D.E.Ü. TINAZTEPE YERLEŞKESİ'NDE AĞAÇ BİLEŞENLERİ ÜZERİNDE İZ ELEMENT KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ VE KİRLETİCİ KAYNAKLARIN TESPİT EDİLMESİ

Yağmur Meltem AYDIN(*), Pelin KAVAK, Melik KARA, Tolga ELBİR

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Buca/İzmir

ÖZET

Bu çalışmada, Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi ve civarında ağır metal kirliliğinin belirlenmesi için ağaçlardan örnekler alınmıştır. Çalışma kapsamında, 27 farklı noktadaki ağaçlardan (Kızılçam ve Fıstık çamı) ibre ve kabuk örnekleri ile birlikte her ağacın altından toprak örneği alınmıştır. Toplanan örneklerde 35 farklı iz elementin (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, U, V, Zn, Zr) ICP-MS (Endüktif Eşleşmiş Plazma – Kütle Spektrometresi) cihazı ile konsantrasyonları belirlenmiş, yerleşke içinde ve yakın çevresindeki yerel dağılımlar elde edilmiştir. Ayrıca bölgedeki potansiyel kirletici kaynaklar faktör analizi çalışmaları ile belirlenmeye çalışılmıştır.

ABSTRACT

In this study, samples from trees were collected in Dokuz Eylul University Tinaztepe Campus in order to determine heavy metal pollution in the region. Bark, needle and soil samples (Turkish Red Pine and Stone Pine) were collected from 27 different sampling sites. Thirty-five different trace elements (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, U, V, Zn, Zr) were analyzed with ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry) system and spatial distribution of the concentrations in the campus and its surroundings were determined. Additionally, possible pollutant sources were also investigated by factor analysis.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

İz element, hava kalitesi izleme, ağaç bileşenleri, faktör analizi

1. GİRİŞ

Bilinçsizce doğaya bırakılan ağır metaller ve iz elementler suya, toprağa ve havaya karışmaktadır. Birçok element; hava, su ve besinler ile canlı organizmaların bünyesine alınmaktadır (Quierolo vd., 1989; Wolterbeek, 2001). Bünyeye giren elementlerin bir kısmı, bitkilerde verim kaybına ve hatta ölümlere sebep olmaktadır (Lepp, 1981; Bayçu ve Önal, 1992; Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Özden, 2001).

* meltem.aydin@ogr.deu.edu.tr

Hava kirliliğinin ölçümlerle izlenmesi için literatürde kullanılan birçok yöntem olmasına rağmen son yıllarda kirleticilerin canlılar üzerindeki birikiminin izlenmesi yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Loganathan vd., 2008; Wen vd., 2009; Augusto vd., 2010; Ratola vd., 2010; Gueguen vd., 2011; Ratola vd., 2011; Choi, 2013; Odabasi vd., 2015). Bir biyolojik izleme metodu olan bu yöntemde, farklı bitkiler ve ağaçlar pasif örnekleme sistemleri gibi kabul edilerek bunlar üzerinde biriken hava kirleticilerin bir bölgedeki mekansal ve zamansal değişimi izlenebilmektedir. Bunun yanı sıra, ağacın kabuk ve yapraklarındaki kirletici miktarlarının ölçülerek hava kirliliğinin yerel dağılımının belirlenmesi de literatürde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Wen vd., 2009; Augusto vd., 2010; Choi, 2013; Odabasi vd., 2015). Bu yöntem, iz elementler gibi inorganik kirleticilerin belirlenmesinde de başarı ile kullanılmaktadır (Bellis vd., 2005; Mandiwana vd., 2006; Al-Alawl vd., 2007; Berlizov vd., 2007; Dogan vd., 2007; Conkova vd., 2008; Schelle vd., 2008; Catinon vd., 2009).

Literatürdeki çalışmalarda, ağaç kabuğunda biriken kirleticilerin hava kirliliği seviyesini ve yerel dağılımını en iyi gösteren indikatör olduğu belirlenmiştir (Aboal vd., 2004; Kuang vd., 2007; Sun vd., 2010; Lehndorff ve Schwark, 2010; Odabasi vd., 2015). Dış havada çok sayıda noktada örnekleme yapmanın yüksek maliyeti, fiziksel ve teknik sınırlamaları göz önüne alındığında, hava kirliliğinin yerel dağılımını ve uzun vadeli seviyelerini incelemek için farklı ağaç bileşenlerinin örneklenmesi uygulanabilir bir alternatif olarak görülmektedir (Aboal vd., 2004; Kuang vd., 2007; Sun vd., 2010; Lehndorff ve Schwark, 2010; Gueguen vd., 2012).

Bu çalışmada Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi'nde, hava kirliliğinin neden olduğu iz element konsantrasyonlarının ağaç bileşenleri yardımıyla tespit edilmesi ve kaynaklarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, belirlenen 27 farklı noktadan ibre, kabuk ve toprak örnekleri alınmış, her bir örnekte iz element konsantrasyonları belirlenmiş ve yerel dağılımları haritalanarak, faktör analizi ile kaynakları tespit edilmeye çalışılmıştır.

