağır metallerin yağmur suyu ile birlikte yeryüzüne inmesi, solunum yolu ile havadaki kirliliğin teneffüs edilerek insanlarında bir çok hastalığa sebep olmaktadır. Ağır metaller doğada bozulmadan uzun süre kalabilmekte ve çevredeki konsantrasyonu da sürekli artmaktadır. Bundan dolayı ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi, riskli bölgelerin ve risk düzeyinin tespit edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Turkyilmaz vd., 2018a).

Ancak, atmosfer kirliliğinin direkt olarak belirlenmesinde iki önemli problem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi pahalı olması bir diğeri de atmosferik kirliliğin ekosistem üzerindeki direkt etkisinin belirlenememesidir (Turkyilmaz vd., 2018a). Ayrıca direkt olarak yapılan ölçümler ile atmosferdeki geçmiş yıllardaki ağır metal konsantrasyonunun seviyesi hakkında bilgi edinebilmek mümkün olamamaktadır.

Bitkiler, ağır metalleri çeşitli organellerinde biriktirerek bu metallerin havadaki konsantrasyonu hakkında önemli bilgiler verebilmektedir. Dolayısıyla hava kirliliğinin dolaylı yoldan belirlenmesinde bitkiler, özellikle uzun ömürlü ağaçlar önemli bilgiler sağlayabilmektedirler. Ağaçlar uzun yıllar boyunca, özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerde fosil yakıtlarından kaynaklanan ağır metalleri gövdesinde, köklerinde, meyvelerinde, kabuklarında ve yapraklarında biriktirerek zamanla havadaki ağır metal konsantrasyonundaki artışın seyrini gösterebilmektedirler. Bitkiler havadaki ağır metal kirliliğini en iyi gösteren biyoindikatörlerdir (Shahid vd., 2017; Janta ve Chantara, 2017; Turkyilmaz vd., 2018a)

Ağır metal birikimi esas itibariyle toprakta görülmektedir. Ancak gerek bitkilerin kökleri ile topraktaki ağır metalleri bünyelerine alması, gerekse toprak üstü aksamlarında havadan bünyelerine aldıkları ağır metalleri biriktirmeleri onları iyi

birer indikatör yapmaktadır. Bundan dolayı ağaçların çeşitli organelleri ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesinde uzun yıllardır kullanılmaktadır (Sawidis vd., 2011; Shahid vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2018c; Özel, 2019).

Ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesinde en çok kullanılan organeller yapraklardır. Bunun başlıca sebepleri, yaprakların fotosentez esnasında stomaları vasıtasıyla ağır metalleri bünyelerine alarak biriktirmeleri, yaprakları toplamanın ağaca kalıcı zarar vermemesi, yaprakların yaşları bilindiğinden biriken ağır metalin ne kadar süreç içerisinde biriktiğinin bilinmesi olarak sayılabilir. Aslında ağaçlar; mantarlar, algler ve yosunlara kıyasla daha iyi indikatör değillerdir. Fakat ağaçların şehirlerin her tarafında kullanılması ve diğer indikatör bitkilere kıyasla daha uzun yaşaması onlar üzerinde yapılan araştırmalarda bilim insanlarına geçmişten günümüze kadar geçen zamanda havadaki ağır metal kirliliğindeki artış hakkında daha fazla bilgi vermektedir (Sawidis vd., 2011; Shahid vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2018a)

Özellikle uzun yıllar trafiğin yoğun olduğu yerlerde yaşayan ağaçlar, bu bölgedeki ağır metal birikimi konusunda önemli bilgiler verebilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda kullanılan tek yıllık yani herdemyeşil olmayan ağaçların yaprakları vejetasyon mevsimi sonunda toplanılarak vejetasyon mevsimi içerisinde oluşan ağır metal kirliliği konusunda önemli bilgiler edinilebilmektedir ve bu konuda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Mossi, 2018; Saleh, 2018; Ozel vd., 2015).

Çam, ladin, göknar gibi ibreleri uzun yıllar ağaç üzerinde kalan ve ibre yaşları net olarak belirlenebilen türlerin ibreleri ise yakın geçmişteki ağır metal birikiminin belirlenmesi konusunda oldukça elverişlidir. Ancak bu yolla en fazla 8-10 yıllık geçmişe dair bilgiler elde edilebilmektedir (Turkyilmaz vd., 2018a,d).

Daha uzun süre öncesine dair bilgilerin elde edilmesi için ise ağaçların başka organelleri kullanılmaktadır. Ülkemiz gibi kış mevsiminin görüldüğü bölgelerde ağaçlar kışın dormansi durumuna geçmekte ve böylece yıllık halkalar oluşmaktadır. Uzun süreç içerisinde ağaçların yıllık halkalarında biriktirdikleri ağır metaller bize havadaki kirliliğin geçmişi hakkında önemli bilgiler verebilmektedir. Zira ağaçlarda

yıllık halkalar ağacın yaşı ile ilgilidir ve binlerce yıl yaşayabilen ağaçlar bulunmaktadır. Ağaçların yıllık halkaları kirliliğin bir göstergesi olarak kullanılabilirler ve ağacın yetiştiği yerde kirliliğe sebep olan element dağılımı ve kronolojisi hakkında önemli bilgiler sağlayabilirler (Beramendi- Orosco vd., 2013; Turkyilmaz vd., 2018a; Akarsu, 2019).

Bu çalışmada; Kastamonu kent merkezinde yetişen ve 21 yaşında olduğu anlaşılan bir *Cupressus arizonica* ağacının yıllık halkalarındaki bazı ağır metal konsantrasyonlarının yıl bazında değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca kabuk ve iç kabuktaki ağır metal konsantrasyonları odundaki ağır metal konsantrasyonları ile de karşılaştırılmış ve bölgedeki ağır metal konsantrasyonunun yıl ve organel bazındaki değişimi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Ağır Metaller Hakkında Genel Bilgiler

Genel olarak yoğunluğu 5 g/cm³' den daha fazla olan veya atom ağırlığı 50 ve üzeri olan elementlere ağır metaller denilmektedir. Normal şartlar altında havada ağır metal konsantrasyonları oldukça düşük seviyelerdedir. Bilindiği üzere dünyanın atmosferi temel olarak oksijen (O_2), azot (N_2) ve karbon dioksitten (CO_2) oluşmaktadır ve atmosfer bileşiminde ağır metal konsantrasyonları oldukça düşük seviyelerdedir. Ancak özellikle son yıllarda sanayide meydana gelen değişim ve gelişimler atmosferdeki ağır metal konsantrasyonunun önemli ölçüde artmasına neden olmuştur (Shahid vd., 2017; Akarsu, 2019).

Endüstriyel ve trafik faaliyetlerinden kaynaklanan ağır metal yayılımı, atmosferik kirlenmenin en önemli kaynaklarındandır (Uzu vd., 2011; Mossi, 2018). Atmosferin ağır metaller tarafından kirletilmesi; atık yakma, evlerde petrol türevlerinin yakılması, enerji üretim santralleri, endüstriyel birimler ve araç trafiği gibi sabit veya mobil kaynaklardan kaynaklanmaktadır (Manno vd., 2006).

Metaller atmosfere hem antropojenik yani insan kaynaklı hem de doğal kaynaklardan salınabilmektedirler (Shahid vd., 2015; Saher ve Siddiqui, 2016). Ancak, antropojenik faaliyetler kaynaklı atmosfere ağır metal salımı doğal salıma göre birkaç kez daha yüksektir (Shahid vd., 2017). Doğal veya antropojenik kaynaklardan havaya salınan ağır metaller uzun mesafelere taşınabilir. Bundan dolayı, kentsel alanlar veya endüstriyel birimlere yakın bölgelerde atmosferde (Moreno vd., 2010; Uzu vd., 2011), toprakta (Cutillas vd., 2016), tarımsal ürünlerde (Schreck vd., 2012; Xiong vd., 2016; Poblaciones ve Rengel, 2016), bitkilerde (Erdem, 2018; Özel, 2019; Pınar, 2019) ve su rezervuarlarında (Chen vd., 2016; Abid vd., 2016; Shakoor vd., 2015) ağır metal konsantrasyonlarının daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu belirtilmektedir.

Ağır metaller insan sağlığı açısından ise ayrı bir öneme sahiptirler. Bunun başlıca sebebi düşük konsantrasyonlarda bile toksik etkiye sahip olabilmeleri ve insan

vücudunda biyobirikme yapabilmeleridir (Turkyilmaz vd., 2018a,b). Ayrıca hemen hemen bütün metaller belirli konsantrasyonların üzerinde toksik etki oluşturabilmektedirler. Ağır metaller içerisinde arsenik (As), civa (Hg), kurşun (Pb), krom (Cr) ve kadmiyum (Cd) en toksik ağır metallerdendir (Akarsu, 2019). Bunlara ek olarak Arsenik (As), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), krom (Cr), çinko (Zn), nikel (Ni) ve vanadyum (V) gibi ağır metaller ayrıca kanserojendirler (Shahid vd., 2017).

Ağır metallerden manganez (Mn), çinko (Zn), krom (Cr), bakır (Cu), nikel (Ni), demir (Fe) gibi elementler aynı zamanda mikrobesinlerdir ve canlıların bir çoğu için gereklidir. Ancak bu metaller de yüksek konsantrasyonlarda zararlı etkiler oluşturabilmektedirler (Harguinteguy vd., 2016; Erdem, 2018; Akarsu, 2019).

Ağır metal kirliliğinin başlıca sorumlusu olarak endüstriyel faaliyetler gösterilmektedir. Ağır metaller endüstri için gereklidir. Ancak, endüstri için gerekli olan minerallerin çıkarılması ve farklı endüstriyel işlemlerde kullanılması, özellikle çevresel kirlilik açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Kimyasal maddeler, çevreye bulaştığı noktada sabit kalmamakta, aktif ve pasif hareketler ile hava, su, toprak ve canlı sistem içerisinde taşınmakta ve dağılmaktadırlar (Aslanhan, 2012; Goix vd., 2015; Akarsu, 2019; Pınar, 2019). Bu süreç içerisinde hem havadan doğrudan solunum ile insanlar tarafından alınması hem de havadan toprağa, topraktan bitkilere, bitkilerden de besin zinciri yoluyla hayvan ve insanlara ulaşmaları, ağır metalleri sağlık açısından oldukça ciddi bir tehdit durumuna getirmektedir (Aslanhan, 2012; Erdem, 2018; Akarsu, 2019).

Hava kirliliği sorunu, dünya genelinde özellikle yerleşim birimlerinde ısınma için kullanılan yakıtlar, endüstriyel faaliyetler, enerji sağlama ve ulaşım araçlarına bağlı olarak artmaktadır. Bu sorun öyle ciddi boyutlara ulaşmıştır ki Dünya genelinde yılda yaklaşık 6,5 milyon insanın hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı hayatını kaybettiği belirtilmekte ve bu ölümlerin bir çoğu ağır metaller ile ilişkilendirilmektedir (Bayram vd., 2006; Aslanhan, 2012; Turkyilmaz vd., 2018c; Erdem, 2018). Nitekim 5-9 Aralık 1952 tarihlerinde Londra'da pnömoni ve bronşit gibi solunum hastalıkları ile ilişkili rahatsızlıkların bir sonucu olarak 4000 civarında kişi hayatını kaybetmiş ve benzer şekilde sonraki bir kaç ay kirli havanın etkileri

8000 kişinin daha ölümüne neden olmuştur. Kurbanlardan alınan örneklerin incelenmesi neticesinde akciğerlerinin Pb, Zn ve Fe gibi ağır metalleri içeren çok yüksek seviyedeki çok küçük partiküller ile kontamine olduğu belirlenmiştir (Chris Deziel, 2016; Shahid vd., 2017; Mossi, 2018).

Dünya genelinde hava ve özellikle ağır metal kirliliği günden güne artmakta ve daha ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Dünya'da hava kirletici emisyonlarında 2030 yılına kadar beş katlık bir artış olacağı tahmin edilmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde hızlı kentleşme ve enerji tüketiminin artışı ile birlikte kirlilik miktarı insan sağlığını tehdit edecek düzeye ulaşmıştır (Erdem, 2018).

2.2. Ağır Metal Kirliliğinin Tespitinde Biyomonitor

Ağır metallerin insan ve çevre sağlığına potansiyel etkileri dolayısıyla ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve riskli bölgelerin belirlenmesi konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar direkt ve indirekt yani doğrudan ve dolaylı ölçümler olarak gruplandırılabilir. Ancak, atmosfer kirliliğinin direkt olarak belirlenmesi; pahalı olması, atmosferik kirliliğin ekosistem üzerindeki direkt etkisinin belirlenememesi ve ölçüm zamanından önceki dönemlere ait veri sağlayamaması dezavantajlarına sahiptir (Alahababadi vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2018a).

Ağır metal konsantrasyonunlarının atmosferdeki değişiminin belirlenmesinde en sık kullanılan yöntem ise biyomonitorlerin (biyoindikatörlerin) kullanımıdır. Biyoindikatör olarak özellikle sulardaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde midye, istiridye, algler, bitkiler, balıklar, kabuklu canlılar başta olmak üzere çok sayıda canlı kullanılabilmektedir (Taylan ve Özkoç, 2016; Çavuşoğlu vd., 2016; Türksönmez vd., 2017; Türkmen vd., 2018).

Havadaki ağır metal konsantrasyonunun izlenmesinde ise en çok kullanılan biyomonitorlerden birisi likenlerdir. Uzun yıllar boyunca likenlerde 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 en sık kullanılan bir diğer canlı grubu yosunlardır. 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 (Čeburnis ve Steinnes, 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 bilinememekte ve bu durum elde edilen verilerin güvenilirliğinin sorgulanmasına sebep olmaktadır.

Bundan dolayı bir yıllık bitkiler üzerinde yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda ayçiçeği (Gallego vd., 1996), *Brassica juncea* (John vd., 2012), *Dicerocaryum eriocarpum* (Jones vd., 2016), *Arabidopsis halleri* (Stolpe vd., 2017), *Noccaea caerulescens* (Callahan vd., 2016) gibi tek yıllık veya tarım bitkilerinin yanı sıra *Platanus orientalis* (Ozel vd., 2015; Norouzi vd., 2015), *Prunus persica* (Dimitrijević vd., 2016), *Quercus ilex* (Martín vd., 2015), *Platanus acerifolia* (Liang vd., 2017), *Azadirachta indica* (Alekseeva vd., 2016), *Ficus religiosa* (Patel vd., 2015), *Pinus eldarica* (Alahabadi vd., 2017) gibi yüksek yapılı bitkiler de sıklıkla kullanılmaktadır.

Yüksek yapılı bitkiler pek çok açıdan büyük avantaj sağlamaktadırlar. Bu bitkilerin birçoğunda yapraklar başta olmak üzere odun ve dal gibi organellerinin yaşlarının net olarak belirlenebilmesi en önemli avantajlardandır. Bu konuda yapılan çalışmaların pek çoğunun herdemyeşil olmayan bitkilerin yaprakları konusunda yapıldığı görülmektedir (Erdem, 2018; Mossi, 2018; Saleh, 2018). Herdemyeşil olmayan bitkilerde yapraklar ilkbaharda vejetasyon mevsiminin başlaması ile oluşmakta ve sonbaharda vejetasyon mevsiminin bitmesini takiben dökülmektedir. Dolayısıyla bu yapraklarda yapılan analizler ile ne kadarlık bir sürede birikimin meydana geldiği söylenebilmektedir.

Bunun dışında çam, ladin göknar gibi bazı türlerde çok yıllık yaprak (ibre) oluşmakta ve hangi yaprakların hangi yılda oluştuğu belirlenebilmektedir. Bu yapraklar üzerinde yapılan çalışmalar ile de yakın geçmişe ilişkin verilere ulaşılabilmektedir (Turkyilmaz vd., 2018d).

Servi, ardıç, mazı, sedir, taflan gibi bazı bitkilerde ise yapraklar çok yıllık olmakla birlikte hangi yaprakların ne kadar süre önce oluştuğu ve dolayısıyla yapraklarda tespit edilen ağır metal konsantrasyonunun ne kadar sürede biriktiği net olarak bilinememektedir. Yine de bu bitkilerin yaprakları üzerinde de yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Farahat ve Linderholm, 2015; Severoglu vd., 2015; Zhao vd., 2017; Ying-li vd., 2017)

2.3. *Cupressus arizonica* Hakkında Genel Bilgiler

Cupressus arizonica Güney Kaliforniya, Arizona, Teksas ve Kuzey Meksika'da 1300-2400 m rakımlarda doğal olarak yetişen, 20 m boy ve 6 m. tepe çapı geliştirebilen geniş oval veya pramidal formlu bir ağaçtır (Anonim, 2018). Türün genel görünümü Fotoğraf 2.1.'de verilmiştir.

