

ESKİŞEHİR'DE TRAFİK KAYNAKLI AĞIR METALLERİN AĞAÇ YAPRAKLARINDA BİRİKİMİNİN İSTATİSTİKSEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Arzu ÇİÇEK^{1(*)}, H. Özlem BEKTAŞ², Atila OCAK², Zeki YILDIZ³

¹ Anadolu Üniversitesi, Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Eskişehir

² Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir

³ Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Eskişehir

ÖZET

Eskişehir merkezinde bulunan 5 istasyonda bir yıl süre ile yapılmış olan bu çalışmada geniş yapraklı ağaç türlerinden *Robinia pseudoacacia* ve iğne yapraklı ağaç türlerinden *Cedrus libani* yaprakları kullanılarak, trafikten kaynaklanan kurşun, kadmiyum, çinko, bakır ve nikel birikiminin bitkilerdeki boyutları tespit edilmiştir. İstasyonlar ve ağaç türleri arasında trafik yoğunluğuna bağlı olarak anlamlı bazı farklılıklar saptanmıştır. Özellikle hız kesici bariyerler ve endüstriyel faaliyetlerin mevcut olduğu bazı bölgeler ile araç/gün sayısı yüksek olan yol kenarlarında bulunan ağaçlarda ağır metal birikiminin fazla olması, bu bölgelerde yaşayan diğer canlıların da olumsuz etkilendiklerini göstermesi açısından önem kazanmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Ağır metaller, Eskişehir, hava kirliliği, *Robinia pseudoacacia* L., *Cedrus libani* A. Rich.

ABSTRACT

In this study, Pb, Zn, Cu, Ni and Cd accumulation resulting from traffic activities in tree leaves of *Robinia pseudoacacia* L. (Deciduous), *Cedrus libani* A. Rich. (Coniferous) have been determined. Tree leaves samples collected from 5 locations during a year in Eskişehir. Between tree species and locations, expressive differences related to traffic activities have been determined. High heavy metal concentrations are found in tree leaves located in especially roadside has speed reducing barriers, heavy industry and traffic activities. As a result, high heavy metal accumulation in tree leaves is important from the point of view of negative effects on other living beings.

*acicek@anadolu.edu.tr

GİRİŞ

Günümüzde, yaşamsal aktivitenin giderek artan boyutlarda modernleşme sürecine girmesi, yirminci yüzyılın ortalarından itibaren oldukça büyük patlama gösteren nüfus artışı, sanayileşme hızı ve buna bağlı olarak ortaya çıkan büyük yerleşim birimleri, doğal ve yapay hava kirliliği sorununu gündeme getirmiştir. Çevre havasında doğal olaylar veya insan faaliyetleri sonucu oluşan gaz şeklindeki kirleticiler ile havada asılı çok küçük katı ve sıvı parçacıklarının yarattığı hava kirliliği, atmosfer havasının doğal bileşimini etkileyerek mevcut hava kalitesinin biraz daha bozulmasına neden olmaktadır. Birçok ülkede yapılan araştırmalara göre, motorlu taşıt trafiğinin yoğun olduğu yollarda, yoldan yüz-iki yüz metre uzaklıktaki mesafe içindeki toprak ve bitki örtüsünde, başta kurşun olmak üzere birçok ağır metalin yüksek düzeyde miktarlarına rastlanmaktadır (Var ve ark. 1993).

Hava kirletici parametrelerin vejetasyon üzerine olan olumsuz etkilerinin belirlenmesi için yapılan bazı çalışmalar, gaz ve partikül şeklindeki kirleticilerin biyotik ve abiyotik faktörlerle birlikte sinerjistik olarak, bitkilerin farklı aksamalarını etkilediklerini ve sonuçta morfolojik, fizyolojik ve anatomik değişiklikler meydana getirdiklerini göstermektedir (Efe ve Özbay, 1994).

Aksoy (1997) Kayseri-Kırşehir karayolu kenarında yetişen *Cichorium intybus* L. (Compositae) ve *Rumex pulcher* L. (Polygonaceae) bitkilerinde, trafik kökenli ağır metal kirlenmesini araştırmıştır. Anayoldan 0, 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600 m uzaklıklardan alınan yıkanmamış ve yıkanmış bitkilerin yapraklarındaki Pb, Cd ve Zn konsantrasyonları tespit edilmiştir. Elde edilen bilgiler sonucunda anayoldan uzaklaştıkça her iki bitki türünde de ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının düştüğü, ayrıca yaprakları tüylü olan *C. intybus*'un, yaprakları tüysüz olan *R. pulcher* bitkisinden daha fazla oranda atmosferden gelen ağır metalleri tuttuğunu tespit etmişlerdir.