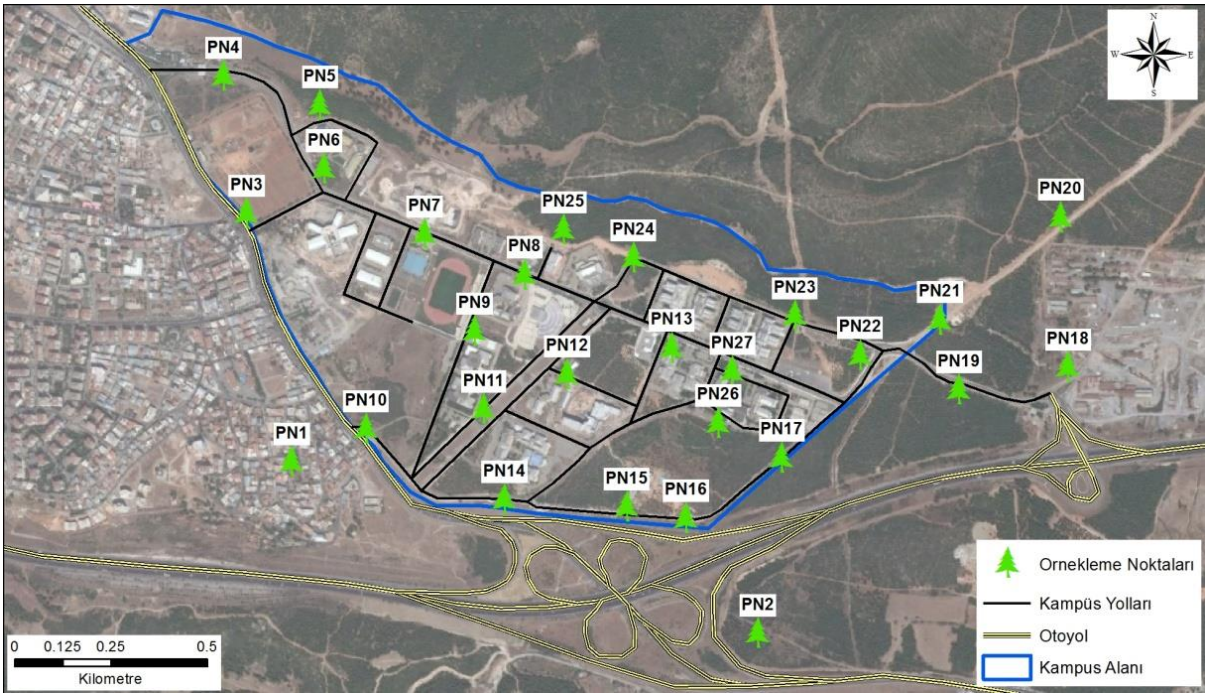
2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çalışma alanı ve örnekleme programı

Çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi'nin Buca'da yer alan Tınaztepe Yerleşkesi'nde gerçekleştirilmiştir. Tınaztepe Yerleşkesi, Buca ilçesinin güneydoğusunda kurulu olup, güneyinden ve doğusundan İzmir-Aydın çevre otoyolu geçmektedir. Ayrıca batı ve kuzey yönlerinden de yerleşim alanları ile çevrilidir.

Yerleşkenin yer aldığı İzmir ili Buca ilçesinde tipik Akdeniz iklimi egemendir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer. Bir yılda hava sıcaklığı 10 günden az 0 ºC'nin altına düşer ve 100 gün civarında ise 30 ºC'nin üzerine çıkar. Kar yağışı ve don nadir görülür. Senelik yağış miktarı 700–1200 mm arasındadır. Yıllık ortalama en düşük ve en yüksek hava sıcaklığı sırasıyla 13,7 ºC ve 22,6 ºC'dir. Bölgede genellikle kuzeyli rüzgarlar hakimdir (MGM, 2013).

Şekil 1'de gösterilen örnekleme noktaları yerleşke alanının tamamını temsil edecek noktalar olarak belirlenmiştir. Çoğunluğu yerleşke alanı içine yer alan noktalar gibi yerleşke dışından da bir kaç nokta çalışmaya dahil edilmiştir. Farklı 27 noktada seçilen Fıstık çamı ya da Kızılçam ağaçlarından ibre, kabuk ve ağaçların diplerinden toprak örnekleri toplanmıştır. Örnekler kış mevsimi sonrası yağışların bittiği ve yağışın olmadığı bir günde (22 Nisan 2015) toplanmıştır.



Şekil 1. Örnekleme noktaları ve çalışma alanının genel görünümü

2.2. Örnekleme yöntemi

Fıstık Çamı ve Kızılçam ağaçlarından ibre yaşına bakılmaksızın her ağacın tepe tacının üstteki 1/3'lük kısmından ibre örnekleri alınmıştır. Örnekler, farklı bakılardan her iki yaşa ait ibrelerin üzerinde bulunduğu dalların bir dal makası ile kesilmesi yöntemiyle toplanmıştır.

Kabuk örnekleri, ağaçlardan alınırken kabuğun üzerinde liken vb. organizmalar olmamasına dikkat edilerek, ağaçların yerden 1,5 m yüksekliğindeki kısmından, kabuğun yaklaşık 15 cm^2 ve 5 mm derinliğindeki bir parçası temizlenmiş kabuk soyma bıçağı yardımıyla alınmıştır.

Toprak örnekleri ağaç bileşenlerinin örneklendiği ağaçların dip kısmından toprak örnekleme seti kullanılarak alınmıştır. Bu set içinde bulunan çelik hacim silindirleri (100 cm^3 hacminde) toprağa bir çekiç yardımı ile çakılarak (~üst 5 cm) örnekler alınmıştır.

İbre ve kabuk örnekleri, temizlenmiş hava geçirmeyen cam kavanozlara, toprak örnekleri ise plastik poşetin içine konularak laboratuvara getirilmiş ve analize kadar +4 °C'de saklanmıştır.

2.3. Laboratuvar çalışmaları

Homojen hale getirilmiş dal, ibre ve toprak numunelerinin nem içeriği belirlenmiştir. Bu amaçla boş ağırlığı belirlenmiş porselen kaplara gövde örneklerinden yaklaşık 1,5 g, diğer tüm örneklerden yaklaşık 1 g numune eklenmiş, kap+örnek ağırlığı belirlenmiş ve etüvde 60 °C'de 48 saat bekletilmiştir. Daha sonra desikatörde soğumaya alınan örnekler tekrar tartılarak ağırlıkları belirlenmiş, ilk ve son ağırlıklar arasındaki farklar kullanılarak nem ve kuru madde içerikleri hesaplanmıştır.

Element analizi için kullanılacak toprak örnekleri içindeki taş, bitki parçaları ve diğer yabancı maddeleri ayırmak amacıyla kurutulmadan önce 2 mm plastik elekten geçirilmiştir. İbre örnekleri yaklaşık 1 cm boyunda parçalara ayrılmış ve örneklerin homojen hale getirilmesi sağlanmıştır. Kabuk örnekleri ise havan içinde dövülerek toz haline getirilmiştir.

İbre, kabuk ve toprak örneklerinde element konsantrasyonlarının belirlenmesi için, yaklaşık 0,5 gr örnek tartılarak mikrodalga asit parçalama metodu yardımıyla parçalanmıştır. Parçalama işleminde, tartılan toprak örnekleri üzerine 8 mL HNO_3 (%65, Merck), 2 mL HCl (%37, Merck) eklenip, diğer ibre ve kabuk örneklerinde ise; 8 mL HNO_3 (%65, Merck), 2 mL H_2O_2 (%30, Merck) eklenip mikrodalga parçalayıcıda (MARS 5, CEM Corp.) 190 °C'de 20 dk proses edilmiş ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra deiyonize saf su ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. Analiz öncesinde 0,5 µm PTFE (Minisart SRP) filtreden geçirilen örnekler analize kadar 4 °C sıcaklıkta saklanmıştır.