Fotoğraf 2.1. *Cupressus arizonica* genel görünümü (URL-1, 2019)

Bugün Türkiye'de yetişen erik çeşitlerinin bir kısmı yerli, bir kısmı da yabancı çeşitlerdir (Alwahishi, 2017). Erikler *Prunus cerasifera* (Yeşil erikler, Can erikler), *P. salicina* (Japon erikleri) ve *P. domestica* (Avrupa erikleri) olmak üzere üç türe ayrılmaktadır. Bu türler içinde Can erikleri sofralık ve anaçlık olarak, Japon erikleri sofralık ve teknolojik (reçel, meyve suyu, marmelat vb) olarak, Avrupa erikleri ise kurutmalık ve sofralık olarak tüketilmeye uygundur (Yurdagül ve Fenercioğlu, 2008)

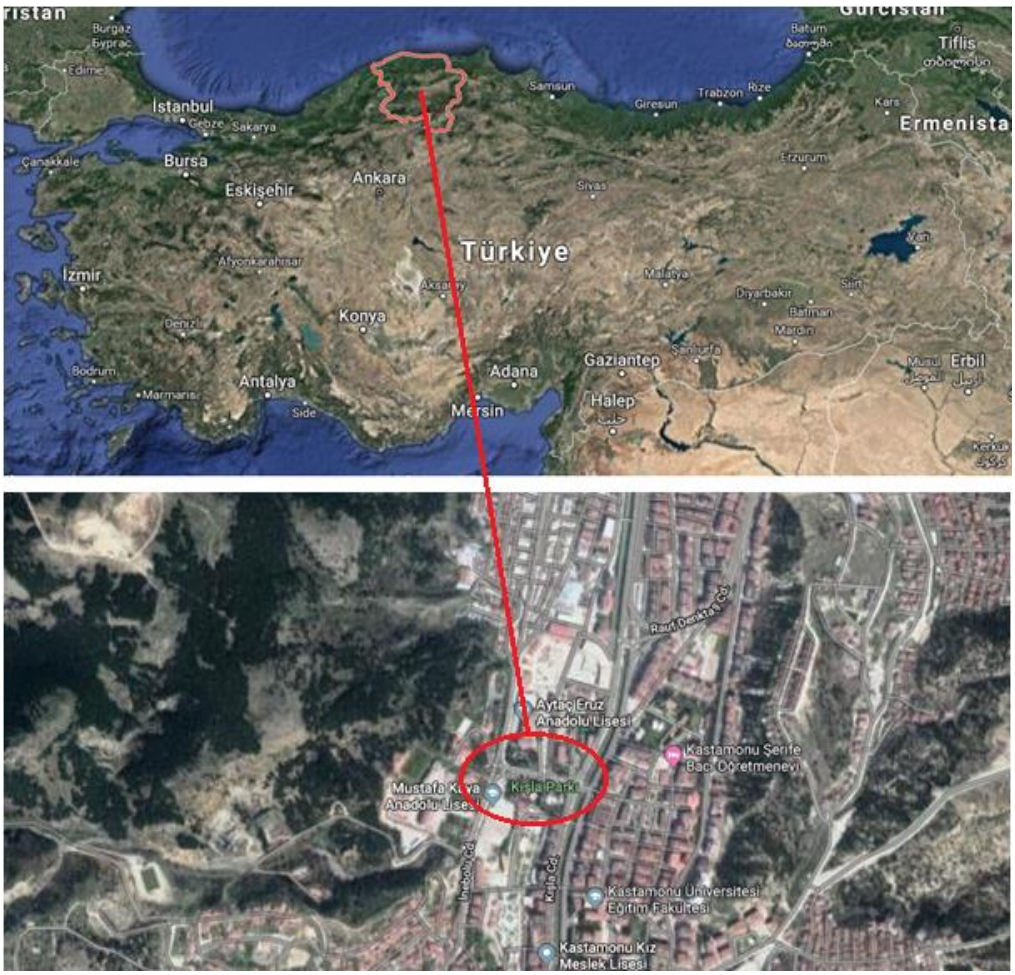
Fotoğraf 2.2. *Cupressus arizonica* kozalakları

Serviler kent ormancılığı açısından da oldukça önemlidir. Çok özel toprak istekleri olmaması, kolay ve ucuz yoldan üretim materyali sağlanabilmesi yanında tepe tacının budamaya uygun olması, canlı çit gibi değişik amaçlarla kullanımına da olanak sağlamaktadır, Serviler, estetik ve dekoratif olarak istenmeyen görüntülerin kapatılması, manzara güzelliğinin pekiştirilmesi, mimari yapıtların ve tarihi eserlerin değerinin yükseltilmesi amaçlarıyla tercih edilebilir. Tepe tacındaki kuru dal ve ibre oranının düşük olması, diğer ibrelilere oranla türün yangına daha dayanıklı olmasını sağlamakta, bu özelliği nedeniyle park ve bahçelerde çevre kirliliği de yaratmamaktadır. Mezarlıklarda, cami ve kilise avlularında diğer kutsal ve anıtsal mekanların çevresinde mimari yapıları vurgulamak amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Sabuncu ve Çalışkan, 2008).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Kastamonu ili Kışla parkı mevkiinden alınan Cupressus arizonica (Mavi Servi) örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında 2016 yılı sonunda kuruyan ağaçtan 2017 yılı ocak ayı içerisinde ana gövdeden alınan kütük üzerinde çalışma gerçekleştirilmiştir.

Kışla parkı Kastamonu kent merkezinde bulunmakta olup insanların en fazla tercih ettiği parklardan birisidir. İçerisinde çocuk oyun alanı ve lokanta da bulunan Kışla parkı trafik yoğunluğu açısından merkeze ulaşımı sağlayan ana caddelerden birisinin yanında yer almaktadır. Fotoğraf 3.1'de Kastamonu ilinin ve Kışla Parkı'nın konumları gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.1. Kastamonu ile ve Kışla Parkı'nın Konumu

Kışla parkında yetişen *Cupressus arizonica* ağacından 2017 yılı ocak ayı içerisinde ana gövdenin yerden yaklaşık 50 cm yüksekliğindeki kısmından örnek alınmıştır. Örnek alınmadan önce anayola bakan cephesi kütük üzerinde işaretlenmiş ve yaklaşık 20 cm kalınlığında alınan dip kütüğü laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarda getirilen kütüğün üst yüzeyi yıllık halkaların daha belirgin şekilde görünebilmesi amacıyla zımparalanmış ve böylece yıllık halkaları pürüzsüz hale getirilmiştir.

Yapılan sayım sonucunda ağacın 21 yaşında olduğu belirlenmiştir. Çelik uçlu matkap yardımı ile dış kabuktan, iç kabuktan ve her yaş aralığındaki odundan içe doğru örnekler alınarak cam petri kaplarına konulmuştur. Yıllık halkalar yeterince geniş olduğundan son 14 yılın yıllık halkalarından her yıl ayrı ayrı olmak üzere odun örnekleri alınmıştır. Ancak, ağaç ilk yıllarda oldukça yavaş büyümüş ve bundan dolayı ilk yıllarda oluşan yıllık halkalar oldukça dar oluşmuştur. Bundan dolayı ağacın merkezindeki ilk 7 yıla ait yıllık halkalar tek bir örnek olarak alınmıştır.

Örnekler alınırken yola dönük ve içe dönük yönlerden ayrı ayrı örnek alınmıştır. Toplamda her iki yönden 15'er adet odun örneği yıl, birer adet ise iç kabuk ve dış kabuk örneği olmak üzere her yönden 17 adet ve toplamda 34 adet örnek değerlendirilmiştir. Cam petri kaplarına alınan örnekler Fotoğraf 3.2.'de gösterilmiştir.

Fotoğraf 3.2. Cam petri kaplarına alınan örnekler

Alınan odun örnekleri parçalanarak talaş haline getirilmiştir. Bu işlemler sırasında çalışmaya konu metallerden imal edilmiş aletlerin kullanılmamasına özen gösterilmiştir. Numuneler 30 gün oda kurusu hale gelene kadar bekletilmiş, sonra etüvde 50°C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Bu şekilde hazırlanan örnekler ağır metal analizleri için Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiş ve mikrodalga cihazı için ön hazırlıkları yapılmıştır.

Örnekler öncelikle toz haline getirilmiş ve 0,5 g kuru örnek tartılarak mikrodalga için tasarlanmış tüplere konulmuştur. Tüplere konulan örneklerin üzerine çekerocakta 10 ml %65'lik HNO_3 ve 2 ml %30'luk H_2O_2 ilave edilmiştir. Hazırlanan örnekler daha sonra mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 ºC'de 20 dakika yakılmıştır. Mikrodalga cihazının programı, 15 dk da 200° C ye çıkıp 15 dk 200° C de kalacak şekilde ayarlanmıştır.

Fotoğraf 3.3. Mikrodalgadan çıkan örneklerin soğuması için bekletilmesi

Mikrodalgadan çıkartılan tüpler soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örnekler üzerine 50 ml'ye tamamlamak için deiyonize su ilave edilmiştir. Örnekler daha sonra filtre kağıdından süzülmüş ve ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektromesi) cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur.

Fotoğraf 3.4. Analizlerin yapıldığı ICP-OES cihazı

Numuneler balonlara alınıp ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlandıktan sonra GBC Integra XL –SDS-270 ICP-OES cihazı ile ağır metal analizleri için hazır hale getirilmiştir. Daha sonra örneklerin analizi için ICP cihazının plazması yakılmış ve dengeye gelmesi için sistemden 15 dk ultra saf su geçirilmiştir. Analiz edilecek elementlere göre standart çözeltiler hazırlanarak kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Kalibrasyon grafiği oluşturulduktan sonra numuneler sisteme verilmiş ve okuma işlemi yapılmıştır. Numune 0,5 gr alınıp su ile 50 gr'a tamamlandığı için analiz sonuçları 100 ile çarpılmıştır. Kalibrasyon grafiği içine düşmeyen analiz sonuçlarına göre ppm veya ppb seviyesinde farklı kalibrasyon grafikleri oluşturularak tekrar okuma yapılmıştır. Çalışmada bütün ölçümler üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

Elde edilen veriler SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiş ve verilere varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizi sonucunda istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunan değerlere Duncan testi uygulanarak homojen gruplar elde edilmiştir. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Bi Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Bi'nin organel bazında yöne bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve organel bazında 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. *Bi (ppb) Elementinin Organel Bazında Değişimi*

Organel	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
Dış kabuk	5426,4 b	2492,4	3959,4
İç kabuk	5721,8 b	1552,2	3637,0
Odun	3802,0 a	3394,51	3598,2
F değeri	6,889	2,991	0,190
Hata	0,002	0,06	0,827

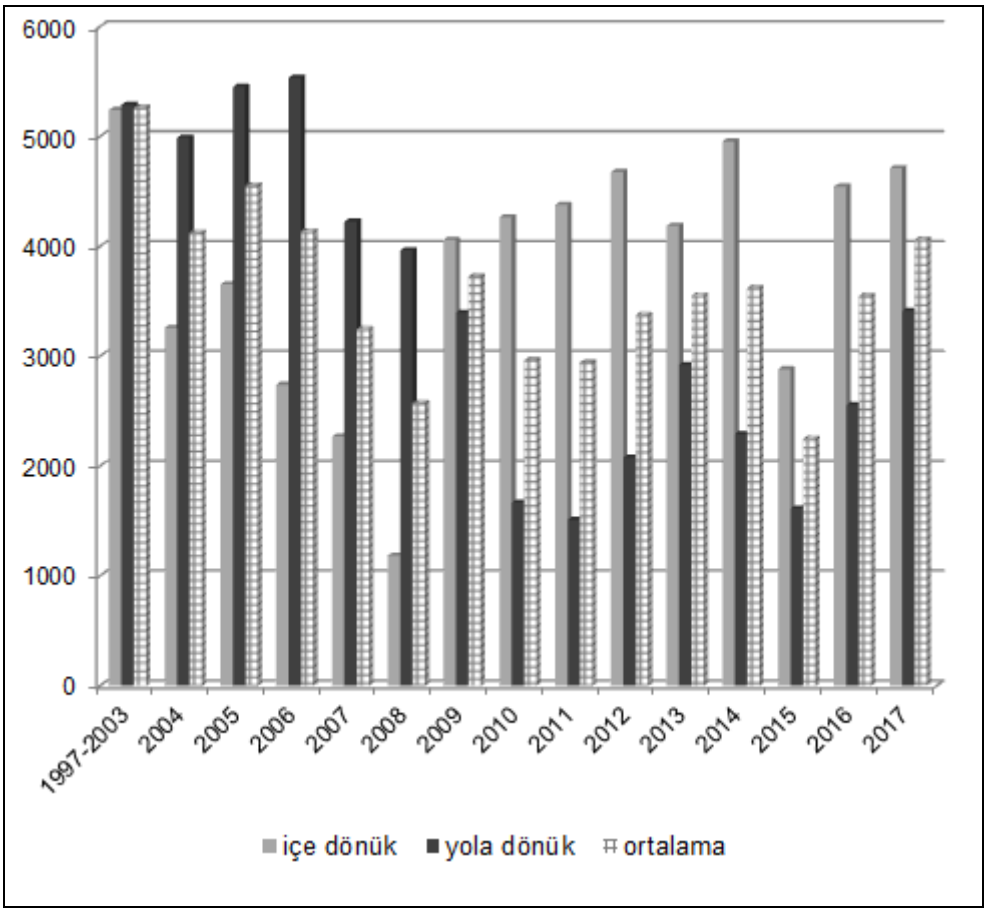
Bi elementinin organel bazındaki değişimi incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre içe dönük kısımda organeller arasında %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunurken, yola dönük ve ortalama değerler bakımından organeller arasında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunmadığı görülmektedir. İçe dönük kısımda en yüksek değer 5721,8 ppb ile iç kabukta elde edilirken Bi konsantrasyonunun dış kabukta 5426,4 ppb ve odunda 3802,0 ppb düzeyinde olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucunda dış kabuk ve iç kabuk değerleri aynı homojen grupta yer alırken odun diğer homojen grupta yer almıştır.

Bi elementinin odunda yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve yıl 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. *Bi (ppb) Elementinin Yıl Bazında Değişimi*

Yaş	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
1997-2003	5243,46 i	5288,80 gh	5266,13 d
2004	3260,60 cd	4990,533 g	4125,56 bcd
2005	3655,13 de	5454,86 h	4555,00 cd
2006	2742,80 bc	5534,73 h	4138,767 bcd
2007	2269,33 b	4228,60 f	3248,96 abc
2008	1186,53 a	3964,60 f	2575,56 ab
2009	4061,06 ef	3395,80 e	3728,43 abc
2010	4265,33 fg	1667,66 a	2966,50 ab
2011	4379,06 fgh	1512,00 a	2945,53 ab
2012	4677,86 ghi	2079,46 b	3378,66 abc
2013	4189,46 efg	2922,80 d	3556,13 abc
2014	4956,75 hi	2291,66 bc	3624,2 abc
2015	2884,06 c	1614,93 a	2249,5 a
2016	4546,06 fgh	2556,53 cd	3551,30 abc
2017	4712,40ghi	3414,66e	4063,53 bcd
F değeri	36,775	105,221	2,676
Hata	0,000	0	0,003

Tablo 4.2. değerlerine göre oluşturulan Grafik 1'de Bi konsantrasyonun yıllara göre değişimi görülmektedir. Tablo ve grafik değerleri incelendiğinde Bi konsantrasyonunun içe dönük kısımda en düşük değerine 2008 (1186,53 ppb), en yüksek değerine ise 1997-2003 (5243,46 ppb) yıllarında, yola dönük kısımda ise en yüksek değerine 2006 (5534,73 ppb), en düşük değerine ise 2011 yılında (1512 ppb) ulaştığı görülmektedir. Grafik incelendiğinde Bi konsantrasyonunun yıl bazında değişiminin genel olarak dalgalı bir seyir izlediği, yola dönük kısımdan alınan örneklerde 2006 yılından itibaren azalmaya başladığı, 2011 yılında en düşük seviyesine indiği bundan sonra 2013 yılına kadar arttığı ve tekrar düşmeye başlayarak 2015 yılına kadar düşmeye devam ettiği ve sonra tekrar yükselişe geçtiği görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde içe dönük kısımdaki değerlerin dışa dönük kısımdakilerden daha yüksek olduğu söylenebilir.