Monni ve Uhlig (2001) Güneybatı Finlandiya'da Harjevalta'daki bakır-nikel maden eritme tesislerinden 0,5-8 km uzaklıklarda *Empetrum nigrum* 'un yaprak ve saplarından örnekler alarak, bu örnekler üzerinde ağır metal emisyonlarının etkilerini araştırmışlardır. Maden eritme tesisinden 0,5 km uzaklıkta kirli bir bölgede organik topraktaki toplam Cu ve Ni derişimlerinin sırasıyla 5800 ve 460 mg kg olduğunu saptamışlar, Fe, Zn, Cd, Pb, Cr derişimlerinin tesisin yakınlarında arttığını, tesise 8 km uzaklıktaki derişimlerin önemsiz olduğunu tespit etmişlerdir.

Çiçek ve arkadaşları (2001) Bilecik'in Bozüyük ilçesinde, Kasım 2000-Nisan 2001 tarihleri arasında 27 istasyondan topladıkları bitki yaprakları ve toprak örneklerinde, trafik, endüstri faaliyetleri ve yerleşimden kaynaklanan kükürt ve ağır metal (Zn, Cu, Fe, Pb, Cr, Ni, Cd) birikimini, ayrıca, kalsiyum, sodyum, potasyum ve fosfor miktarlarını belirlemişlerdir. En yüksek kükürt miktarının endüstriyel bölgedeki üç istasyonda olduğunu, en yüksek ağır metal değerlerinin karayolu ve demiryolu yakınındaki bitkilerde görüldüğünü, endüstri bölgelerine yakın yerlerden toplanan bitkilerde besi maddeleri değerlerinin literatür değerlerinden düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Türkan (1986) tarafından İzmir il merkezi ve çevre yolları kenarında yetişen bitkilerde, trafik kökenli Pb, Zn ve Cd kirlenmesinin düzeyleri araştırılmıştır. Bitkilerde Pb, Zn ve Cd miktarının trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı ve yoldan uzaklaştıkça azaldığı tespit edilmiş, ayrıca en yüksek değerler, tüylü yapraklı bitkilerde saptanmıştır.

Bereket ve Yücel (1990) *Populus nigra* subsp. *nigra* L. yaprak örneklerini kullanarak, trafik kökenli Pb, Cd, ve Zn gibi ağır metalleri izlemek için biyolojik bir yöntem denemişlerdir. İstanbul-Ankara anayolundaki yaprak örnekleri üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre, Pb seviyeleri ile trafik yoğunluğu arasında doğrusal bir orantı olduğunu, en yüksek Pb seviyesinin, sınır değerlerin üç katı olduğunu saptamışlardır.

Bu çalışmada, yoğun endüstri faaliyetlerinin ve trafiğin bulunduğu Eskişehir ili merkezinde yayılış gösteren *Robinia pseudoacacia* L. (akasya) ve *Cedrus libani* A. Rich. (sedir) ağaç türlerinde ağır metal (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) seviyeleri incelenmiştir. Durum tespitine yönelik olarak yapılan bu çalışmada, Eskişehir’de yayılış gösteren geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlarda ağır metal birikiminin seviyesi tespit edilmeye çalışılmış ve çevre kalitesinin iyileştirilmesi konusunda yapılacak çalışmalara katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Alanının Tanıtımı

İç Anadolu Bölgesi’nin kuzeybatısında, 29° 58' ve 32° 04'doğu boylamları, 39° 06' ve 40° 09' kuzey enlemleri arasında yer alan Eskişehir ilinin yüzölçümü 13 652 km², denizden yüksekliği ise 788m'dir. Eskişehir ilinin topoğrafik yapısını Sakarya ve Porsuk havzalarındaki düzlükler ile bunları çevreleyen dağlar oluşturur. Havza düzlüklerini kuzeyden Bozdağ ve Sündiken Dağları, batı ve güneyden ise Türkmen Dağı, Yazılıkaya Yaylası ve Emirdağ kuşatır. Topraklarının % 21.8'i dağlarla, % 25.8'i ovalarla ve % 52.4'ü platolarla kaplıdır.