Çalışmada, 35 elementin (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, La, Li, Mo, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Sn, Sr, TI, U, V, P, Si, Zn, Zr) analizi ICP-MS (Endüktif Eşleşmiş Plazma–Kütle Spektrometresi) cihazı ile yapılmıştır.

2.4. Veri ve faktör analizi

Verilerin hesaplanmasında ve istatiksel analizlerde Microsoft Excel programı kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, faktör analizi ile kirleticilerin olası kaynakları tespit edilmeye çalışılmıştır. Faktör analizi, aralarında ilişki bulunduğu düşünülen çok sayıdaki değişken arasındaki ilişkilerin anlaşılmasını ve yorumlanmasını kolaylaştırmak için daha az sayıdaki veriyi temel boyuta indirgemek veya özetlemek üzere gerçekleştirilen bir grup çok değişkenli analiz tekniğine verilen genel bir isimdir. Bu amaçla, birbirleriyle ilişkili olan ve aynı kaynaktan gelmesi muhtemel olan elementler gruplandırılarak kaynakları belirlenmiştir. Ayrıca, kirleticilerin mekansal dağılımlarını gösteren haritalar ise bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı (ArcGIS) kullanılarak hazırlanmıştır.

3. SONUÇLAR

3.1. İz element konsantrasyonları

Çalışmada ibre, kabuk ve toprak örnekleri için hesaplanan element konsantrasyonları (mg/kg kuru madde) örnekleme noktalarına göre aralık (minimum – maksimum) olarak Tablo 1'de verilmektedir.

Bölgede en yüksek konsantrasyonlar toprak kökenli bir element olan kalsiyum (Ca) için ölçülmüştür. Kalsiyumu diğer toprak kökenli elementler (Mg, Al, K, P, Na ve Fe) izlemektedir. Bölgede herhangi bir sanayi kuruluşu olmadığı için çinko (Zn), kurşun (Pb), bizmut (Bi), berilyum (Be), gümüş (Ag), selenyum (Se), kadminyum (Cd) ve nikel (Ni) konsantrasyonları oldukça düşüktür.

Örnekleme yapılan ortamlar arasında en yüksek element konsantrasyonları toprak örneklerinde ölçülmüştür. Toprağın kendi yapısında Ca, Mg, Al, K, Na ve P gibi elementlerin var olması nedeniyle topraktaki iz elementler arasında çoğunlukla pozitif ilişkiler bulunmuştur. Topraktan sonra kabuk ve ibre örneklerinde de yüksek değerler belirlenmiştir. Kabuk örneklerinde ölçülen konsantrasyonlar kabuk yüzeyinin oldukça pürüzlü olması,

dolayısıyla büyük yüzey alanına sahip olması nedeniyle atmosferdeki partikül maddeleri etkin bir şekilde tutması ve uzun süre kirleticilere maruz kalabilmesi ile ilişkilendirilebilir.

Tablo 1. Ağaç bileşenlerinde ölçülen iz element konsantrasyonları (maksimum-minimum), mg/kg KM (katı madde)

Element	İbre	Kabuk	Toprak
K	17281 - 2907	62372 – 7613	620582 - 15868
Ca	9681 - 1585	4735 – 525	103614 - 3425
Mg	3749 - 540	4148 – 385	46651 - 3288
P	2865 - 569	4988 – 473	45551 - 3882
Fe	487 - 113	2461 – 443	15999 - 1799
Si	406 - 87	2050 – 174	2608 - 129
Al	380 - 74	1545 – 63	2342 - 53,7
Na	504 - 0,3	1194 – 71	726 - 201
B	79,7 - 10,5	284 – 25	2511 - 47,4
Mn	98,5 - 6,8	151 – 24	456 - 27,2
Zn	80,9 - 5,13	80 - 15,8	510 - 12,7
Sr	58,6 - 1,12	195 - 10,3	461 - 3,12
Cu	10,1 - 1,58	91,1 - 11,4	437 - 7,67
Ba	9,12 - 1,3	62,7 - 9,55	209 - 12,0
Rb	15,1 - 1,13	41,3 - 3,56	175 - 7,33
Pb	4,56 - 0,64	14,7 - 1,4	133 - 14,5
As	1,71 - 0,25	19,8 - 1,28	111 - 7,29
Cr	1,41 - 0,17	10,3 - 1,17	186,84 - 6,43
V	0,94 - 0,17	8,39 – 0,01	158,83 - 3,13
Tl	1,24 - 0,04	6,6 - 0,81	106,3 - 5,95
Li	0,87 - 0,06	5,59 - 0,64	59,82 - 2,94
Zr	0,6 - 0,08	4 - 0,61	49,19 - 3,65
Sn	0,8 - 0,03	3,73 - 0,36	53,53 - 1,21
Ce	0,44 - 0,09	2,8 - 0,34	54,21 - 3,07
Sb	0,67 - 0,01	2,29 - 0,28	46,17 - 2,7
La	0,22 - 0,04	2,27 - 0,32	23,97 - 0,12
Mo	0,29 - 0,03	2,5 - 0,26	31,25 - 0,44
Co	0,26 - 0,05	3 - 0,26	4,88 - 0,15
Se	0,21 - 0,01	1,06 - 0,11	4,6 - 0,24
Cd	0,06 - 0,01	0,79 - 0,09	4,39 - 0,12
U	0,03 – 0,01	0,41 - 0,05	2,44 - 0,04
Bi	0,04 – 0,01	0,39 - 0,02	1,99 - 0,08
Ag	0,02 – 0,01	0,14 - 0,01	1,85 - 0,06
Ni	T.E	0,14 - 0,02	0,71 - 0,08
Be	T.E	0,14 – 0,01	0,42 - 0,01

T.E: Tespit edilemedi.

3.2. İz element konsantrasyonlarının mekansal dağılımı

Toplanan ibre, kabuk ve toprak örneklerinde ölçülen element konsantrasyonlarının mekansal dağılımı ArcGIS yazılımı ile krigging interpolasyon tekniği uygulanarak belirlenmiştir. Her

bir iz element için farklı bir dağılım haritası elde edilmiştir. Şekil 2'de seçilmiş bazı iz element konsantrasyonlarının mekansal dağılımı görülmektedir.