Grafik 4.1. Bi (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

4.2. Cd Elementinin Değişimi

Cd elementinin dış kabuk, iç kabuk ve odunda yöne bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve 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. *Cd (ppb) Elementinin Organel Bazında Değişimi*

Organel	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
Dış kabuk	140,40	131,33	135,86
İç kabuk	80,53	131,00	105,76
Odun	127,65	163,32	145,49
F değeri	0,757	0,348	0,720
Hata	0,475	0,708	0,489

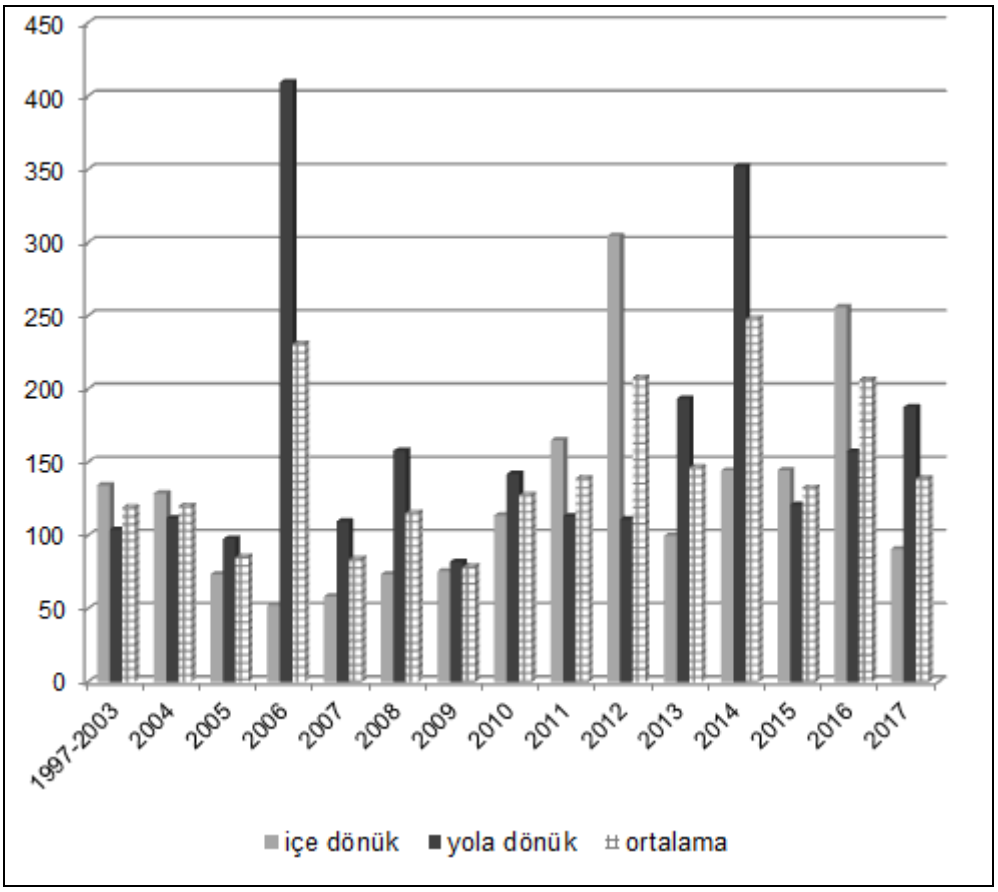
Tablo'da görüldüğü üzere Cd elementinin hem içe dönük, hem yola dönük hem de ortalama değerleri bakımından organeller arasında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır. Değerler incelendiğinde içe dönük

kısımda en yüksek değerin dış kabuk, yola dönük kısımda ise odunda elde edildiği görülmektedir. Ancak varyans analizi sonucunda değerler arasında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyimde anlamlı farklılıklar çıkmadığından bu değerler birbirinden farklı olarak yorumlanamamaktadır. Ayrıca yönler arasında da anlamlı bir fark görülmemektedir. Cd elementinin odun örneklerinde yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve yıl bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar içe dönük, yola dönük ve ortalama değerler bakımından Tablo 4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. *Cd (ppb) Elementinin Yıl Bazında Değişimi*

Yaş	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
1997-2003	134,33de	104,07bc	119,20ab
2004	128,80de	111,67cd	120,23ab
2005	73,33ab	97,80b	85,57a
2006	52,53a	409,53i	231,03cd
2007	58,33a	109,67bcd	84,00a
2008	73,40ab	157,87f	115,63 ab
2009	75,66ab	81,93a	78,80a
2010	113,66cd	142,07e	127,87ab
2011	165,00f	113,13 cd	139,07abc
2012	304,60h	110,93cd	207,77bcd
2013	99,86bc	193,33g	146,60abc
2014	144,33ef	352,00h	248,17d
2015	144,46ef	121,00d	132,73 ab
2016	255,86g	157,27f	206,57bcd
2017	90,66bc	187,67g	139,17 abc
F değeri	71,074	510,972	3,341
Hata	0	0	0

Tablo değerleri incelendiğinde hem içe dönük, hem dışa dönük hem de ortalama değerler bakımından yıllar arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Tablo değerleri ile Tablo değerlerinin grafiği olan Şekil incelendiğinde Cd konsantrasyonunun dışa dönük kısımda 2006 yılında pik yaptığı, bunun dışında ise genel görünüm itibariyle içe dönük kısımda 2012, yola dönük kısımda ise 2014 yılında bir artış seyri izlediği ancak bu tarihlerden sonra azalma eğilimine girdiği görülmektedir. İçe dönük kısımda en düşük değer 2006 yılında (52,53 ppb) en yüksek değer ise 2012 yılında (304,6 ppb) elde edilirken yola dönük kısımda en düşük değer 2009 (81,93 ppb) en yüksek değerler ise 2006 (409,53 ppb) ve 2014 (352,0 ppb) yıllarında elde edilmiştir.



Grafik 4.2. Cd (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

4.3. Ni Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Ni elementinin organel bazında yöne bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve organel 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. *Ni (ppb) Elementinin Organel Bazında Değişimi*

Organel	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
Dış kabuk	1076,06 b	2184,20 b	1630,13 b
İç kabuk	1039,73 b	704,20 a	871,97 a
Odun	791,85 a	881,93 a	836,89 a
F değeri	3,727	42,83	23,69
Hata	0,031	0	0

Tablo 4.5.'de görüldüğü üzere Ni elementinin içe dönük kısımda organel bazında değişimi istatistiki olarak %95 güven düzeyinde anlamlı iken yola dönük ve ortalama

değerleri bakımından organeller arasında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Değerler incelendiğinde içe dönük kısımda iç kabuk ile dış kabuk, yola dönük kısımda ise iç kabuk ile odun aynı homojen gruplardadır. Ortalama değerlere bakıldığında en düşük değerin odunda, en yüksek değerin ise dış kabulta elde edildiği görülmektedir. İç kabukta içe dönük kısımda elde edilen değer yola dönük kısımda elde edilen değerden daha yüksek iken odun ve dış kabukta yola dönük kısımda elde edilen değerler içe dönük kısımda elde edilen değerlerden daha yüksektir. Özellikle dış kabukta yola dönük kısımda elde edilen değerin içe dönük kısımda elde edilen değerden iki kat kadar fazla olması dikkat çekicidir.

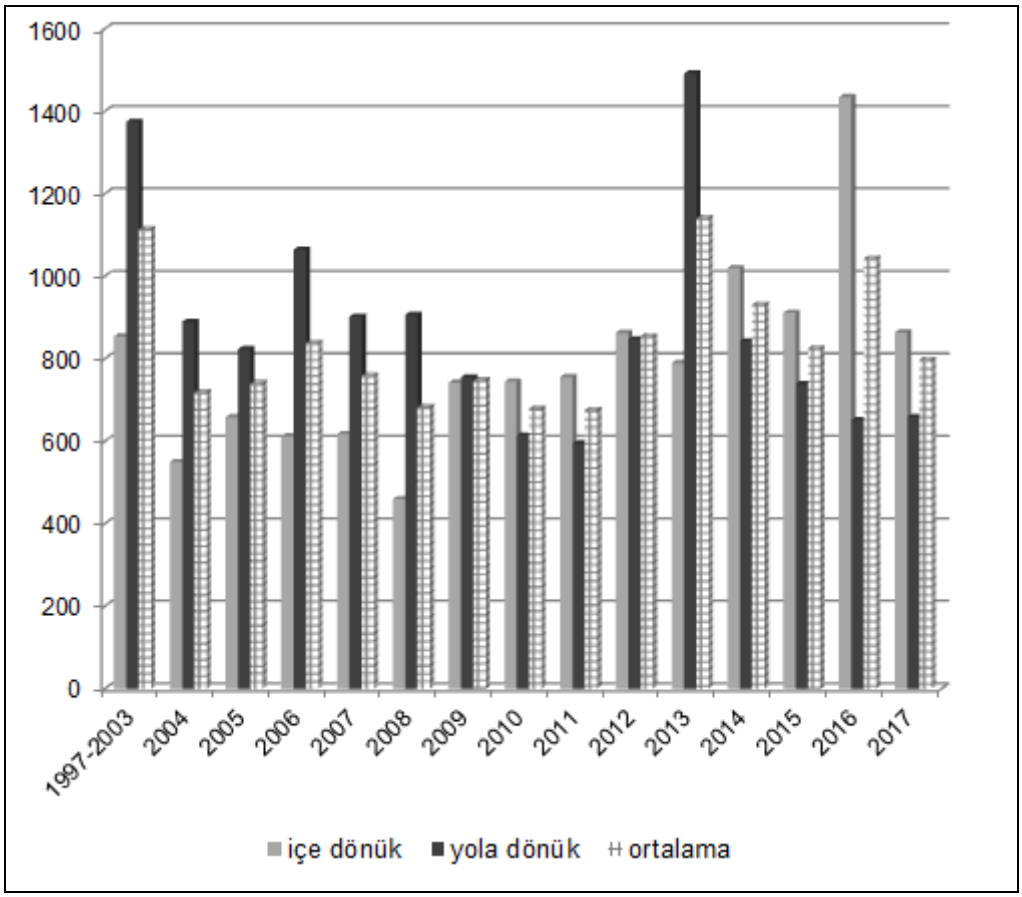
Ni elementinin odun örneklerinde yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve yıl bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar içe dönük, yola dönük ve ortalama değerler bakımından Tablo 4.6.'de verilmiştir.

Tablo 4.6. *Ni (ppb) Elementinin Yıl Bazında Değişimi*

Yaş	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
1997-2003	854,06 fg	1375,00 g	1114,53cd
2004	549,40 ab	889,20 e	719,30a
2005	658,40 bcde	823,47 d	740,93a
2006	612,20 bc	1065,20 f	838,70ab
2007	617,40 bcd	902,07 e	759,73a
2008	460,00 a	906,40 e	683,20a
2009	742,06 cdef	754,80 c	748,43a
2010	745,06 cdef	613,80 a	679,43a
2011	755,73 def	595,07 a	675,40a
2012	862,73 fg	847,13 d	854,93abc
2013	789,73 efg	1492,20 h	1140,97d
2014	1020,08 h	842,87 d	931,48abcd
2015	912,00 gh	738,67 c	825,33ab
2016	1434,80 i	651,53 b	1043,17bcd
2017	864,06 fg	659,29 b	797,83ab
F değeri	27,711	35,487	3,183
Hata	0	0	0,001

Tablo değerleri incelendiğinde içe dönük kısımda değerlerin 460,0 ppb (2008 yılı) ile 1434,8 ppb (2016 yılı) arasında değişirken yola dönük kısımda 595,07 ppb (2011 yılı) ile 1492,2 ppb (2013 yılı) arasında değiştiği görülmektedir. Verilerin ve değişimin daha kolay algılanabilmesini sağlamak amacıyla hazırlanan grafik

incelendiğinde, içe dönük kısımda Ni konsantrasyonunun genel olarak yatay bir seyir izlerken 2016 yılında en yüksek seviyeye çıktığı ve 2017 yılında düştüğü görülmektedir. Yola dönük kısımda ise ilk yıllarda daha yüksek seviyelerde iken daha sonra düşmeye başladığı, 2011 yılında en düşük seviyeye düştükten sonra artışa geçerek 2013 yılında en yüksek seviyeye ulaştığı ve bundan sonra düşmeye başladığı görülmektedir.



Grafik 4.3. Ni (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

4.4. Li Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Li elementinin dış kabuk, iç kabuk ve odunda yöne bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları ile yöne bağlı olarak ortalama değerler Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. *Li (ppb) Elementinin Organel Bazında Değişimi*

Organel	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
Dış kabuk	848,2 a	814,66ab	831,43
İç kabuk	1474,0 b	566,73a	1020,40
Odun	1291,4 b	981,69b	1136,59
F değeri	4,012	7,269	3,094
Hata	0,024	0,002	0,050

Li elementinin organel bazında yöne bağlı değişimleri incelendiğinde, istatistiki olarak organeller arasında içe dönük yönde %95, yola dönük yönde ise %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar olduğu görülmektedir. Değerler incelendiğinde içe dönük yönde en yüksek değerin iç kabuk, en düşük değerin dış kabukta elde edildiği görülürken yola dönük yönde en yüksek değerin odun, en düşük değerin ise iç kabukta elde edildiği görülmektedir. Ortalama değerler bakımından en yüksek değerler odunda elde edilmiştir. Li elementinin odun örneklerinde yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve yıl bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar içe dönük, yola dönük ve ortalama değerler bakımından Tablo 4.8.'de verilmiştir.

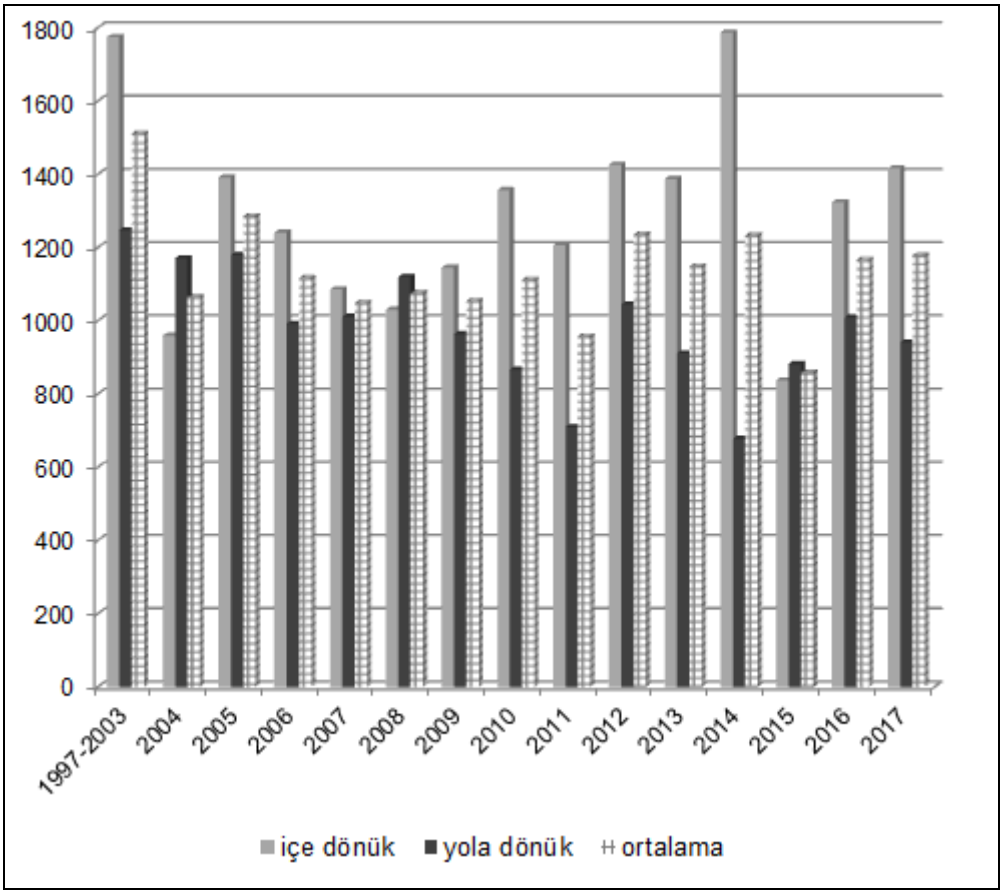
Tablo 4.8. *Li (ppb) Elementinin Yıl Bazında Değişimi*

Yaş	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
1997-2003	1775,00 e	1247,60 f	1511,30
2004	959,46 ab	1170,80 def	1065,13
2005	1391,66 d	1179,33 ef	1285,50
2006	1241,26 bcd	992,00 cdef	1116,63
2007	1085,93 abcd	1011,46 cdef	1048,70
2008	1030,86 abc	1120,06 cdefg	1075,46
2009	1145,60 abcd	963,46 bcde	1054,53
2010	1357,26 cd	866,73 abc	1112,00
2011	1206,06 bcd	709,46 ab	957,76
2012	1426,40 d	1045,133 cdef	1235,76
2013	1387,53 d	910,66 abcd	1149,10
2014	1787,50 e	677,8 a	1232,65
2015	837,06 a	881,73 abc	859,40
2016	1323,66 cd	1008,40 cdef	1166,03
2017	1416,93 d	940,80 bcde	1178,86
F değeri	6,888	4,178	1,748
Hata	0	0	0,063

Li elementinin odunda yıllara bağlı olarak değişimini gösterir varyans analizi sonuçları incelendiğinde hem içe dönük hem de yola dönük kısımda yıllar arasında

istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunurken ortalama değerler bakımından yıllar arasındam istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunmaması dikkat çekmektedir.