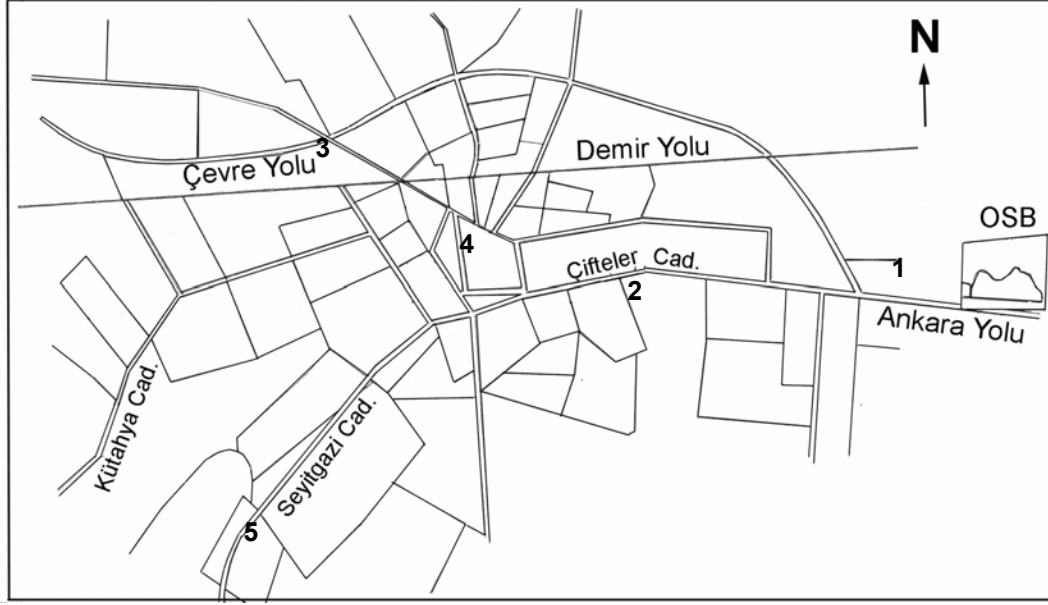
Eskişehir, sert ve karasal bir iklime sahiptir. Kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlar sıcak ve yağışsız geçer. Yılın ortalama 108 gününde görülen yağışlar kısa süreli olup ilin yıllık yağış ortalaması 398,9 mm m² 'dir. En yağışlı ay ortalama 108,0 mm ile Aralık ayıdır. Yıllık sıcaklık ortalaması 11.9 °C'dir. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazladır. İlde genel olarak her yönden esen rüzgarlar kış aylarında doğu, diğer mevsimlerde batı yönünde daha etkilidir ve ilkbahar aylarında esen rüzgarlar genellikle yağış getirir. Merkez ilçede egemen rüzgarlar güneybatı, güneydoğu ve karayeldir. Yıllık ortalama rüzgar hızı 3.4 m sn'dir.

İlin doğal bitki örtüsünü, step formasyonları ile çeşitli yapıdaki ağaç toplulukları oluşturur. İl topraklarının % 22'si orman, %45'i tarla, % 2'si bağ-bahçe, % 16'sı çayır ve mera, % 15'i ise tarım dışı arazidir. Ormanlar deniz seviyesinden 900 m yükseklikte başlar. Sündiken ve Türkmen Dağları bitki örtüsü bakımından zengin olup, karaçam, sarıçam, kızılçam, meşe, gürgen, kayın, ardıç gibi ağaçlarla katırtırnağı, böğürtlen gibi fundalıklara rastlanır. Akarsu boyları söğüt ve kavak ağaçları açısından zengin olup il topraklarının sulanabilen bölümlerinde şeker pancarı, meyve ve sebze yetiştirilmekte, diğer kısımlarda tahıl üretilmektedir (Ertin, 1994; Anonim, 2002).