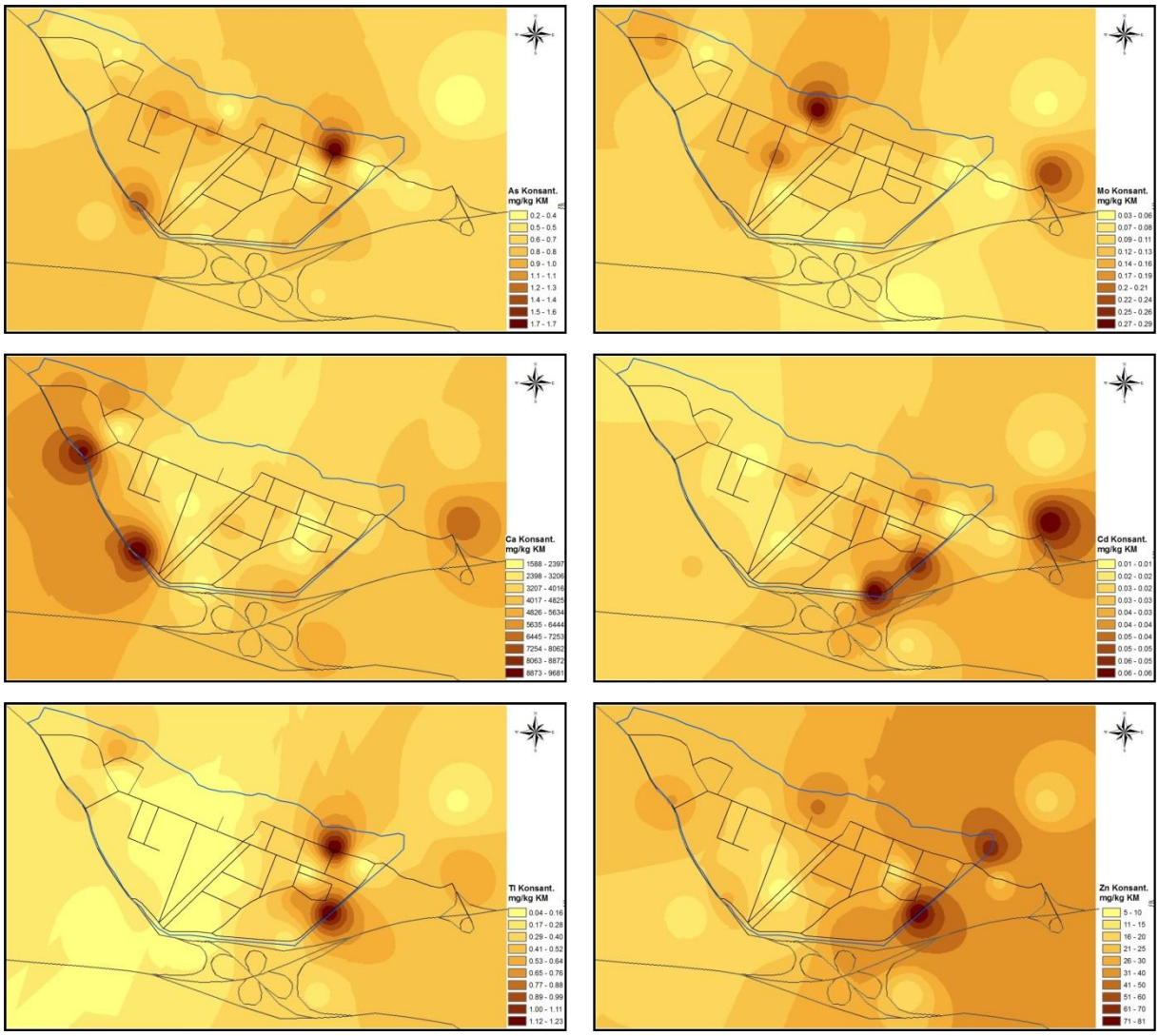
As elementi ibrelerde PN10 ve PN23 noktalarında, kabukta PN10, PN12 ve PN18 noktalarında, toprakta ise PN5, PN6 noktaları ve çevresinde yoğun olarak tespit edilmiştir. Arsenik kışın ısınmadan kaynaklanan evsel nitelikli bir elementtir. Bu nedenle de yerleşke içinde binalara yakın noktalarda konsantrasyonlar daha yüksek ölçülmüştür. İbre, kabuk ve toprak örnekleri karşılaştırıldığında bazı farklılıklar görülmektedir. Farklı bakılardan örnek alınması, rüzgarın esiş yönü, yağmurda yıkanma miktarı gibi birçok etmen bu farklılığa neden olabilmektedir.

Ca elementi bir toprak elementi olduğu için ibre, kabuk ve toprak numunelerinde her noktada en yüksek değerlerde ölçülen elementlerden biri olmuştur. Mekansal olarak farklılıkların sebebi; bazı noktalarında örneklenen toprak doğal iken, konsantrasyonların daha düşük olduğu noktalarda ise toprağın sonradan serilen dolgu toprak olduğu gözlemlenmiştir. Ca elementi trafik ve yoldan kaynaklı toz, odun ve biyomas yanmasından kaynaklı da olabilmektedir. Yerleşim alanlarında ısınma ihtiyacından kaynaklı odun ve biyomas yanması ile ibrede özellikle PN10, PN3 ve PN18 noktalarında en büyük değerler elde edilmiştir (Şekil 2).

TI daha çok toprak bir elementi olup, bazı antropojenik kaynaklardan (metal çelik proseslerinden ve trafikten kaynaklı tozdan) da kaynaklanabilir. Şekil 4'de toprağın mekansal dağılımı incelendiğinde çoğu noktada birbirine yakın konsantrasyonlar elde edildiği görülmektedir. Bu da toprağın yapısından kaynaklıdır. İbre ve kabukta ise PN18 noktasında ve yakın çevresindeki bazı noktalarda daha yüksek konsantrasyonlar ölçülmüştür. Sebebi bölgede halen sürmekte olan yol çalışmalarından rüzgârla taşınan yol tozu olabilir (Şekil 2 ve Şekil 3).

Mo trafik ve özellikle yoldaki tozdan kaynaklanan bir elementtir. Mekansal dağılım haritaları incelendiğinde ibre ve kabukta PN18 ve etrafında yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüştür (Şekil 2 ve Şekil 3). Toprakta ise yapısından kaynaklı olabileceği gibi, başka yerden taşınan topraktan da kaynaklanabilir (Şekil 4).