Li konsantrasyonunun yıllara bağlı olarak değişimini gösterir grafik Şekil'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde Li konsantrasyonunun içe dönük kısımda en yüksek değerlerine 2014 (1787,50 ppb) ve 1997-2003 (1775,0 ppb) yıllarında ulaştığı, en düşük değerlerine ise bu yılları takip eden 2015 (837,06 ppb) ve 2004 (959,46 ppb) yıllarında ulaşmış olması dikkat çekicidir. Li konsantrasyonu yola dönük kısımda ise genel olarak dalgalı bir seyir izlemiş ve 677,8 ppb (2014 yılı) ile 1247,6 ppb (1997-2003 yılları) arasında değişmiştir.



Grafik 4.4. Li (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

4.5. Fe Elementinin Değişimi

Fe elementinin dış kabuk, iç kabuk ve odunda yöne bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.9.'de verilmiştir.

Tablo 4.9. Fe (ppm) Elementinin Organel Bazında Değişimi

Organel	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
Dış kabuk	4,63 ab	60,95c	32,79 b
İç kabuk	8,48 b	23,56b	16,02 a
Odun	2,99 a	7,77a	5,46 a
F değeri	4,689	99,819	27,628
Hata	0,14	0	0

Tablo'da görüldüğü üzere Fe elementinin hem içe dönük, hem yola dönük hem de ortalama değerleri bakımından organeller arasında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar yola dönük ve ortalama değerler bakımından %99,9 güven düzeyinde, içe dönük kısımda ise %95 güven düzeyinde anlamlıdır. Değerler incelendiğinde içe dönük kısımda elde edilen değerler ile yola dönük kısımda elde edilen değerler arasında çok büyük fark olduğu görülmektedir.

Ortalama değerlere göre yola dönük kısımda elde edilen Fe konsantrasyonları, yaklaşık olarak içe dönük kısımda elde edilen Fe konsantrasyonlarının dış kabukta 13,1 katı, iç kabukta 2,7 katı ve odunda 2,6 katıdır. Benzer şekilde organeller arasında da önemli ölçüde fark bulunmaktadır. İçe dönük kısımda en yüksek değer iç kabukta elde edilirken yola dönük kısımda en yüksek değer dış kabukta elde edilmiştir.

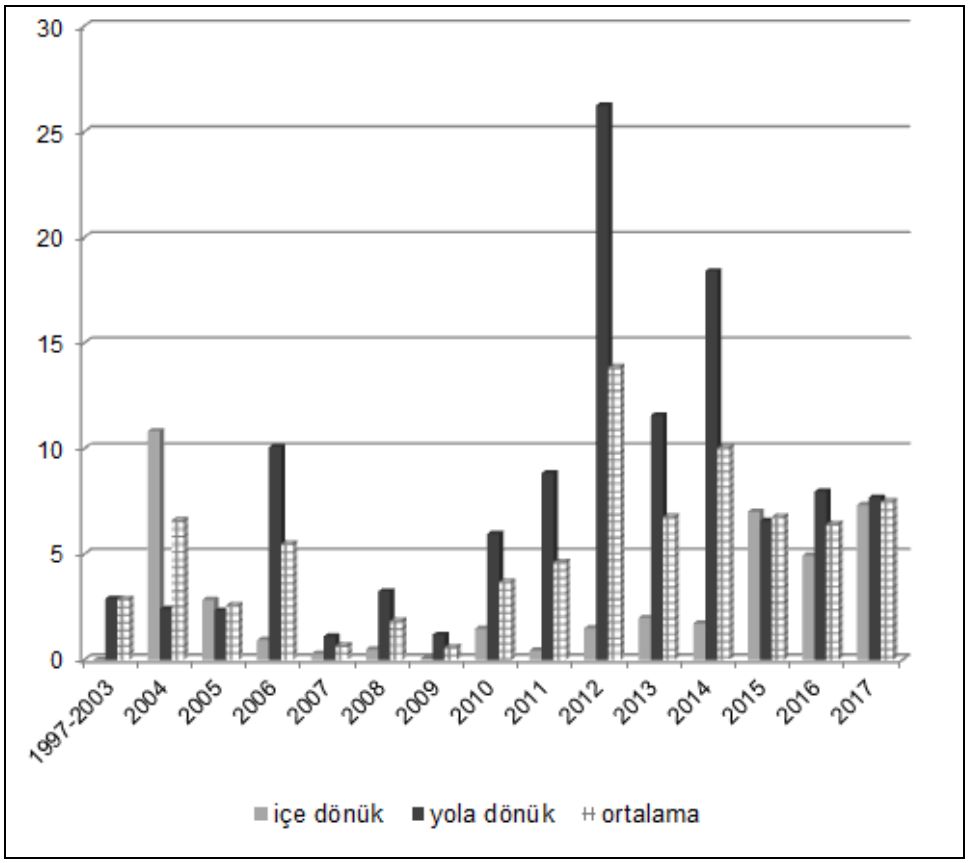
Fe elementinin odun örneklerinde yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve yıl bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar içe dönük, yola dönük ve ortalama değerler bakımından Tablo 4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.10. *Fe (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi*

Yaş	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
1997-2003	-	2,90bc	2,90ab
2004	10,828 h	2,41b	6,62ab
2005	2,847 e	2,33b	2,59a
2006	0,946 bc	10,08g	5,51ab
2007	0,29 ab	1,11a	,70a
2008	0,499 ab	3,24c	1,87a
2009	0,061 a	1,19a	,62a
2010	1,475 cd	5,96d	3,71ab
2011	0,455 ab	8,84f	4,65ab
2012	1,504 cd	26,25j	13,87c
2013	1,987 d	11,58h	6,78ab
2014	1,728 cd	18,40i	10,06bc
2015	7,013 g	6,58d	6,79ab
2016	4,944 f	7,97e	6,45ab
2017	7,328 g	7,69e	7,51abc
F değeri	161,397	825,394	2,891
Hata	0	0	0,002

Fe konsantrasyonunun odunda yıla bağlı olarak değişimini gösterir Tablo ve Grafik incelendiğinde, içe dönük kısımda 2004 yılında en yüksek değerin (10,828 ppm) elde edildiği ancak, bunun dışında genel olarak 2014 yılına kadar oldukça düşük seviyelerde seyrederken 2015 yılından sonra oldukça yükseldiği hatta 20014 yılındaki değerin yaklaşık 4 katına çıktığı ve bundan sonraki yıllarda da bu seviyelere yakın seyrettiği görülmektedir.

Yola dönük kısımda ise genel olarak 2007 yılında 1,11 ppm düzeylerinde iken bu yıldan sonra sürekli artarak 2012 yılında 26,25 ppm seviyelerine kadar çıktığı ve bundan sonra azalarak 2015-2017 yılları arasında içe dönük kısımdaki değerlere yakın seviyelere düştüğü görülmektedir.



Grafik 4.5. Fe (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

4.6. Cr Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Cr elementinin dış kabuk, iç kabuk ve odunda yöne bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve 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. *Cr (ppb) Elementinin Organel Bazında Değişimi*

Organel	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
Dış kabuk	1372,20b	2691,3 b	2031,7 b
İç kabuk	1091,80 a	829,2 a	960,50 a
Odun	996,68a	1077,0 a	1036,8 a
F değeri	4,986	87,114	40,417
Hata	0,011	0,00	0,000

Cr elementinin organel bazında değişimini gösterir Tablo incelendiğinde hem içe dönük, hem yola dönük hem de ortalama değerleri bakımından organeller arasında

istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu görülmektedir. Bu farklılıklar yola dönük ve ortalama değerler bakımından %99,9 güven düzeyinde, içe dönük kısımda ise %95 güven düzeyinde anlamlıdır. Değerler incelendiğinde dış kabukta içe dönük kısımda elde edilen değerler ile yola dönük kısımda elde edilen değerler arasında çok büyük fark olduğu görülmektedir. Yola dönük kısımda dış kabukta ölçülen değer, içe dönük kısımda dış kabukta ölçülen değerin yaklaşık 2 katıdır.

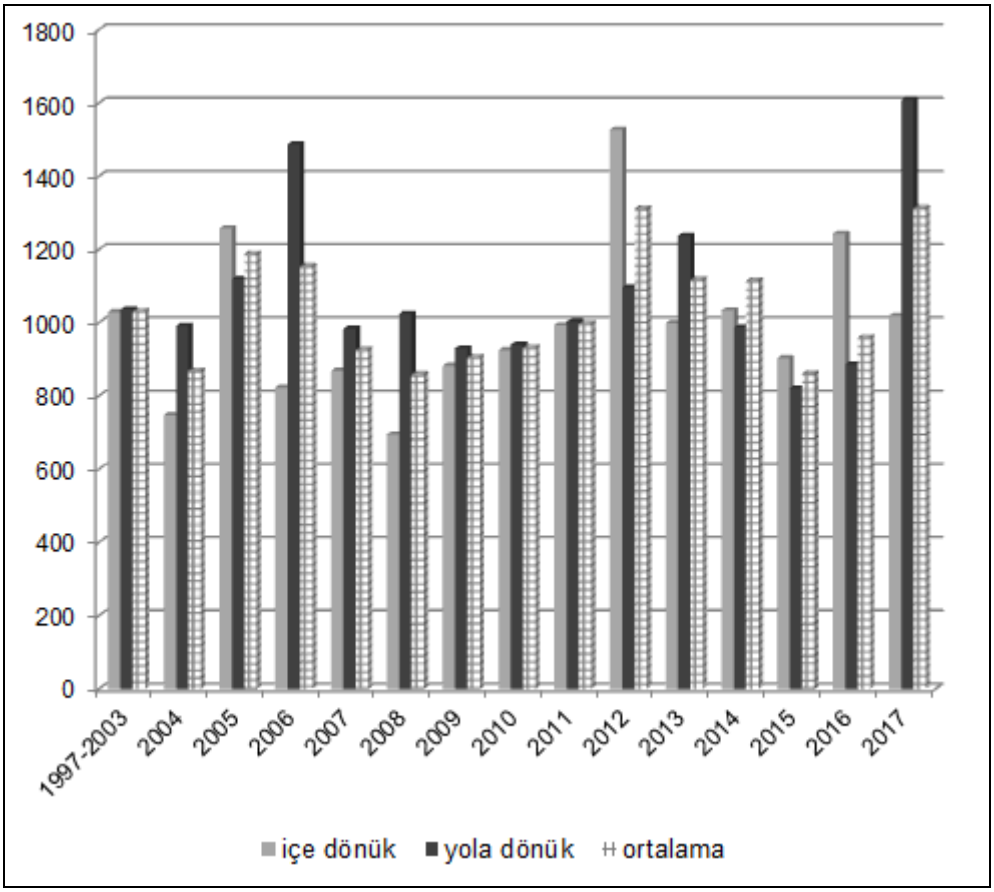
Ortalama değerler bakımından en düşük değerler iç kabuk (960,5 ppb) ve odunda (1036,8) elde edilirken dış kabukta (2031,7 ppb) elde edilen değer bu değerlerin yaklaşık iki katıdır. Cr elementinin odun örneklerinde yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve yıl bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar içe dönük, yola dönük ve ortalama değerler bakımından Tablo 4.12.'de verilmiştir.

Tablo 4.12. *Cr (ppb) Elementinin Yıl Bazında Değişimi*

Yaş	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
1997-2003	1029,00d	1036,46cde	1032,73abcd
2004	747,60a	991,867bcde	869,73a
2005	1258,53e	1119,20e	1188,86de
2006	823,06b	1488,00 g	1155,53cde
2007	869,40bc	984,33bcd	926,86ab
2008	694,93a	1024,53cde	859,73a
2009	883,00c	930,13abc	906,56ab
2010	925,40c	940,13abc	932,76abc
2011	993,06d	1003,13bcde	998,10abcd
2012	1527,73f	1096,33 de	1312,03e
2013	998,93d	1237,73f	1118,33bcde
2014	1033,80d	987,53bcde	1115,51bcde
2015	903,20c	820,733a	861,96a
2016	1243,50e	886,73ab	960,26abc
2017	1019,13d	1609,33h	1314,23e
F değeri	131,013	29,081	5,027
Hata	0	0	0

Cr elementinin odunda yıla bağlı olarak değişimi incelendiğinde içe dönük kısımda 694,93 ppb (2004 yılı) ile 1527,73 ppb (2012 yılı) arasında, yola dönük kısımda ise 820,73 ppb (2015 yılı) ile 1609 ppb (2017 yılı) arasında değiştiği görülmektedir. özellikle son üç yılda yola dönük kısımda önemli düzeyde artış olduğu dikkat

çekicidir. Verilerin daha kolay nalgılanmasını sağlamak amacıyla hazırlanan Grafik 4.6.'da verilmiştir.



Grafik 4.6. Cr (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

4.7. Ba Elementinin Değişimi

Ba elementinin dış kabuk, iç kabuk ve odunda yöne bağlı olarak 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 Organel Bazında Değişimi*

Organel	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
Dış kabuk	5,77 b	14,84 a	10,31 b
İç kabuk	9,10 c	4,62 a	6,86 ab
Odun	1,37 a	5,35 a	3,36 a
F değeri	335,689	4,220	8,047
Hata	0	0,54	0,021

Tablo'da görüldüğü üzere Ba elementinin organel bazında değişimi içe dönük yönde %99,9 güven düzeyinde, ortalama değerler bakımından ise %95 güven düzeyinde anlamlı iken yola dönük kısımda organeller arasında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunmaması dikkat çekicidir. İçe dönük kısımda en düşük değer odunda (1,37 ppm) elde edilirken en yüksek değer (9,10 ppm) elde edilmiştir.