DeneySEL Çalışma

Analizler için gerekli *Cedrus libani* L. ve *Robinia pseudoacacia* A. Rich. yaprakları, 2001–2002 tarihleri arasında Eskişehir merkez ilçede yer alan 5 istasyondan (Şekil 1.) toplanmıştır (çalışmanın tamamı 12 istasyondan oluşmaktadır). Örneklerin alındığı istasyonlar ve

özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir. Alınan yaprak örneklerinde Pb, Zn, Cu, Ni ve Cd analizleri yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanındaki istasyonlar

Tablo 1. Örneklerinin alındığı istasyonlar ve özellikleri

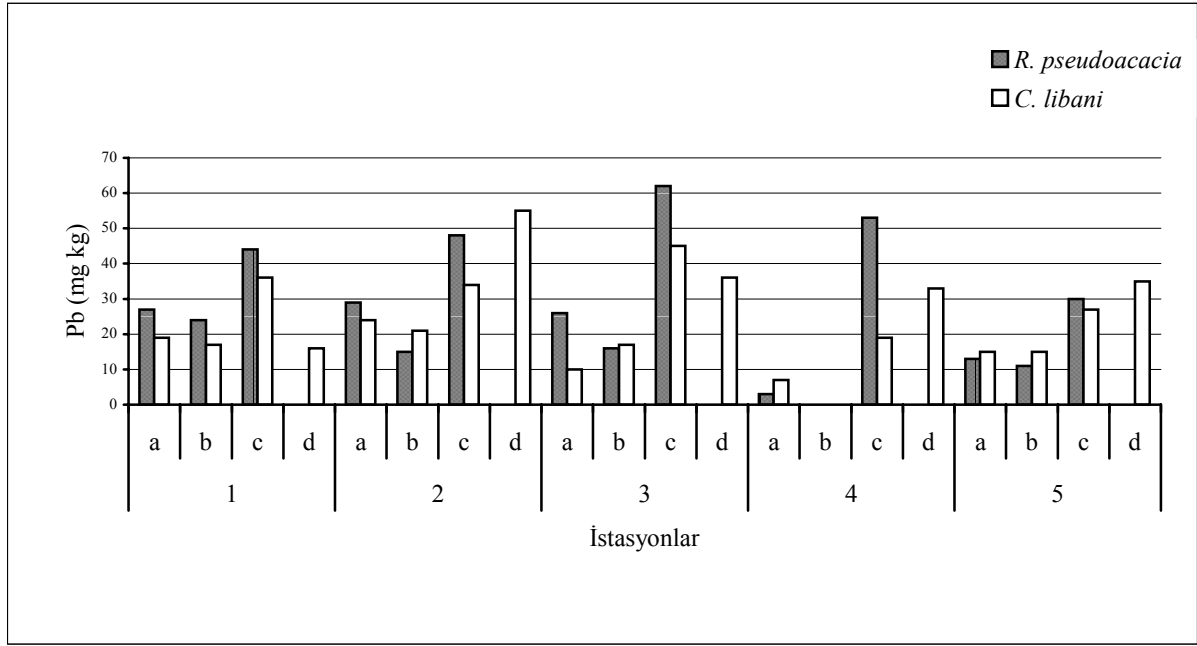
İstasyon No	İstasyon Özellikleri	Yükseklik (m)	Trafik yoğunluğu (araç/saat)
1	Organize Sanayi Bölgesi çevresi	805	375
2	Ankara yolu, yol kenarı	790	1920
3	Bursa yolu, şehrin kuzeybatısı	800	810
4	Vilayet, şehir merkezi	780	600
5	Seyitgazi yolu, şehrin güneybatısı	860	180

Kağıt zarflar içerisine konulan yaprak örnekleri laboratuvara getirilerek 105 °C'de 24 saat kurutulmuştur. Tamamen nemi giderilen örneklerden 1 g alınarak HNO₃ ve HClO₄ (4:1) oranında ilave edilmiş ve mikrodalga yakma sisteminde sindirme işlemine tabi tutulmuştur. Organik yıkımı biten ve çözünen örnekler filtre edilmiş ve hacimleri 0,1 N HCl ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Tüm metal analizleri mevcut Varian Spectra A 250 Plus Model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi'nde yapılmıştır (APHA, 1992; ASTM, 1985). Elde edilen