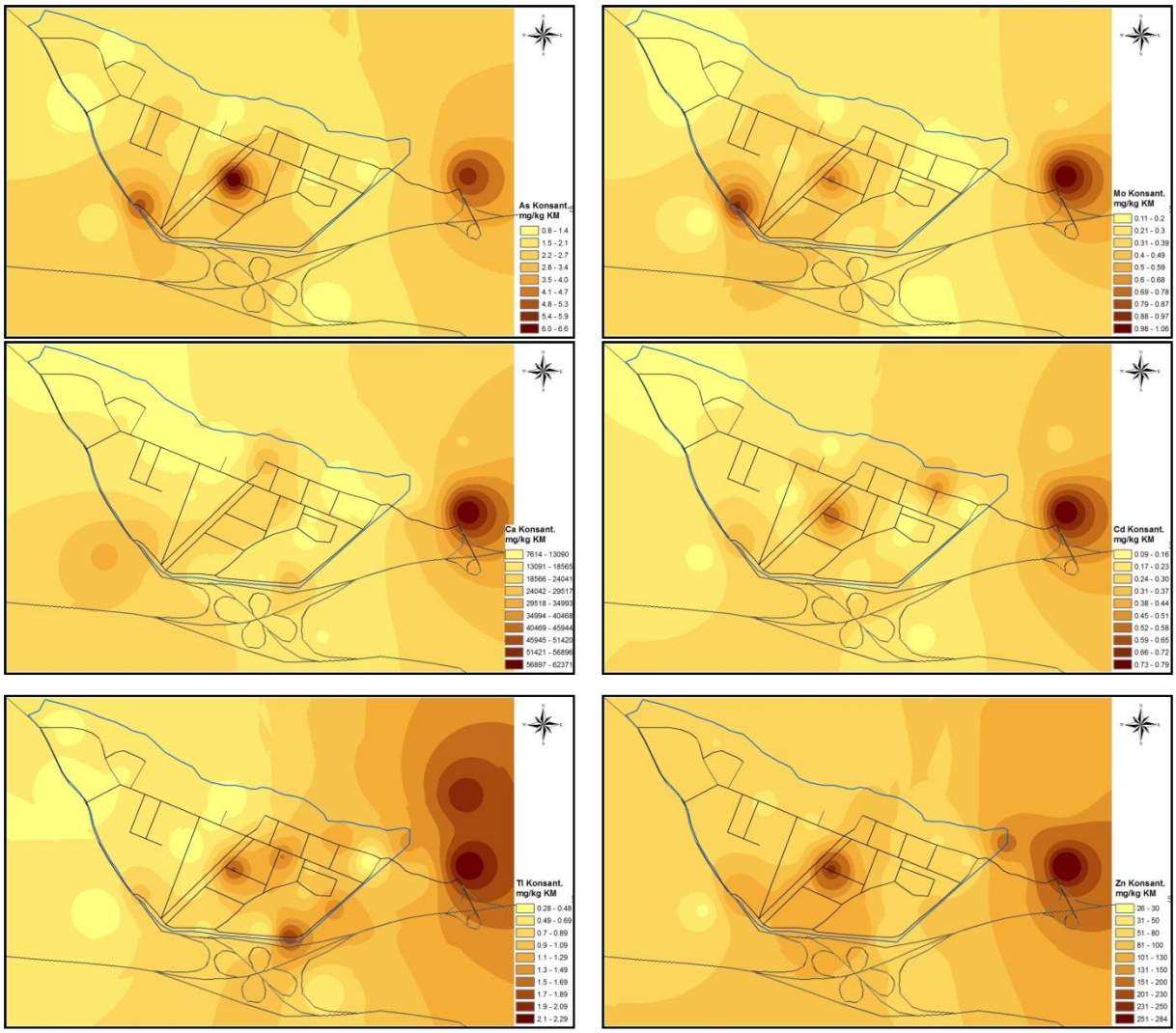
İbredeki Cd konsantrasyonu İzmir çevre yolu ve yakın noktalarda daha yüksek değerlerdedir. Otoyoldaki yoğun trafik bu noktalarda doğrudan kaynak olarak kabul edilebilir. Yine, Şekil 2'de ibrelerdeki Zn konsantrasyonlarındaki değişim dizel ile çalışan taşıtlar, endüstriyel, kentin muhtelif bölgelerinde bulunan metal çelik işletmeleri ve konutlarda odun/kömür yanmasından kaynaklı olabilmektedir. İbre ve kabukta genellikle yerleşim alanlarında ve otoyol kenarlarında yoğunlaşan bir dağılım görülmektedir. Topraktaki Zn dağılımı toprak içeriğinin farklılığı ve toprak yapılarının aynı olmamasından dolayı ibre ve kabukta farklılık oluşmasına neden olmuştur (Şekil 4).