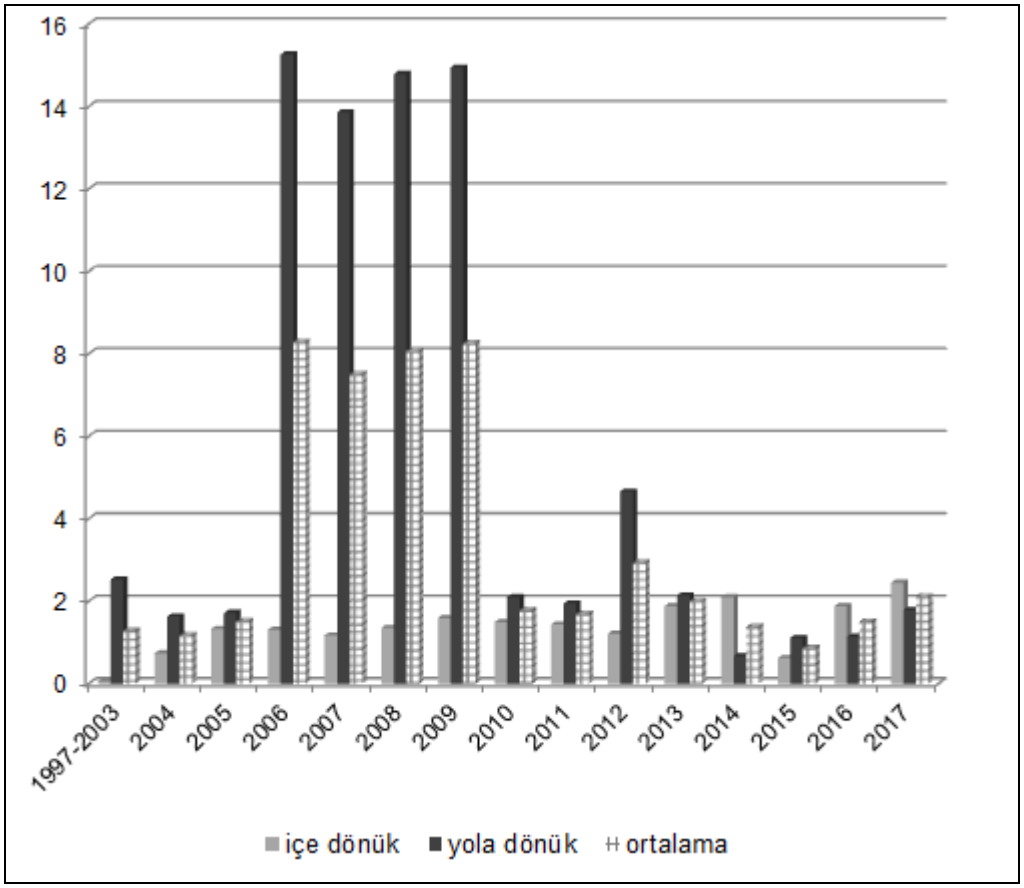
Ba elementinin odun örneklerinde yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve yıl bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar içe dönük, yola dönük ve ortalama değerler bakımından Tablo 4.14.'de verilmiştir.

Tablo 4.14. *Ba (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi*

Yaş	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
1997-2003	,058a	2,53g	1,29a
2004	,74c	1,63c	1,18a
2005	1,33f	1,72cd	1,52a
2006	1,31f	15,26l	8,29b
2007	1,17d	13,86i	7,51b
2008	1,35g	14,79j	8,07b
2009	1,59j	14,94k	8,26b
2010	1,49i	2,10f	1,79a
2011	1,44h	1,95e	1,70a
2012	1,21e	4,66 h	2,94a
2013	1,88k	2,14f	2,01a
2014	2,10l	0,67a	1,38a
2015	,62b	1,11b	0,87a
2016	1,88k	1,14b	1,51a
2017	2,45m	1,79d	2,12a
F değeri	5260,758	29677	3,560
Hata	0	0	0

Ba elementinin odunda yıl bazındaki değişimi grafik olarak Şekil'de verilmiştir. Ba elementinin odunda yıllara bağlı olarak değişimi incelendiğinde içe dönük kısımda 0,058 ppm (1997-2003 yılları) ile 1,88 ppm (2017 yılı) arasında genel olarak yatay bir seyir izlediği görülmektedir. Dışa dönük kısımda ise 2006-2009 yılları arasındaki dört yılda önemli düzeyde bir artış yaşanmıştır. Öyle ki 2005 yılında 1,72 ppm düzeyinde olan Ba konsantrasyonu 2006 yılında 15,26 ppm seviyesine çıkmış ve dört

yıl boyunca bu seviyelerde kaldıktan sonra 2010 yılında 2,10 ppm seviyesine düşmüştür.



Grafik 4.7. Ba (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

4.8. Ca Elementinin Değişimi

Çalışmadaki bir diğer element olan Ca elementinin dış kabuk, iç kabuk ve odunda yöne bağlı olarak 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. *Ca (ppm) Elementinin Organel Bazında Değişimi*

Organel	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
Dış kabuk	5674,80 b	6575,20 b	6125,00 b
İç kabuk	6586,40 c	6362,86 b	6474,63 b
Odun	953,79 a	1015,96 a	984,876 a
F değeri	303,229	1033,907	905,986
Hata	0	0	0

Ca elementinin organel bazında değişimini gösterir Tablo'da görüldüğü üzere Ca elementinin hem içe dönük, hem yola dönük hem de ortalama değerleri bakımından organeller arasında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Değerler incelendiğinde iç kabuk ile dış kabuk arasında çok büyük bir fark bulunmazken odunda belirlenen değer dış kabuk ve iç kabuktaki değerlerden çok daha düşük seviyelerdedir. Tablo sonuçlarına göre kabuk kısmında elde edilen değerler odunda elde edilen değerlerin yaklaşık 6 katı civarında hatta bazen daha yüksek düzeydedir.

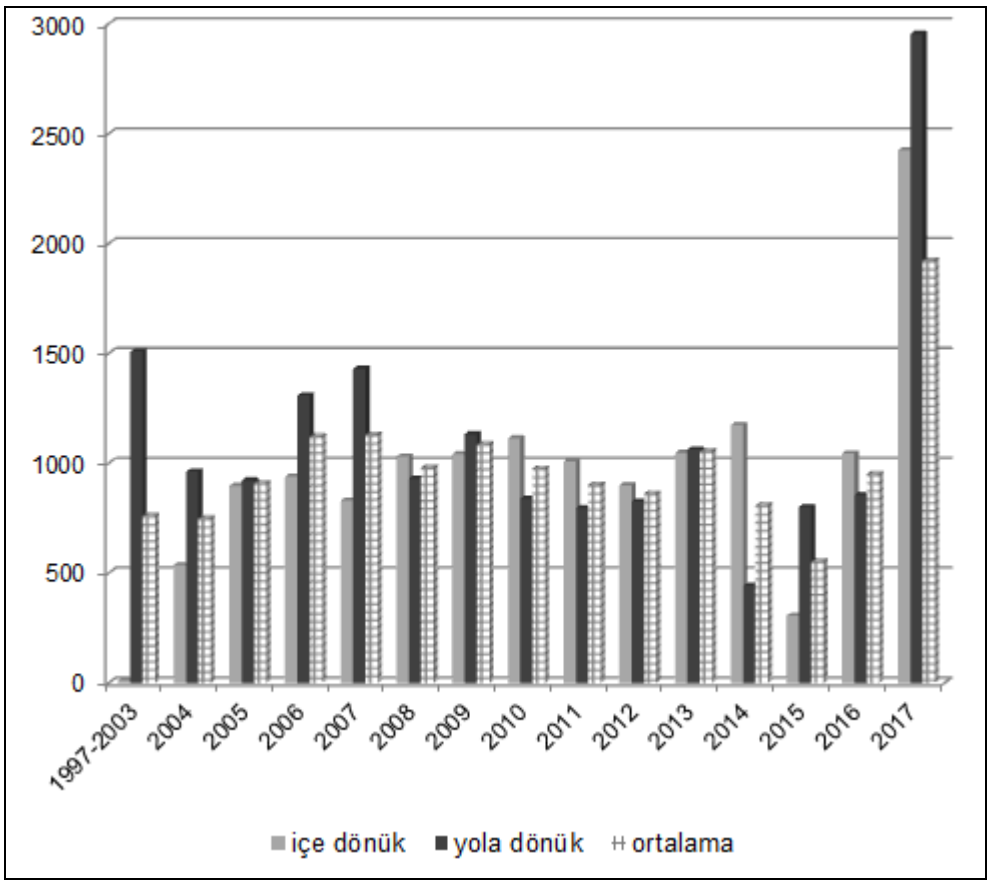
Ca elementinin odun örneklerinde yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve yıl bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar içe dönük, yola dönük ve ortalama değerler bakımından Tablo 4.16.'de verilmiştir.

Tablo 4.16. *Ca (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi*

Yaş	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
1997-2003	12,20a	1509,06k	760,63ab
2004	536,66c	961,93f	749,30ab
2005	897,60e	922,133e	909,86ab
2006	939,60f	1308,20i	1123,90b
2007	830,06d	1430,733j	1130,40b
2008	1030,46h	930,46e	980,46b
2009	1041,53h	1132,20h	1086,867b
2010	1114,26i	838,66c	976,46b
2011	1007,53g	796,26b	901,90ab
2012	899,86e	825,26c	862,56ab
2013	1047,73h	1063,20g	1055,46b
2014	1173,75j	442,66 a	808,20ab
2015	305,80b	801,06b	553,43a
2016	1044,86h	855,20d	950,03ab
2017	2424,93k	2954,73 j	1923,63c
F değeri	8065,889	1422,33	5,651
Hata	0	0	0

Ca konsantrasyonunun odundaki değişimi incelendiğinde hem içe dönük hem dışa dönük kısımda 2016 yılına kadar yataya yakın bir seyir izlediği görülmektedir. 2016 yılına kadar içe dönük kısımda 1997-2013 yılları dışında 305,8 ppm (2015 yılı) ile 1173,75 ppm (2014 yılı) arasında değişen Ca konsantrasyonu 2017 yılında 2424,93 ppm olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde yola dönük kısımda 442,66 ppm (2014 yılı) ile 1509,06 ppm (1997-2003 yılları) arasında değişen Ca konsantrasyonu 2017

yılında 2954,73 ppm olarak hesaplanmıştır. Ca konsantrasyonunun yıllara göre değişimini gösterir Grafik 4.8'de verilmiştir.



Grafik 4.8. Ca (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

4.9. Zn Elementinin Değişimi

Zn elementinin dış kabuk, iç kabuk ve odunda yöne bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve 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. *Zn (ppm) Elementinin Organel Bazında Değişimi*

Organel	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
Dış kabuk	5,36	7,67	6,52
İç kabuk	5,43	2,58	4,00
Odun	5,50	6,22	4,98
F değeri	3,64	2,644	1,360
Hata	0,061	0,081	0,262

Tablo değerleri incelendiğinde Zn konsantrasyonunun organel bazında değişiminin hem içe dönük, hem yola dönük hem de ortalama değerleri bakımından istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaşmadığı görülmektedir. Zn elementinin odun örneklerinde yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve yıl bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar içe dönük, yola dönük ve ortalama değerler bakımından Tablo 4.18.'de verilmiştir.

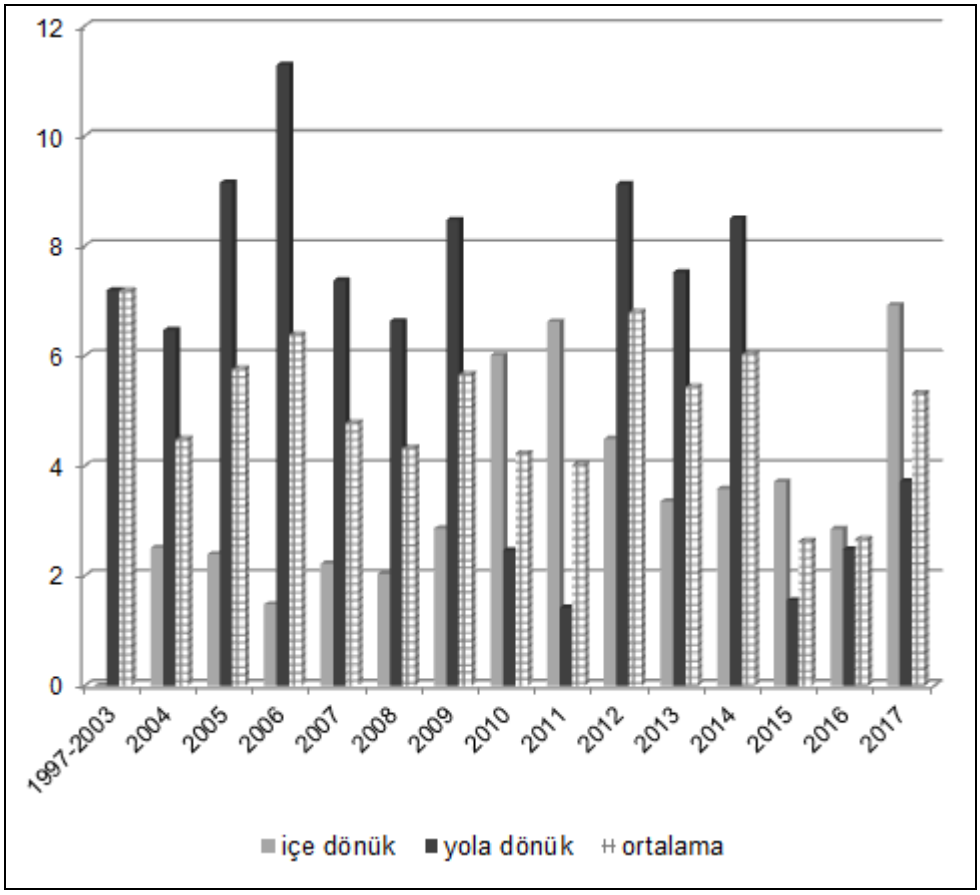
Tablo 4.18. *Zn (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi*

Yaş	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
1997-2003	-	7,19 e	7,19
2004	2,51 bc	6,47 d	4,49
2005	2,39 bc	9,15 g	5,77
2006	1,48 a	11,29 h	6,39
2007	2,22 b	7,37 e	4,79
2008	2,03 b	6,63 d	4,33
2009	2,86 cd	8,47 f	5,67
2010	6,01 g	2,46 b	4,23
2011	6,62 h	1,42 a	4,02
2012	4,49 f	9,12 g	6,80
2013	3,35 de	7,52 e	5,44
2014	3,58 e	8,50 f	6,04
2015	3,71 e	1,55 a	2,63
2016	2,85 cd	2,48 b	2,67
2017	6,92 h	3,72 c	5,32
F değeri	94,637	315,516	1,341
Hata	0	0	0,206

Zn elementinin odun örneklerinde yıl bazında değişimi incelendiğinde hem içe dönük hem de yola dönük kısımda ölçülen konsantrasyonlar arasında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunurken ortalama değerler bakımından yıllar arasında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunmaması dikkat çekmektedir.

Zn konsantrasyonunun yıllara göre değişimini gösterir grafik Şekil'de verilmiştir. Zn konsantrasyonunun yıl bazında değişimi incelendiğinde ise içe dönük ksımda 2009 yılına kadar nispeten yatay bir seyir izlerken 2010 ve 2011 yıllarında arttığı, bu tarihlerden sonra yine düştüğü ve 2017 yılında artarak en yüksek seviyesine ulaştığı görülmektedir. Yola dönük kısımda ise 2014 yılına kadar genel olarak (2010-2011

yılları hariç) yüksek bir seyir izlerken 2015 yılından itibaren önemli seviyede düştüğü görülmektedir.



Grafik 4.9. Zn (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

4.10. Mn Elementinin Değişimi

Mn elementinin yöne bağlı olarak dış kabuk, iç kabuk ve odundaki konsantrasyonunun değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplar Tablo 4.19.'de verilmiştir.

Tablo 4.19. *Mn (ppm) Elementinin Organel Bazında Değişimi*

Organel	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
Dış kabuk	5,42c	20,83b	13,13b
İç kabuk	3,30b	2,91a	3,11a
Odun	0,52a	1,34a	,94a
F değeri	154,268	168,568	75,563
Hata	0	0	0

Varyans analizi sonuçlarına göre Mn elementinin hem içe dönük, hem yola dönük hem de ortalama değerleri bakımından organeller arasında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir. Mn konsantrasyonunun organel bazında değişimi incelendiğinde odun, iç kabuk ve dış kabuk arasında önemli ölçüde fark bulunduğu en düşük değerlerin odunda elde edildiği, en yüksek değerlerin ise dış kabukta elde edildiği görülmektedir.

İçe dönük kısımda dış kabukta elde edilen değer yaklaşık olarak iç kabuktakinin 1,6 katı ve odundakinin 10,4 katı iken yola dönük kısımda dış kabukta elde edilen değer yaklaşık olarak iç kabuktakinin 3,8 katı ve odundakinin 15,5 katı olarak hesaplanmıştır.