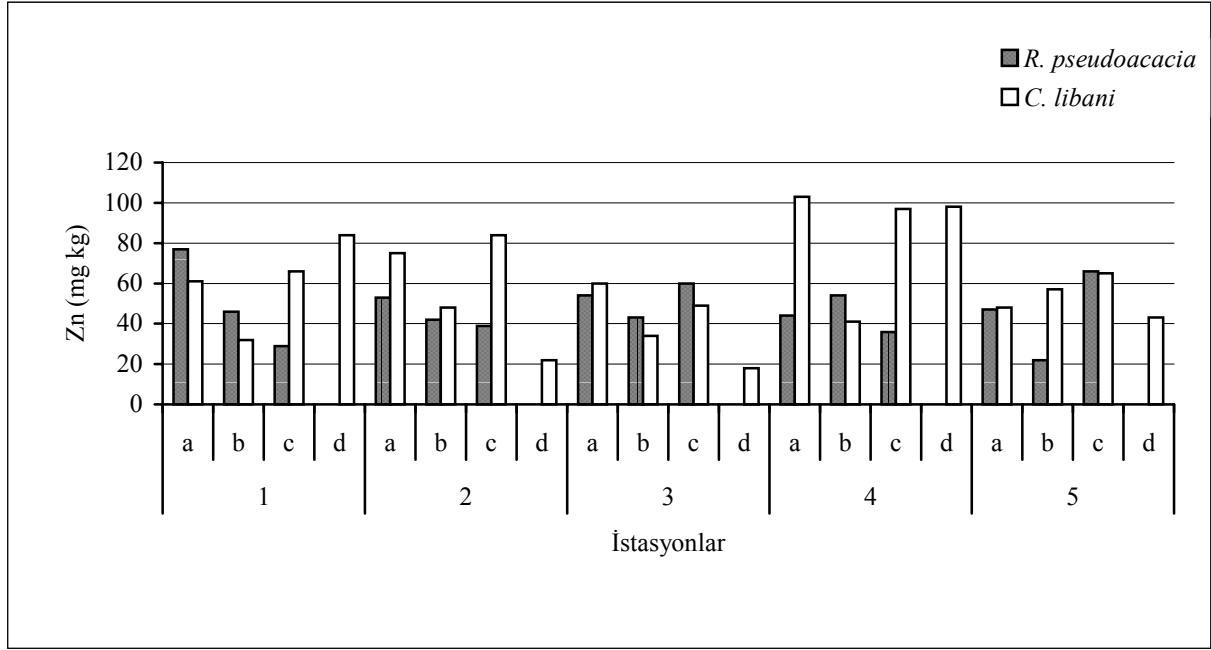
verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi, Çok Değişkenli Varyans Analizi yöntemiyle yapılmıştır (Winer, 1962; Montgomery, 1984).

SONUÇLAR

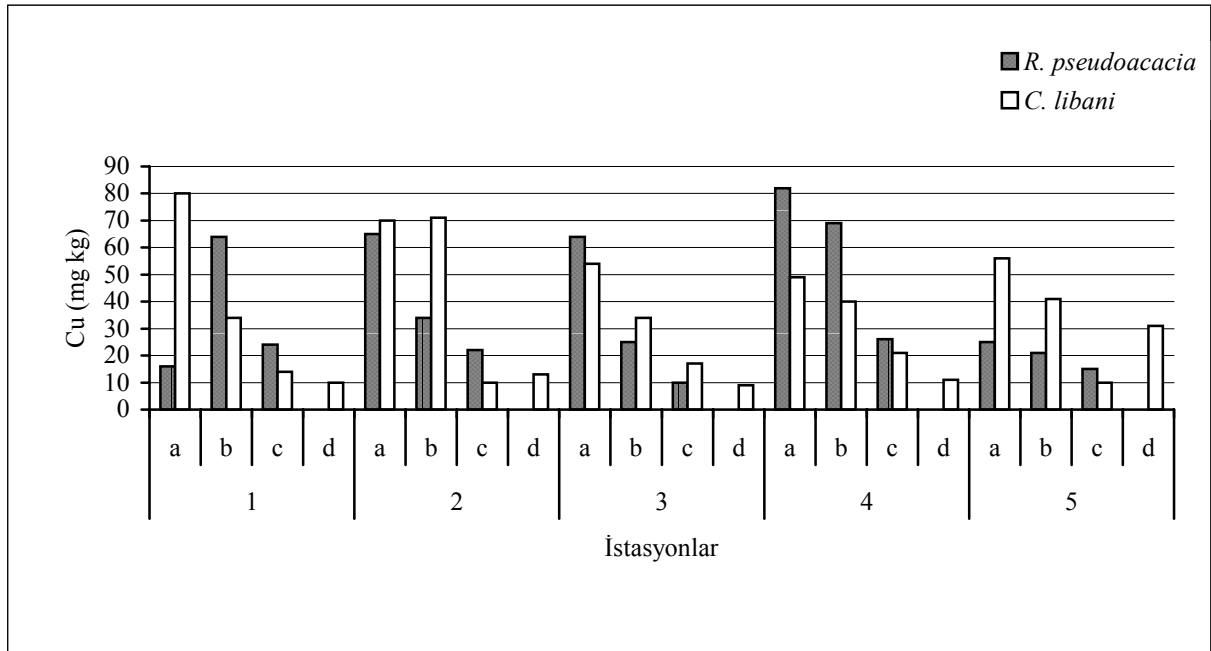
Eskişehir merkez ilçede bulunan 5 istasyondan alınan *C. libani* ve *R. pseudoacacia* yapraklarındaki Pb, Zn, Cu, Ni ve Cd içerikleri Şekil 2-6 arasında verilmektedir. Kış aylarında yaprakları olmadığı için *R. pseudoacacia* 'da ağır metalleri değerlendirmek mümkün olmamıştır.