Şekil 2. İbrelerdeki iz element konsantrasyonlarının mekansal değişimi

3.3. Elementlerin kaynaklarının belirlenmesi

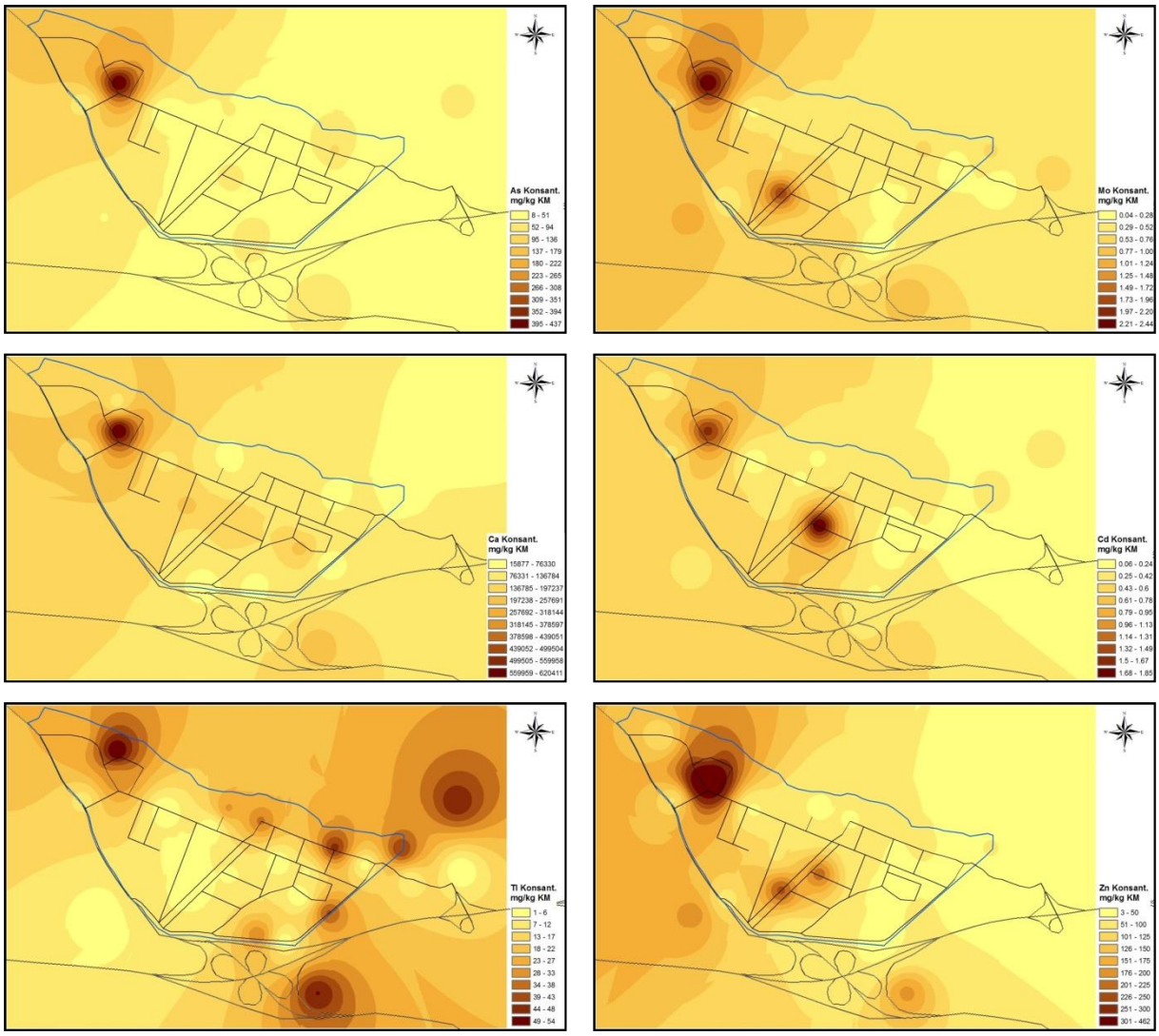
Yerleşkede ölçülen iz element konsantrasyonları kullanılarak kaynaklarının belirlenmesine yönelik faktör analizi çalışması yapılmıştır. İbreler için 27 örnek ile gerçekleştirilen faktör analizi sonucunda belirlenen faktörler Şekil 5'te verilmektedir. Faktör analizi sonucunda ibre örneklerinde özellikle endüstriyel ve doğal kaynaklar arasındaki belirgin bir farklılık bulunmaktadır. Özellikle, toprak, trafik ve evsel ısınma belirgin olarak tanımlanan kaynaklardır. Belirlenen altı faktör toplam varyansın %84,5'ini açıklamaktadır. En yüksek varyans %37 ile faktör 1'e aittir. Faktör 1'de Al, Si, V, Cr, La, Ce, Fe, Pb, Cu, Zn, Rb, Tl ve Cd elementleri ve ayrıca bitki besin maddelerinden olan P ve K yer almaktadır. Sanayi kökenli olan elementleri içerdiği için bu faktör endüstriyel kaynaklar olarak açıklanmıştır. Faktör 2, trafik için belirleyici olan Sb, Ba, Co, Sn gibi elementleri içerdiği için trafik ve yol tozu olarak açıklanmıştır. Faktör 3'te Se, Mo ve B bulunmaktadır. Bu elementler ağırlıklı olarak bölgede ısınma için kullanılan kömür ve odundan gelmektedir. Bu nedenle bu faktör evsel ısınma olarak açıklanmıştır. Faktör 4, 5 ve 6 ise tipik olarak toprak kökenli elementleri içerdiğinden kaynak olarak toprağı işaret etmektedir.



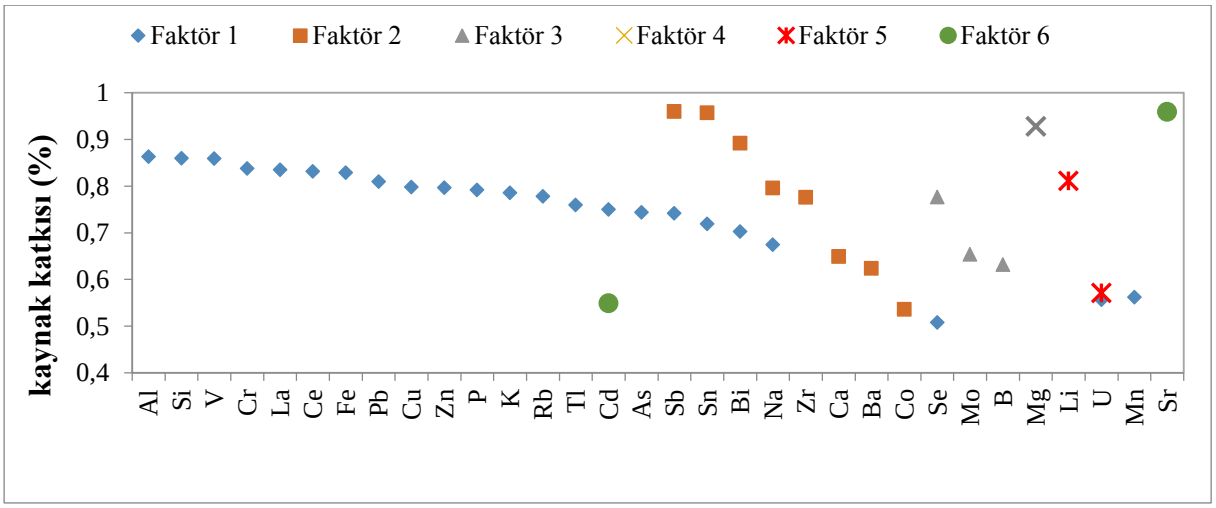
Şekil 3. Kabuklardaki iz element konsantrasyonlarının mekansal değişimi

Şekil 6'da kabuk örnekleri için gerçekleştirilen faktör analizi sonucunda belirlenen faktörler gösterilmektedir. Belirlenen üç faktör toplam varyansın %90,9'unu açıklamaktadır. Faktör 1, ağırlıklı olarak antropojenik kökenli elementleri içerdiği için endüstriyel kaynaklar olarak açıklanmıştır. Faktör 2 ise, Al, Zr, Mn, Li, U, As, Ba, K, Sr, Mg, Na, Ca ve Si gibi toprak kökenli elementler arasında korelasyon gösterdiği için toprak kaynaklı bir kaynak olarak tanımlanmıştır. Üçüncü faktör ise evsel ısınma sonucu yayınlanan elementlerden dolayı evsel ısınma olarak açıklanmıştır.