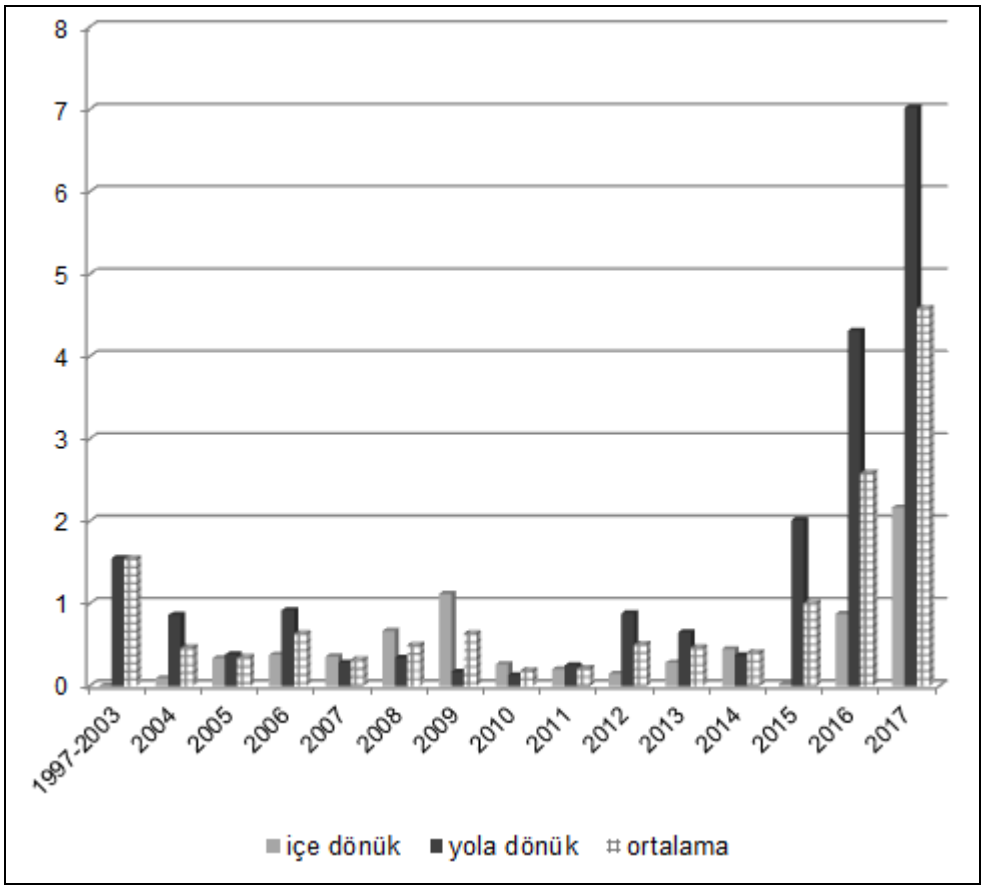
Yönler arasında da önemli düzeyde fark bulunduğu tespit edilmiş olup, dışa dönük ve içe dönük kısımlar arasında iç kabukta önemli düzeyde fark bulunmaz iken, yola dönük kısımda ölçülen değerler yaklaşık olarak içe dönük kısımda ölçülen değerlerin odunda 2,5 katı, dış kabukta ise 3,8 katı kadardır. Mn elementinin odun örneklerinde yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve yıl bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar içe dönük, yola dönük ve ortalama değerler bakımından Tablo 4.20.'de verilmiştir.

Tablo 4.20. *Mn (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi*

Yaş	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
1997-2003	-	1,55j	1,55cd
2004	0,092 b	,86h	,47ab
2005	0,337 f	,38f	,35ab
2006	0,377 g	,92i	,64ab
2007	0,358 fg	,28d	,32ab
2008	0,667 i	,34e	,50ab
2009	1,116 k	,17b	,64ab
2010	0,262 e	,13a	,19a
2011	0,202 d	,25c	,22ab
2012	0,148 c	,882h	,51ab
2013	0,282 e	,65g	,47ab
2014	0,446 h	,37f	,41ab
2015	0,023 a	2,01k	1,01ab
2016	0,874 j	4,31l	2,59d
2017	2,165 l	7,02m	4,59e
F değeri	5138,425	58664,209	9,461
Hata	0	0	0

Mn elementinin yıl bazında değişimi incelendiğinde hem içe dönük hem de yola dönük kısımda son yıllara kadar hafif dalgalı bir seyir izlerken son yıllarda önemli ölçüde arttığı görülmektedir. İçe dönük kısımda 2015 yılında 0,023 ppm düzeyinde olan Mn konsantrasyonu 2016 yılında 0,874 ppm ve 2017 yılında 2,165 ppm seviyesine yükselmiştir.

Yola dönük kısımda da benzer bir yükseliş görülmektedir. Yola dönük kısımda 2014 yılında 0,37 ppm düzeyinde olan Mn konsantrasyonu 2015 yılında 2,01 ppm, 2016 yılında 4,31 ppm ve 2017 yılında 27,02 ppm seviyesine yükselmiştir. Bu yükselişlerde yola dönük kısımdaki konsantrasyonların içe dönük kısımdakilerden çok daha yüksek düzeylerde oluşu da dikkat çekmektedir. 2015 yılında içe dönük kısımda 0,023 ppm olan Mn konsantrasyonunun yola dönük kısımda 2,01 ppm, 2016 yılında içe dönük kısımda 0,874 ppm olan Mn konsantrasyonunun yola dönük kısımda 4,31 ppm ve 2017 yılında içe dönük kısımda 2,165 ppm olan Mn konsantrasyonunun yola dönük kısımda 7,02 ppm düzeyinde olduğu dikkat çekmektedir. Verilerin ve değişimin daha kolay algılanabilmesini sağlamak amacıyla hazırlanan, Mn konsantrasyonunun yöne bağlı olarak yıl bazında değişimini gösterir Grafik 4.10.'da verilmiştir.



Grafik 4.10. Mn (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

4.11. Pb Elementinin Değişimi

Pb elementinin dış kabuk, iç kabuk ve odunda yöne bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.21.'de verilmiştir.

Tablo 4.21. *Pb (ppm) Elementinin Organel Bazında Değişimi*

Organel	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
Dış kabuk	2,22	2,36	2,29
İç kabuk	2,32	1,77	2,05
Odun	2,20	2,61	2,40
F değeri	0,036	1,444	0,565
Hata	0,964	0,246	0,570

Tablo'da görüldüğü üzere Pb elementinin hem içe dönük, hem yola dönük hem de ortalama değerleri bakımından organeller arasında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaşmadığı görülmektedir. Ayrıca organellerin

ortalama konsantrasyonları arasında yön bakımından da önemli düzeyde bir farklılık bulunmadığı görülmektedir. Bundan dolayı Pb konsantrasyonunun yön ve organel bazında değişiminin anlamsız düzeyde olduğu söylenebilir.

Pb elementinin odun örneklerinde yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve yıl bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar içe dönük, yola dönük ve ortalama değerler bakımından Tablo 4.22.'de verilmiştir.

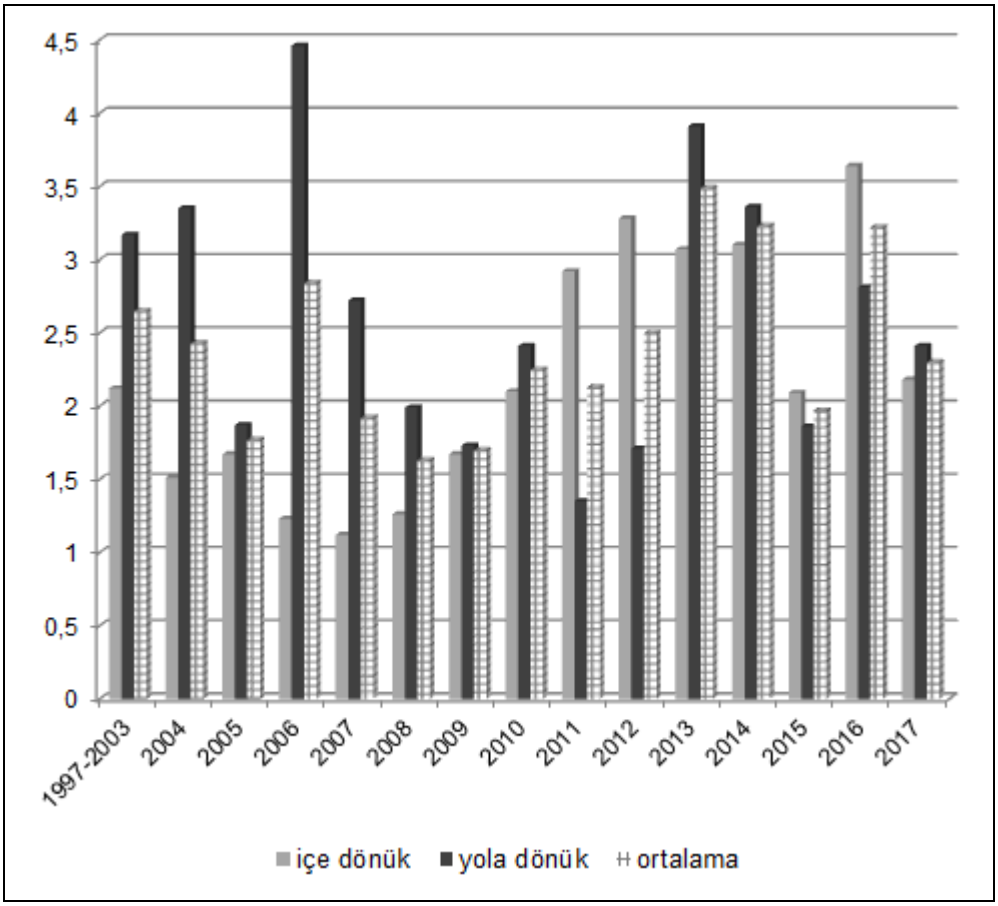
Tablo 4.22. *Pb (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi*

Yaş	İçe Dönük	Yola Dönük	Ortalama
1997-2003	2,12 e	3,17 f	2,65 bcde
2004	1,51 c	3,35 f	2,43 abcd
2005	1,67 d	1,87 bc	1,77 ab
2006	1,23 ab	4,46 h	2,84 cde
2007	1,12 a	2,72 e	1,92 abc
2008	1,26 b	1,99 c	1,63 a
2009	1,67 d	1,73 b	1,70 ab
2010	2,10 e	2,41 d	2,25 abc
2011	2,92 e	1,35 a	2,13 abc
2012	3,28 g	1,71 b	2,50 abcd
2013	3,07 f	3,91 g	3,49 e
2014	3,10 f	3,36 f	3,23 de
2015	2,09 e	1,86 bc	1,97 abc
2016	3,64 h	2,81 e	3,22 de
2017	2,18 e	2,41 d	2,30 abcd
F değeri	319,024	119,800	4,101
Hata	2,12e	3,17f	2,65bcde

Pb konsantrasyonunun odunda yıl bazında değişimi incelendiğinde genel olarak dalgalı bir seyir izlediği, içe dönük kısımda 2007 yılına kadar hafif bir düşüş kaydederek bu yıldan sonra genel olarak yükselmeye başladığı ve 2016 yılına kadar yükselerek 2017 yılında tekrar düştüğü görülmektedir. Yola dönük kısımda ise 2006 yılına kadar yükseldiği, ondan sonra 2011 yılına kadar düştüğü, 2013 yılına kadar tekrar yükselerek bu tarihten sonra düştüğü görülmektedir.

İçe dönük kısımda en düşük değer 2007 yılında (1,12 ppm), en yüksek değer ise 2016 yılında (3,64 ppm) elde edilirken yola dönük kısımda en düşük değer 2011 yılında (1,35 ppm) ve en yüksek değer ise 2006 yılında (4,46 ppm) elde edilmiştir.

Pb konsantrasyonunun yıl bazında değişiminin daha kolay algılanabilmesini sağlamak amacıyla hazırlanan Grafik 4.11.'de verilmiştir.



Grafik 4.11. Pb (ppm) Elementinin Yıl Bazında Değişimi

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda çalışmaya konu elementlerin organel bazında değişiminin Cd, Zn ve Pb elementlerinde her iki yönde, Bi ve Ba elementlerinde ise yola dönük kısımda değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Değerlerin organel bazındaki değişimleri incelendiğinde ortalama değerlere göre Bi, Ni, Fe, Cr, Ba, Zn ve Mn konsantrasyonlarının en yüksek değerleri dış kabukta elde edilirken en yüksek Pb ve Cd konsantrasyonları odunda, en yüksek Ca konsantrasyonu ise iç kabukta elde edilmiştir.

Ağır metallerin organel bazında değişimi konusunda yapılan çalışmalarda farklı elementlerin, farklı organellerde birikiminin daha yüksek düzeyde olduğu belirtilmektedir. Akarsu (2019) yine Kastamonu Kışla Parkı mevkiinde yetişen bir *Cedrus arizonica* ağacı üzerinde yaptığı çalışma sonucunda Zn, Mn, Fe, K, Ca ve B elementlerinin en yüksek konsantrasyonlarının dış kabukta olduğunu, dış kabuktan sonraki en yüksek konsantrasyonların ise iç kabukta olduğunu tespit etmiştir. Hatta bu değerler arasında çok yüksek farklar bulunduğu örneğin Mn konsantrasyonunun iç kabuktaki değerinin odundakinin 10 katından, dış kabuktaki değerinin ise odundakinin 50 katından fazla olduğunu belirtmiştir. Aynı çalışmada Ca konsantrasyonunun en yüksek değerinin dış kabukta elde edildiği ve dış kabuktaki değerin odundakinin yaklaşık 12 katı, iç kabuktakinin 1,5 katı olduğu belirlenmiştir (Akarsu, 2019).

Özellikle kabukta elde edilen ağır metal konsantrasyonlarının diğer organellerdekinden daha yüksek seviyelerde olduğu pek çok çalışmada ortaya konulmuştur. Turkyilmaz vd., (2018c) Cr konsantrasyonu bakımından odun ile kabuk arasında 9 kata yakın fark olduğunu belirtmektedirler. Başka bir çalışmada da *Acer platanoides*'de odunlarda ölçülen Zn konsantrasyonunun ortalama 3,59 ppb düzeyinde iken bu rakamın kabuk örneklerinde 14,79 ppb düzeyine çıktığı belirtilmektedir (Turkyilmaz vd., 2018 e). Janta vd., (2016) *Cassia fistula*'da yaptıkları çalışmada kabuğun farklı tabakalarında Cu, Fe ve Zn konsantrasyonlarının en yüksek değerlerinin dış kabukta elde edildiğini belirlemişlerdir. Ugulu vd., (2016)

Ficus carica'da kabuktaki Ni konsantrasyonunun yapraktaki konsantrasyonun 5,5 katından, Cr konsantrasyonunun ise 5,1 katından fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışma sonucunda Ni, Fe, Ba ve Mn gibi elementlerinde yola dönük kısımdaki konsantrasyonların içe dönük kısımdaki konsantrasyonlardan daha yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Akarsu (2019) çalışmasında yola dönük kısımlardaki element konsantrasyonlarının Ni, Li, Cu, Cr, Co, Cd ve Ba elementlerinde içe dönük element konsantrasyonlarından daha yüksek olduğunu hatta bazı elementlerde aradaki farkın çok yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin içe dönük dış kabukta Cd konsantrasyonu 116,6 ppb iken bu değerin yola dönük dış kabukta 2601,2 ppb düzeyine çıktığını, benzer şekilde Cr elementinin yola dönük kısımdaki dış kabuk değeri ile içe dönük kısımdaki dış kabuk değeri arasında 17 kat fark olduğunu belirtmektedir.

Hem dış kabuktaki hem de yola dönük kısımdaki metal konsantrasyonlarının daha yüksek olması, havadaki partikül madde konsantrasyonu ile de ilişkilendirilmektedir (Mossi, 2018; Akarsu, 2019). Çeşitli çalışmalarda dış kabuktaki ağır metal konsantrasyonlarının doğrudan çevre koşulları ile ilişkili olduğu ve atmosferik kirlilikten kaynaklandığını belirtmektedirler (Janta vd., 2016; Mossi, 2018). Nitekim yapılan çalışmalarda havadaki ağır metallerin partikül maddeler üzerine yapışarak, partikül maddelerin ağır metaller ile kontamine olduğu ve bu partikül maddelerin de bitki organelleri üzerine yerleşmesi ile bu organellerdeki ağır metal konsantrasyonlarının yükseldiği belirlenmiştir (Shahid vd., 2017; Saleh, 2018; Mossi, 2018).

Bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının ne kadarının partikül maddelerden kaynaklandığının belirlenebilmesi amacıyla organellerde yıkama işlemi yapılarak sonuçlar değerlendirilmektedir. Bu şekilde yapılan çalışmalarda yıkanan numunelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının yıkanmayan numunelerdekilerden çok daha düşük seviyelerde çıktığı belirlenmiştir (Aksoy ve Öztürk, 1997; Mossi, 2018). Bu fark özellikle kontamine partikül miktarının yoğun olduğu bölgelerde daha çok kendini göstermektedir. Yapılan bir çalışmada yıkanan bitki ile yıkanmayan bitki örnekleri arasındaki Pb konsantrasyonunun farkının 13 katı olduğu ayrıca, Pb

konsantrasyonunun standart değerlerin 55 katı olduğu belirlenmiştir (Abechi, 2010; Buachoon, 2014). Benzer sonuçlar farklı çalışmalarda da elde edilmiştir (Sevik vd., 2018; Turkyilmaz vd., 2018 e).

Yapılan çalışmalarda ağır metallerin havadaki partikül maddelere yapışarak bitkinin çeşitli organellerine yapıştığı ve buradan çeşitli yollarla bitki içerisine girdiği, bitkilerin partikül madde ve dolayısıyla ağır metalleri tutma ve alma potansiyelinin ise türlerin ve organellerin fiziksel ve fizyolojik özellikleri ile yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir. Bitki organellerindeki pürüzlülük, tüyler, organelin alanı ve yapısı gibi özellikler ağır metallerin özellikle yaprak yüzeyleri başta olmak üzere organeller üzerinde çökelmesini etkilemektedir (Schreiber ve Schönherr, 1992; Cunha, 2009; Ataabadi vd., 2011; Shahid vd., 2017).

Bu noktadan hareketle pürüzlü bir yapıya sahip olan dış kabukta ağır metaller ile kontamine olan partikül maddelerin yerleşmesi, bu organellerdeki ağır metal konsantrasyonlarının yüksek seviyelerde çıkmasına sebep olabilir. Ayrıca, çalışmaya konu ağacın trafiğin olduğu yola dönük kısmında gerek kabuğa gerekse yapraklara trafik kaynaklı ağır metallerle kontamine partiküllerin yapışması ve bu maddelerin fotosentez, ozmos vb. yollarla ağaç içerisine girmesi ve böylece yola dönük kısımdaki ağır metal konsantrasyonlarını yükseltmesi olasıdır.

Havanın ve dolayısıyla havadaki partikül maddelerin, sonrasında ise bitkilerin ağır metal kirliliğine maruz kalmaları trafik yoğunluğu ile de ilişkilidir. Yapılan çalışmalarda ağır metal kirliliği kaynakları içerisinde en önemlilerinin birisinin trafik olduğu belirtilmektedir (Turkyilmaz vd., 2018a,c; Saleh, 2018). Bu güne kadar yapılan çok sayıda çalışmada trafiğin yoğun olduğu alanlarda yetiştirilen bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının trafiğin olmadığı veya az yoğun olduğu alanlarda yetiştirilen bitkilere kıyasla daha yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir (El-Hasan vd., 2002; Çelik, 2004; Anagnostatou, 2008; Sawidis vd., 2011; Buachoon, 2014; Huber vd., 2016; Yang vd., 2017; Erdem, 2018; Özel, 2018; Sevik vd., 2018).

Çalışma sonucunda çalışmaya konu elementlerin yıl bazında değişiminin genel itibariyle dalgalı bir seyir izlerken Cd, Ni, Fe, Ca, Mn ve Pb gibi bazı elementlerin

konsantrasyonlarında son yıllarda genel itibariyle bir artış olduğu belirlenmiştir. Aynı bölgede yapılan başka bir çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Akarsu (2019) Kastamonu'da Ba, Li, Ca, Mg, Mn ve Cr elementlerinde genel olarak yatay bir değişimin söz konusu olduğunu ancak son yıllarda bir artış görüldüğünü belirtmektedir. Akarsu (2019) bu durumun son yıllarda Kastamonu kent merkezindeki nüfus ve taşıt sayısındaki artışla bağlantılı olduğu, Kastamonu kent merkezi nüfusunun 2007 yılında 115 332 kişi iken 2010 yılında 123 972 ve 2016 yılında 146 103 kişiye çıktığı belirtilmektedir (Akarsu, 2019).

Son yıllardaki konsantrasyonlarında artış kaydedilen elementlerin bir çoğu trafik yoğunluğu ile ilişkilendirilmektedir. El-Hasan vd., (2002) yaptıkları çalışmada Pb, Cd, Fe ve Cr konsantrasyonlarının trafiğin fazla olduğu alanlarda daha yüksek düzeylerde olduğunu belirtmişlerdir. Cd ve Pb genellikle araçlar tarafından salınmakta ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerdeki partikül maddelerde daha yoğun olarak bulunmaktadırlar (Jaradat, 1999). Yapılan çalışmalarda yol kenarlarındaki bölgelerde toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının çoğunlukla trafik yoğunluğundan kaynaklandığı belirtilmektedir (Aksoy ve Demirzen, 2006). Yapılan çok sayıda çalışmada biyomonitor olarak kullanılan bitkilerin çeşitli organellerindeki ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğu ile birlikte arttığı belirtilmektedir (Saleh, 2018; Turkyilmaz vd., 2018b,e; Erdem, 2018)

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, aynı bölgede yapılan benzer çalışmalarla kıyaslandığında oldukça benzer sonuçlar elde edilebildiği görülmektedir. Örneğin bu çalışmada ağır metaller içerisinde en önemlilerinden birisi olan Pb konsantrasyonunun odunda içe dönük kısımda 1,12 ppm ile 3,64 ppm yola dönük kısımda 1,35 ppm ile 4,46 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. Akarsu (2019) aynı bölgede yetişen *Cedrus arizonica* türünde yaptığı çalışmada Pb konsantrasyonunun içe dönük kısımda 0,07 ppm ile 2,68 ppm arasında, yola dönük kısımda ise 1,1 ppm ile 3,6 ppm arasında değiştiğini belirtmektedir. Benzer şekilde bu çalışmada Zn konsantrasyonunun içe dönük kısımda 1,48 ppm ile 6,92 ppm arasında, yola dönük kısımda ise 1,42 ppm ile 11,29 ppm arasında değiştiği belirlenirken Akarsu (2019) aynı bölgede başka bir türde yaptığı çalışmada Zn konsantrasyonunun içe dönük

kısımda 1,9 ppm ile 6,7 ppm arasında, yola dönük kısımda ise 1,2 ppm ile 10,3 ppm arasında değiştiğini belirlemiştir. Benzer örnekler diğer elementler için de verilebilir.

Farklı bölgelerde yapılan çalışmalarla kıyaslandığında ise Pb konsantrasyonunun Ankara'da *Malus* türünde yapılan bir çalışmada Pb konsantrasyonunun 1,4 ppm ile 3,2 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir (Yigit, 2019). Başka bir çalışmada ise yine farklı bir türde Zn konsantrasyonunun 2,3 ppm ile 9,3 ppm arasında değiştiği tespit edilmiştir (Turkyilmaz vd., 2018a). Dolayısıyla ağaçların yıllık halkaları üzerinde yapılan çalışmalar, yıllık halkaların uzun süreç içerisindeki ağır metal konsantrasyonundaki değişimin izlenmesinde kullanılabilecek iyi birer biyomonitor olduğunu göstermektedir (Turkyilmaz vd., 2018a; Yigit, 2019; Akarsu, 2019).

Ancak ağır metallerin bitki içerisine köklerden mi yoksa yapraktan mı alındığı konusunda yapılan çalışmalar henüz yeterli seviyede değildir. Özellikle ağır metallerin yapraktan veya kabuk ve dal gibi organellerden bitki bünyesine alınması ve bitki bünyesine alındıktan sonra türleşmesi vb. konusunda çalışma sayısı oldukça yetersizdir (Shahid vd., 2017). Ağır metalleri ağacın yapısına almasında en etkili yolun topraktan kökleri aracılığıyla alması olduğu belirtilmektedir. Ayrıca CI, K, Mg, P ve S gibi bazı elementlerin bitkinin metabolik faaliyetlerinde daha aktif biçimde taşınabildiği, B, Ba, Ca, Cu, Fe, Li, Mn, Mo ve Zn gibi bazı elementlerin ise soymuk doku (phloem) içinde taşınımlarının daha sınırlı olduğu belirtilmektedir (Perone vd., 2018; Shahid vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2018a; Akarsu, 2019).

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 besleyici elementlerin (Ca, P, Mg Zn) 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 konsatrasyonlarının 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 seyreldiğini belirlemişlerdir.

Yapılan çalışmalar ağaçların özellikle yaprak gibi organellerindeki ağır metal konsantrasyonu ile havadaki ağır metal kirliliği arasında önemli ölçüde bir ilişki olduğunu göstermektedir (Erdem, 2018; Saleh, 2018; Özel, 2019). Besleyici elementler dışındaki yani insan kaynaklı kirleticilerden kaynaklanan Co, Cr, Cd, Ba, Al ve Pb gibi ağır metallerin ağacın gelişimi ile beraber arttığı belirtilmektedir (Turkyilmaz vd., 2018a). Beramendi-Orosco vd., (2013) yaptıkları çalışmada özellikle geçmiş yıllar ile günümüzdeki ağaç yıllık halkalarında biriken Pb miktarındaki artışın şehirleşmeden kaynaklandığını belirtmektedirler.

Konu ile ilgili yapılmış çok sayıda çalışma sonucunda insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen ağır metallerin konsantrasyonunlarının yaşa bağlı olarak artmakta olduğunu ortaya koymaktadır (Yigit, 2019). Ancak ağır metal konsantrasyonlarının yıl bazında değişimi farklı düzeylerde olmaktadır. Ağaç yıllık halkalarındaki ağır metallerin miktarındaki artışın bazı yıllarda yüksek ve bazı yıllarda düşük olarak doğrusal bir artış göstermeyerek ağacın morfolojik yapısından kaynaklanmakta olduğu belirtilmektedir (Yigit, 2019). Epidermis tabakasının morfolojik yapısı yaşla ve kirli hava (kükürt oksitler ve azot oksitler) ile değişmektedir (Huttunen ve Laine, 1983; Turunen ve Huttunen, 1990).

Beramendi-Orosco (2013), *Prosopis julifora* 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. Bu çalışmada olduğu gibi diğer pek çok çalışmada da benzer sonuçlar alınmıştır (Gao vd., 2015; Turkyilmaz vd., 2018a,b; Akarsu, 2019; Yigit, 2019). Değişimlerin aylara göre belirlendiği çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Norouzi et al., 2015).

Sonuç olarak ağır metallerin insan sağlığı açısından ne kadar tehlikeli sonuçlar doğurabileceği bilinmektedir. Bununla birlikte havadaki ağır metal kirliliğinin gün geçtikçe arttığı da pek çok çalışmada ortaya konulmuş bir gerçektir (Turkyilmaz vd., 2018; Shahid vd., 2017; Akarsu, 2019). Bundan dolayı havadaki ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimin takip edilmesi son derece önemlidir.

Bu güne kadar yapılan çalışmalarda ağır metal konsantrasyonunun bir çok faktöre bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Bu faktörlerin başında elbette bitki türü gelmektedir. Yapılan çok sayıda çalışma farklı bitkilerin farklı ağır metallerin farklı düzeylerde biriktirdiğini ortaya koymaktadır. Mossi (2018) çalışmasında türler arasındaki farkın düşük dozlarda bile toksik etkiye sahip elementlerden Cd ve Pb elementlerinde yaklaşık iki kat, Ni ve Cr gibi karsinojenik elementlerde yaklaşık 2,75 kat ve Cu gibi zehirli etkiye sahip elementlerde 5 kattan fazla olabildiğini, Saleh (2018) türler arasındaki farkın Cu'da 5 kattan fazla olduğunu hatta Cd'da 24 kattan fazla olabildiğini belirtmiştir. Benzer sonuçlar pek çok çalışmada da ortaya konulmuştur (Erdem, 2018; Sevik vd., 2018; Turkyilmaz vd., 2018c).

Türler arasındaki bu farklılık öncelikle bitki anatomik yapısı ile ilişkilidir (Mossi, 2018; Saleh, 2018). Yapraklardan ağır metal alımı metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, formları, yaprakların morfolojisi, yüzey alanı, yüzey dokusu yanında bitkinin habitusu, ağır metallere maruz kalma süresi, çevresel koşulları ve gaz değişimi gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Beckett vd., 2000; Shahid, 2017; Turkyilmaz vd., 2018a,c; Sevik vd., 2018; Mossi, 2018).

Tür dışında ağır metal konsantrasyonunun bitki organellerinde birikimi bitki organeli (Elfantazi vd., 2018a,b; Pınar, 2019; Özel, 2019), kirliliğin yoğunluğu, (Martley vd., 2004; Assirey vd., 2015; Galal vd., 2015; Shahid vd., 2017; Erdem, 2018; Saleh, 2018), partikül madde miktar ve büyüklüğü, ağır metalin yapısı, bitkinin habitusu, bitki metabolizması, yaprak yaşı gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişmektedir (Tomaševič vd., 2005; Prusty vd., 2005; Schreck vd., 2012; Honour vd., 2009; Uzu vd., 2010; Al-Khashman vd., 2011; Turan vd., 2011; Liu vd., 2012; Shahid vd., 2014; Shahid vd., 2017; Mossi, 2018; Erdem, 2018; Sevik vd., 2018).

Bunlara ek olarak ağır metaller atmosfere yayıldıktan sonra rüzgar ile kilometrelerce uzaklara taşınabilmektedirler. Nitekim bu konuda yapılan çalışmalar Pb başta olmak üzere pek çok ağır metalin, kaynağından oldukça uzaklara taşınabildiğini göstermektedir (Uzu vd., 2009; Schreck vd., 2012; Shahid vd., 2017; Mossi, 2018).

Ayrıca bitkilerin ağır metalleri bünyelerinde biriktirmeleri bitki metabolizması ve dolayısıyla bitki stres düzeyi, bitki orijini, bitki alt türleri ve genetik yapısı gibi pek çok faktörle de doğrudan veya dolaylı olarak ilişkili olabilir (Mossi, 2018; Saleh, 2018; Erdem, 2018; Pınar, 2019).

Sonuç olarak bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunun değişimi pek çok faktörün karşılıklı etkileşimine bağlı kompleks bir mekanizmanın sonucudur. 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 (Mossi, 2018; Pınar, 2019).

6. ÖNERİLER

Bu çalışmada çok yıllık ağaçların yıllık halkalarının ağır metal konsantrasyonundaki değişiminin tespit edilmesinde kullanılabilirliği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, geçmişe dönük olarak yıllık halkaların içerisindeki ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Çalışma sonuçları ağaçların yıllık halkalarının ağır metal konsantrasyonunun izlenmesinde uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Bu konuda yapılmış çeşitli çalışmalarda da bu durum dile getirilmiştir.

Çalışma sonucunda ayrıca Mg, Ca, K, Fe, Mn ve Zn gibi aynı zamanda bitki besin elementlerinin de konsantrasyonlarındaki değişimin yıllık halkalar yardımıyla belirlenebileceği ortaya konulmuştur. Dolayısıyla ağaçların yıllık halkaları sadece ağır metal konsantrasyonlarının değil aynı zamanda bitkinin ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin de yıllar içindeki değişimi konusunda önemli bilgiler sağlayabilir.

Bu çalışma bir bölgedeki ağır metal konsantrasyonunun uzun yıllar içerisindeki değişiminin belirlenmesinde yıllık halkaların kullanımının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Dendrokronolojik çalışmalarla o bölgenin ağır metal konsantrasyonundaki değişimin yanı sıra iklimine ait veriler veya bitkiyi strese sokan faktörler konusunda da çeşitli bilgiler elde edinilebilir. Bu amaçla ağaçların yıllık halkalarının uzman kişiler tarafından daha detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

Yıllık halkaların ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılabilmesi için bir şekilde ağacın içerisinden bu yıllık halkaların temin edilmesi gerekmektedir. Bunun için en etkili yöntemin ağacın kesilmesi olduğu açıktır. Ancak, ağaçların yaşamına devam etmesine mani olmadan bu işlem yapılabilir. Bu amaçla yapılan farklı çalışmalarda ağacın içerisinden yıllık halkaların, ağaca zarar verilmeden veya en az düzeyde zarar vererek ağacın hayatını sona erdirmeden artım bulgusu kullanılarak ve bu şekilde farklı ağaçlar üzerinde farklı ağaçlar üzerinde çalışmalar yapılarak bölgenin ağır metal konsantrasyonlarının değişimi hakkında daha detaylı bilgiler elde edilmesi sağlanabilir. Bunun yanında ağaçların ana gövdesinden değil de yan dallardan yapılan budama çalışmaları sonucunda elde edilen materyaller

kullanılarak bölgenin en azından 20-30 yıl geçmişteki ağır metal konsantrasyonunun değişimi hakkında önemli bilgiler sağlanabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler çalışmada kullanılan yöntem kullanılarak farklı bölgelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesinin rahat bir şekilde sağlanabileceği ortaya konmuştur. Bu yöntem kullanılarak özellikle endüstriyel bölgelerde veya trafik kirliliğinin hızlı bir şekilde arttığı bölgelerde geçmişe yönelik ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesi sağlanabilir.

Bu çalışmada kullanılan yöntemle bir bölge hakkında geçmişe yönelik olarak yüzlerce yıllık veriler elde edilebilir. Ancak bu amaçla kullanım için hangi türlerin daha uygun olduğu konusunda yapılmış çalışma sayısı yeterli değildir. Bundan dolayı benzer çalışmaların farklı bölgeler ve farklı türler üzerinde çeşitlendirilip artırılarak devam ettirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Abechi, E.S., Okunola O. J., Zubairu1 S. M. J., Usmanand A. A. Apene E. (2010) *Evaluation of heavy metals in roadside soils of major streets in Jos metropolis, Nigeria Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology* Vol. 2(6), pp. 98-102

Abid, M. Niazi, N.K. Bibi, I. Farooqi, A. Ok, Y.S. Kunhikrishnan, A. Ali, F. Ali, S. Igalavithana, A.D. Arshad, M. (2016) Arsenic (V) biosorption by charred orange peelin aqueous environments, Int. J. Phytorem. 18 (2016) 442–449.

Akarsu, H., (2019). Atmosferdeki Ağır Metal Birikiminin Yıllık Halkalar Yardımı İle Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Ensitüsü*. Kastamonu.

Aksoy, A. & Demirezen, D. (2006). *Fraxinus excelsior* as a biomonitor of heavy metal pollution. *Polish Journal of Envi-ronmental Studies*, 15, 27-33.

Aksoy, A., & Öztürk, M. (1997). Nerium oleander L. as a biomonitor of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environments. *The Science of the Total Environment 205*, 145-150.

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.

Al-Khashman, O. A., Ala'a, H., & Ibrahim, K. A. (2011). Date palm (Phoenix dactylifera L.) leaves as biomonitors of atmospheric metal pollution in arid and semi-arid environments. *Environmental pollution*, 159(6), 1635-1640.

Alwahishi, B.AB.M. (2017) Determination of Morphological Characteristics of The Growing of Some Fruit Species and Cultivars in The Kastamonu University's Orchad, *Kastamonu University Institute of Science, MsC thesis*.Kastamonu.

Anagnostatou, A.V., (2008). Assessment of Heavy Metals in Central Athens and Suburbs using Plant Material. *Dissertation, University of Surrey*.

Aslanhan, E. (2012). Çevresel Kirliliklerin Takibinde Kullanılacak Yeni Biyomonitör Bitkiler. Yüksek Lisans Tezi, *Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kırşehir.

Assirey, E., Al-Qodah, Z., Al-Ahmadi, M., (2015). Impact of traffic density on roadside pollution by some heavy metal ions in Madinah city, *Kingdom of Saudi Arabia*. 27(10), 3770-3776.

Ataabadi, M., Hoodaji, M., & Najafi, P. (2011). Biomonitoring of some heavy metal contaminations from a steel plant by above ground plants tissue. *African Journal of Biotechnology*, *10*(20), 4127-4132.

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.

Bayram, H., Dörtbudak, Z., Fişekçi, F. E., Kargın, M., & Bülbül, B. (2006). "Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu" Paneli Ardından. *Tıp Dergisi*, 33, 105-12.

Beckett, K. P., Freer-Smith, P. H., & Taylor, G. (2000). The capture of particulate pollution by trees at five contrasting urban sites. *Arboricultural Journal*, *24*2-3), 209-230.

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 julifora as indicators of sources of heavy metal contamination. *Appl Geochem* 39:78–84

Buachoon, N. (2014). Heavy Metal Contamination in Soil and Plant samples by Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS)* Volume 2, Issue 4,p 197-200

Callahan, D. L., Hare, D. J., Bishop, D. P., Doble, P. A., & Roessner, U. (2016). Elemental imaging of leaves from the metal hyperaccumulating plant Noccaea caerulescens shows different spatial distribution of Ni, Zn and Cd. *RSC advances*, *6*(3), 2337-2344.

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.

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.

Cunha, K. P. V., & do Nascimento, C. W. A. (2009). Silico effects on metal tolerance and structural changes in maize (Zea mays L.) grown on a cadmium and zinc enriched soil. *Water, air, and soil pollution*, *197*(1-4), 323.

Cutillas-Barreiro, L., Pérez-Rodríguez, P., Gómez-Armesto, A., Fernández-Sanjurjo, M. J., Álvarez-Rodríguez, E., Núñez-Delgado, A., Arias-Estéveza, M. & Nóvoa-Muñoz, J. C. (2016). Lithological and land-use based assessment of heavy metal pollution in soils surrounding a cement plant in SW Europe. *Science of the Total Environment*, 562, 179-190.

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 kirliliğin araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *9*(1), 52-60.

Çelik A, Kartal AA, Akdoðan A, Kaska Y (2005) Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Robinia pseudo-acacia* L. Environment International 31: 105-112.

Çobanoğlu, G. (2015). The Use Of Lıchens For Bıomonıtorıng Of Atmospherıc Pollutıon. 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.

El-Hasan, T., Al-Omari, H., Jiries, A., Al-Nasir, F. (2002). Cyprees tree (Cupressus semervirens L.) bark as an indicator for heavy metal pollution in the atmosphere of Amman City, Jordan. *Environmental International,* 28, 513-519.

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.

Farahat, E., & Linderholm, H. W. (2015). The effect of long-term wastewater irrigation on accumulation and transfer of heavy metals in Cupressus sempervirens leaves and adjacent soils. *Science of the Total Environment*, *512*, 1-7.

Galal, T. M., & Shehata, H. S. (2015). Bioaccumulation and translocation of heavy metals by Plantago major L. grown in contaminated soils under the effect of traffic pollution. *Ecological Indicators*, 48, 244-251.

Gallego, S. M., Benavides, M. P., & Tomaro, M. L. (1996). Effect of heavy metal ion excess on sunflower leaves: evidence for involvement of oxidative stress. *Plant Science*, *121*(2), 151-159.

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.

Goix, S., Mombo, S., Schreck, E., Pierart, A., Lévêque, T., Deola, F. & Dumat, C. (2015). Fieldisotopic study of lead fate and compartmentalization inearthworm-soil-metal particle systems for highly polluted soil near Pbrecycling factory. *Chemosphere* 138,10–17.

Harguinteguy, C.A., Cofré, M.N., Fernández-Cirelli, A., Pignata, M.L. (2016). The macrophytes Potamogeton pusillus L. and Myriophyllum aquaticum Vell.) Verdc. as potential bioindicators of a river contaminated by heavy metals. *Microchem. J.* 124 ,228–234.

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., Aleksiayenak, 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.

Huber, M., Welker, A., & Helmreich, B. (2016). Critical review of heavy metal pollution of traffic area runoff: Occurrence, influencing factors, and partitioning. *Science of the Total Environment*, *541*, 895-919.

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

Janta R, & Chantara S (2017) Tree bark as bio-indicator of metal accumulation from road traffic and air quality map: a case study of Chiang Mai. *Thailand APR* 8:956–967

Janta, R., Chantara, S., Inta, A., Kawashima, M., & Satake, K. (2016). Levels of road traffic heavy metals in tree bark layers of Cassia fistula tree. *International Journal of Environmental Science and Development*, *7*(5), 385-388

Jaradat Q, Momani K, Jiries A, El-Alali A, Batarseh M, Sabri TG, et al. (1999). Chemical composition of urban wet deposition in Amman Jordan. Water, Air, Soil Pollut;112:55– 65.

John, R., Ahmad, P., Gadgil, K., & Sharma, S. (2012). Heavy metal toxicity: Effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by Brassica juncea L. *International Journal of Plant Production*, *3*(3), 65-76.

Jones, B. O., John, O. O., Luke, C., Ochieng, A., & Bassey, B. J. (2016). Application of mucilage from Dicerocaryum eriocarpum plant as biosorption medium in the removal of selected heavy metal ions. *Journal of environmental management*, *177*, 365-372.

Liang, J., Fang, H. L., Zhang, T. L., Wang, X. X., & Liu, Y. D. (2017). Heavy metal in leaves of twelve plant species from seven different areas in Shanghai, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, *27*, 390-398.

Liu, L., Guan, D. &Peart, M.R. (2012) The morphological structure of leaves and the dust-retaining capability of afforested plants in urban Guangzhou, South China, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 19, 3440–3449.

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.

Manno, E., Varrica, D., Dongarrà, G. (2006). Metal distribution in road dust samples collected in an urban area close to a petrochemical plant at Gela, *Sicily. Atmospheric Environment* 40 (30), 5929-5941.

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.

Martley, E., Gulson, B., Pfeifer & H. R. (2004). Metal concentrations in soils around the copper smelter and surrounding industrial complex of Port Kembla, NSW. *Australia, Sci. Toplam Environ. 325*,113–127.

Moreno-Jiménez, E. Manzano, R. Esteban, E. Pe˜nalosa, J. (2010) The fate of arsenic insoils adjacent to an old mine site (Bustarviejo, Spain): mobility and transferto native flora, J. Soils Sediments 10 (2010) 301–312.

Mossi, M. M. (2018). Çalı Formundaki Bazı Peyzaj Bitkilerinde Ağır Metal Birikiminin Belirlenmesi. Doktora Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilimdalı*. 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.

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,

Özel, S.. (2019).Bazı Meyve Ağacı Organellerinde Ağır Metal Birikiminin Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. *Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü.* Kastamonu.

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.

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., Cocozza,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

Pınar, B., (2019).Bazı Peyzaj Bitkilerinde Ağır Metal Birikiminin Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. *Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu

Poblaciones, M.J. Rengel, Z. (2016) Soil and foliar zinc biofortification in field pea(Pisum sativum L.): grain accumulation and bioavailability in raw andcooked grains, *Food Chem*. 212 (2016) 427–433.

Prusty, B. A. K., Mishra, P. C., & Azeez, P. A. (2005). Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, *India. Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(2), 228-235.

Sabuncu, R., & Çalışkan, S. (2008). Akdeniz Servisi'nin (Cupressus sempervirens L.) Ekolojisi ve Silvikültürü. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 58(1), 53-72.

Saher, N.U., Siddiqui, A.S. (2016). Comparison of heavy metal contamination duringthe last decade along the coastal sediment of Pakistan: multiple pollutionindices approach, *Mar. Pollut. Bull*. 105,403–410.

Saleh, E. A. (2018). Determınatıon Of Heavy Metal Accumulatıon In Some Landscape Plants. Ph.D. Thesis, *Kastamonu Unıversıty Instıtute Of Scıence. Department Of Forest Engıneerıng.* Kastamonu, Türkiye.

Sarı, B. & Ören, M. (2016). Safranbolu İlçesi (Karabük) Briyofit Florası. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 16(1). 157-168.

Sawidis, T., Breuste, J., Mitrovic, M., Pavlovic, P. &Tsigaridas, K. (2011). Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. *Environmental Pollution*, 159, 3560-3570.

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. Toplam Environ*. 427–428, 253–262.

Schreiber, L., & Schoenherr, J. (1992). Uptake of organic chemicals in conifer needles: surface adsorption and permeability of cuticles. *Environmental science & technology*, *26*(1), 153-159.

Severoglu, Z., Ozyigit, I. I., Dogan, I., Kurmanbekova, G., Demir, G., Yalcin, I. E., & Kari, G. K. (2015). The usability of Juniperus virginiana L. as a biomonitor of heavy metal pollution in Bishkek City, Kyrgyzstan. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, *29*(6), 1104-1112.

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., 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. J*ournal 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

Shakoor, M. Niazi, N. Bibi, I. Rahman, M. Naidu, R. Dong Z., Shahid, M. Arshad, M. (2012) Unraveling health risk and speciation of arsenic from groundwaterin rural areas of punjab, *Pakistan, Int. J. Environ. Res*. *Public Health* 12 (2015)12371–12390.

Stolpe, C., Krämer, U., & Müller, C. (2017). Heavy metal (hyper) accumulation in leaves of Arabidopsis halleri is accompanied by a reduced performance of herbivores and shifts in leaf glucosinolate and element concentrations. *Environmental and Experimental Botany*, *133*, 78-86.

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., & Özkoç, H. B. (2016). Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *9*(2), 17-33.

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.

Turan, D. Kocahakimoglu, C., Kavcar, P., Gaygısız, H., Atatanir,.L., Turgut, C. & Sofuoglu, S.C. (2011). The use of o Loppi e 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.

Türksönmez, Ç., Diler, A., & Özer, N. P. (2017). Marmara Denizi'nden Avlanan Hamsi (Engraulis encrasicolus L., 1758)'lerde Hg, Pb ve Cd Miktarlarının Belirlenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, (2), 28-30.

Ugulu I, Unver MC, Dogan Y (2016) Determination and comparison of heavy metal accumulation level of Ficus carica bark and leaf samples in Artvin. *Turkey Oxid Commun* 39:765–775

Uzu, G., Sauvain, J.J., Baeza-Squiban, A., Riediker, M., Hohl, M.S.S., Val, S., Tack, K., Denys, S., Pradère, P., Dumat, C. (2011). In vitro assessment of the pulmonary toxicity and gastric availability of lead-rich particles from a lead recycling plant, *Environ. Sci. Technol*. 45, 7888–7895.

Uzu, G., Sobanska, S., Aliouane, Y., Pradere, P., & Dumat, C. (2009). Study of lead phytoavailability for atmospheric industrial micronic and sub-micronic particles in relation with lead speciation. *Environmental Pollution*, 157(4), 1178-1185.

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.

Xiong, T. Dumat, C. Pierart, A. Shahid, M. Kang, Y. Li, N. Bertoni, G. Laplanche, C. (2016). Measurement of metal bioaccessibility in vegetables to improvehuman exposure assessments: field study of soil plant atmospheretransfers in urban areas, *South China, Environ. Geochem. Health* (2016)1–19.

Yang, P., Ge, J., & Yang, M. (2017). Identification of Heavy Metal Pollution Derived From Traffic in Roadside Soil Using Magnetic Susceptibility. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, *98*(6), 837-844.

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.

Ying-li, Y., Qiong, L., Ting, M., Cui-xiang, L., Yu-jin, T., Jin-mei, Y., & Ling-yun, J. (2017). Heavy metal pollution in soil and its effect on plants on the main roads of Lanzhou City. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, (5), 16.

Yurdagül E., Fenercioğlu, H. (2008). Erik Bazlı Karışık Meyveli Geleneksel Marmelat Üretimi Üzerine Bir Araştırma, *Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, 191; 103-112

Zhao, R., Shi, C., Zhou, M., Chen, G., Gao, Z., & Shi, F. (2017). Resistance characteristics of Cedrus deodara and Sabina chinensis to heavy metal accumulation under different atmospheric conditions. *Acta Ecologica Sinica*, *37*(1), 18-22.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Alican CESUR

Doğum Yeri ve Yılı : Ankara – 1989

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : cesuralican@hotmail.com

alican.cesur@freebirdairlines.com

Eğitim Durumu

Lise : İzmit Mimar Sinan Lisesi / Kocaeli

Lisans : Kastamonu Üniversitesi / Orman Mühendisliği

Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi

Mesleki Deneyim

İş Yeri : 2013 yılında TGS Yer Hizmetleri A.Ş (İstanbul/Türkiye)`nde Harekat Koordinatörü olarak Havacılık sektörüne giriş yaptıktan sonra 2014 yılında Uçuş Eğitimine başladım. 2018 yılında Airwin Aviator School (Esztergom/Macaristan) Uçuş Eğitmeni olarak işbaşı yaptım. 6 ay sonra Kasım 2018`de Hürkuş Havayolu Taş.Tic.A.Ş.(Freebird Airlines Antalya/Türkiye) Airbus A320 filosunda İkinci Pilot olarak işbaşı yapmış olup ve halen görevime devam etmekteyim.