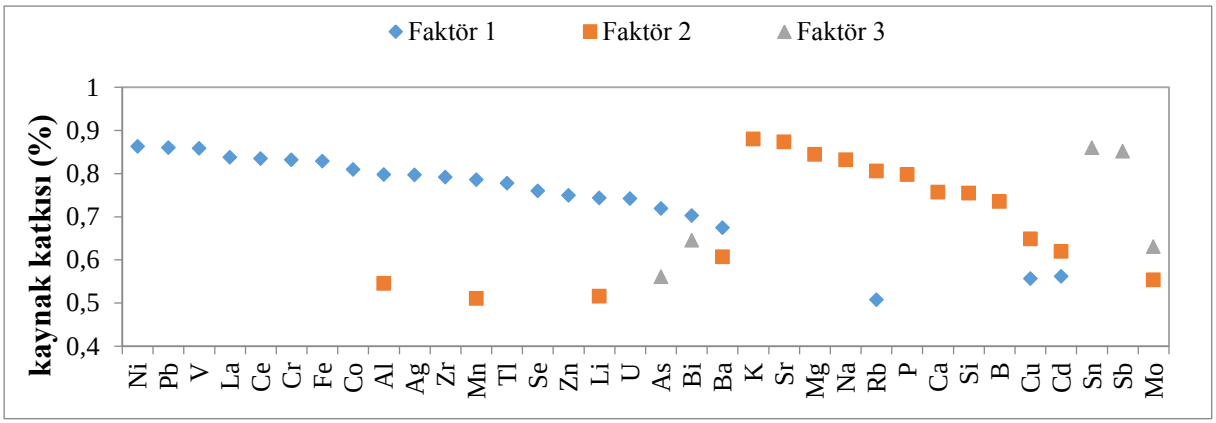
Şekil 7'de toprak örnekleri için gerçekleştirilen faktör analizi sonucunda belirlenen faktörler verilmektedir. Belirlenen üç faktör toplam varyansın %90,8'ini açıklamaktadır. Toprak örnekleri için ibre ve gövdede olduğu gibi net bir kaynak ayrımı gözlenememiştir. Özellikle yerleşkenin bazı noktalarında başka bölgelerden taşıma toprakların bulunması bu farklılıklara neden olmuştur. Analiz sonuçlarına göre, faktör 1 evsel ısınma ile toprak kaynağını bir arada tanımlarken, faktör 2 özellikle trafik kaynaklı ve yol tozu elementlerini içermektedir. Faktör 3 ve 4, toprak kaynaklı elementleri içerdiği için toprağın kendisi olarak açıklanmıştır. Faktör 5 ve 6'da ise Pb, Cd ve Cr yer aldığı için endüstriyel kaynaklara işaret etmektedir.



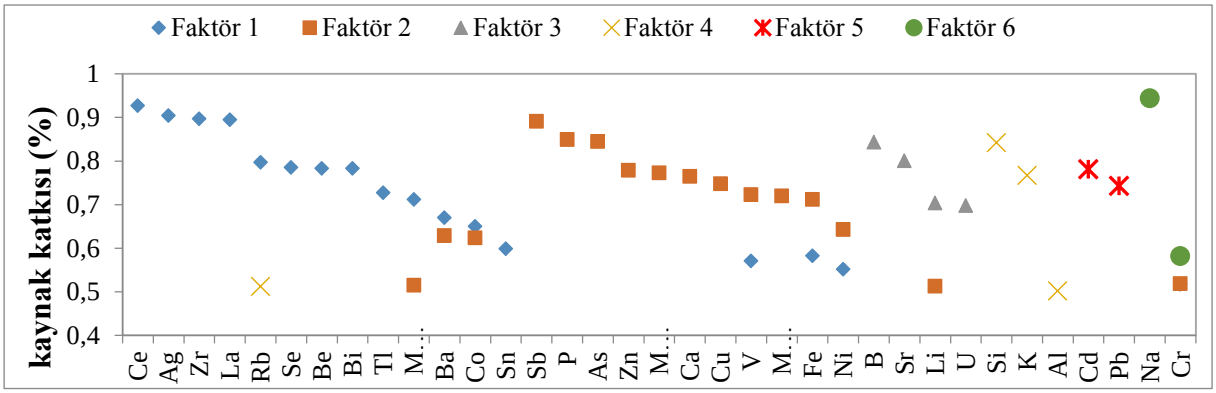
Şekil 4. Topraklardaki iz element konsantrasyonlarının mekansal değişimi



Şekil 5. İbre örneklerine uygulanan faktör analizi sonuçları



Şekil 6. Kabuk örneklerine uygulanan faktör analizi sonuçları



Şekil 7. Toprak örneklerine uygulanan faktör analizi sonuçları

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi'nde ağaçların farklı bileşenlerindeki (kabuk ve ibre) iz elementlerin miktarlarının ölçülerek incelenmesi amaçlamaktadır. Bölgedeki tipik ağaç türlerinden olan Kızılçam ve Fıstık Çamı'nın iki ayrı bileşeninde (kabuk, ibre) ve toprakta çeşitli element miktarları belirlenmiştir. Bölgenin ağır sanayi faaliyetlerinden uzak olmasından dolayı beklenildiği gibi element konsantrasyonlarının bitki bileşenleri ve topraktaki mekansal dağılımı, bu bölgede kirletici konsantrasyonlarının sanayi bölgelerine göre daha düşük seviyede olduğunu görülmüştür. Buna karşın, yapılan faktör analizi sonuçlarına göre yerleşke içinde ve çevresindeki bazı kirletici kaynakların (evsel ısınma ve trafik) katkıları açıkça görülmüştür. Ayrıca bu çalışma, bir bölgedeki kirliliğin tespiti, mekansal dağılımı ve kaynak dağılımlarının belirlenmesinde ağaç bileşenlerinin ve toprağın bir izleme ortamı olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

Aboal, J.R., Fernandez, J.A., Carballeira, A., 2004. Oak leaves and pine needles as biomonitors of airborne trace elements pollution. *Environmental and Experimental Botany* 51, 215-225.

Al-Alawl, M.M., Batarseh, M.I., Carreras, H., Alawi, M., Jiries, A., Charlesworth, S.M., 2007. Aleppo pine bark as a blomonitor of atmospheric pollution in the arid environment of Jordan. *Clean-Soil Air Water* 35, 438-443.

Augusto, S., Maguas, C., Matos, J., Pereira, M.J., Branquinho, C., 2010. Lichens as an integrating tool for monitoring PAH atmospheric deposition: A comparison with soil, air and pine needles. *Environmental Pollution* 158, 483-489.

Bayçu G., Önal M., 1992. The effects and the accumulation of cadmium in Ailanthus Altissima. Physiologia Plantarum. Proceedings of the 8th Congress of the Federation of European Societies of Plant Physiology, 13-18 Ağustos 1992, Antwerpen, Belçika.

Bellis, D.J., Satake, K., Kagawa, A., 2005. Chronological trends in trace metals recorded by a tree bark pocket in Yakushima Island, Japan. *Journal of Environmental Monitoring* 7, 384-387.

Berlizov, A.N., Blum, O.B., Filby, R.H., Malyuk, I.A., Tryshyn, V.V., 2007. Testing applicability of black poplar (*Populus nigra* L.) bark to heavy metal air pollution monitoring in urban and industrial regions. *Science of the Total Environment* 372, 693-706.

Catinon, M., Ayrault, S., Clocchiatti, R., Boudouma, O., Asta, J., Tissut, M., Ravanel, P., 2009. The anthropogenic atmospheric elements fraction: A new interpretation of elemental deposits on tree barks. *Atmospheric Environment* 43, 1124-1130.

Choi, S.D., 2013. Time trends in the levels and patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in pine bark, litter, and soil after a forest fire. *Science of the Total Environment*, Article in press.

Conkova, M., Kubiznakova, J., 2008. Lead isotope ratios in tree bark pockets: An indicator of past air pollution in the Czech Republic. *Science of the Total Environment* 404, 440-445.

Dogan, Y., Durkan, N., Baslar, S., 2007. Trace element pollution biomonitoring using the bark of *Pinus brutia* (Turkish red pine) in the Western Anatolian part of Turkey. *Trace Elements and Electrolytes* 24, 146-150.

Gueguen, F., Stille, P., Millet, M., 2011. Air quality assessment by tree bark biomonitoring in urban, industrial and rural environments of the Rhine Valley: PCDD/Fs, PCBs and trace metal evidence. *Chemosphere* 85, 195-202.

Gueguen, F., Stille, P., Geagea, M.L., Boutin, R., 2012. Atmospheric pollution in an urban environment by tree bark biomonitoring - Part I: Trace element analysis. *Chemosphere* 86, 1013-1019.

Kuang, Y.W., Zhou, G.Y., Wen, D.Z., Liu, S.Z., 2007. Heavy metals in bark of *Pinus massoniana* (Lamb.) as an indicator of atmospheric deposition near a smeltery at Qujiang, China. *Environmental Science and Pollution Research* 14, 270-275.

Lehndorff, E., Schwark, L., 2010. Biomonitoring of air quality in the Cologne Conurbation using pine needles as a passive sampler - Part III: Major and trace elements. *Atmospheric Environment* 44, 2822-2829.

Lepp, N.W., 1981. Effects of Heavy Metal Pollution on Plants. London: Applied Science Publishers.

Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 2001. Trace Elements in Soils and Plants (3. baskı). Boca Raton, Florida: CRC Press.

Loganathan, B.G., Kumar, K.S., Seaford, K.D., Sajwan, K.S., Hanari, N., Yamashita, N., 2008. Distribution of persistent organohalogen compounds in pine needles from selected locations in Kentucky and Georgia, USA. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 54, 422-439.

Mandiwana, K.L., Resane, T., Panichev, N., Ngobeni, P., 2006. The application of tree bark as bio-indicator for the assessment of Cr(VI) in air pollution. *Journal of Hazardous Materials* 137, 1241-1245.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM, 2013). http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx#sfU, Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2015.

Odabasi, M., Falay, E.O., Tuna, G., Altiok, H., Kara, M., Dumanoglu, Y., Bayram, A., Tolunay, D., Elbir, T., 2015. Biomonitoring the Spatial and Historical Variations of Persistent Organic Pollutants (POPs) in an Industrial Region. *Environmental Science & Technology* 49, 2105-2114.

Özden, H. 2001. Ağır Metal Kirlenmesinin Yüksek Bitkilere Etkisi". Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Quıerolo, F.-Valenta, P.-Stegen, S.-Breckle, S. W. 1989. Accumulation of heavy metals in oak wood from polluted regions. Mechanisms and Effects Pollutant Transfer into Forests. Editör: Georgii, H.W. Kluwer Academic Publishers.

Ratola, N., Alves, A., Santos, L., Lacorte, S., 2011. Pine needles as passive bio-samplers to determine polybrominated diphenyl ethers. *Chemosphere* 85, 247-252.

Ratola, N., Amigo, J.M., Alves, A., 2010. Comprehensive assessment of pine needles as bioindicators of PAHs using multivariate analysis. The importance of temporal trends. *Chemosphere* 81, 1517-1525.

Schelle, E., Rawlins, B.G., Lark, R.M., Webster, R., Staton, I., McLeod, C.W., 2008. Mapping aerial metal deposition in metropolitan areas from tree bark: A case study in Sheffield, England. *Environmental Pollution* 155, 164-173.

Sun, F.F., Wen, D.Z., Kuang, Y.W., Li, J.O., Li, J.L., Zuo, W.D., 2010. Concentrations of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in needles of Masson pine (*Pinus massoniana* L.) growing nearby different industrial sources. *Journal of Environmental Sciences-China* 22, 1006-1013.

Wen, S., Yang, F., Li, J.G., Gong, Y., Zhang, X.L., Hui, Y., Wu, Y.N., Zhao, Y.F., Xu, Y., 2009. Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofurans (PCDD/Fs), polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), and polychlorinated biphenyls (PCBs) monitored by tree bark in an e-waste recycling area. *Chemosphere* 74, 981-987.

Wolterbeek, B., 2001. Large-scaled biomonitoring of trace element air pollution: Goals and approaches. *Radiation Physics and Chemistry* 61, 323-327.