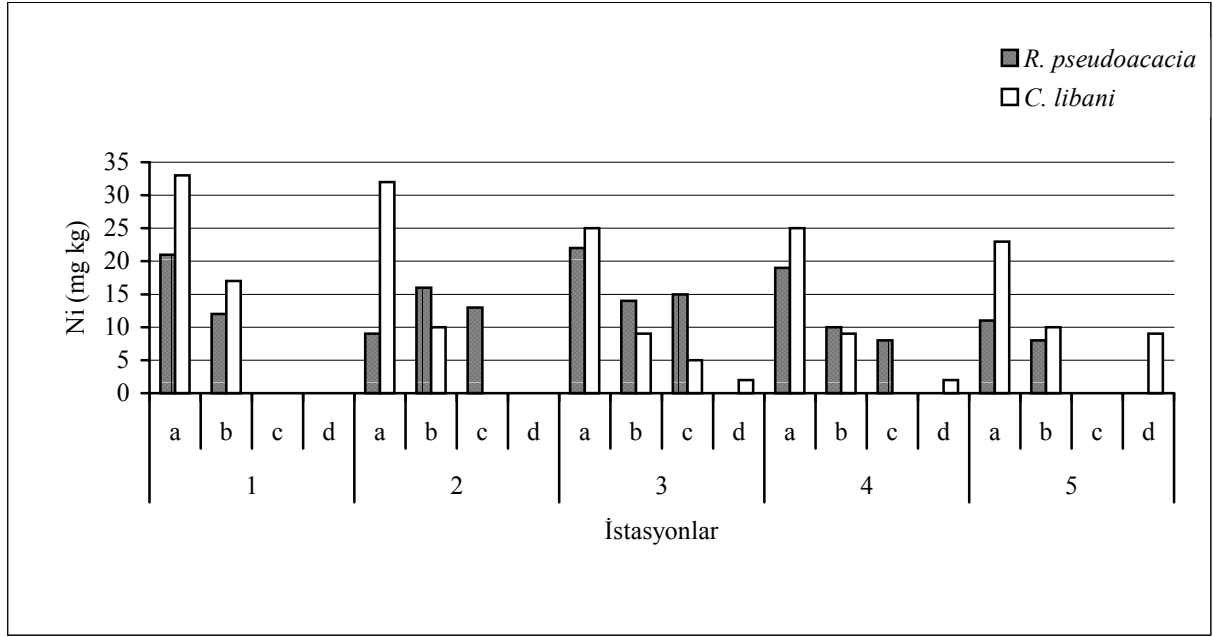
Şekil 2. *R. pseudoacacia* ve *C. libani* yapraklarındaki Pb içeriklerinin mevsimsel ortalamaları a:ilkbahar b:yaz c:sonbahar d:kış



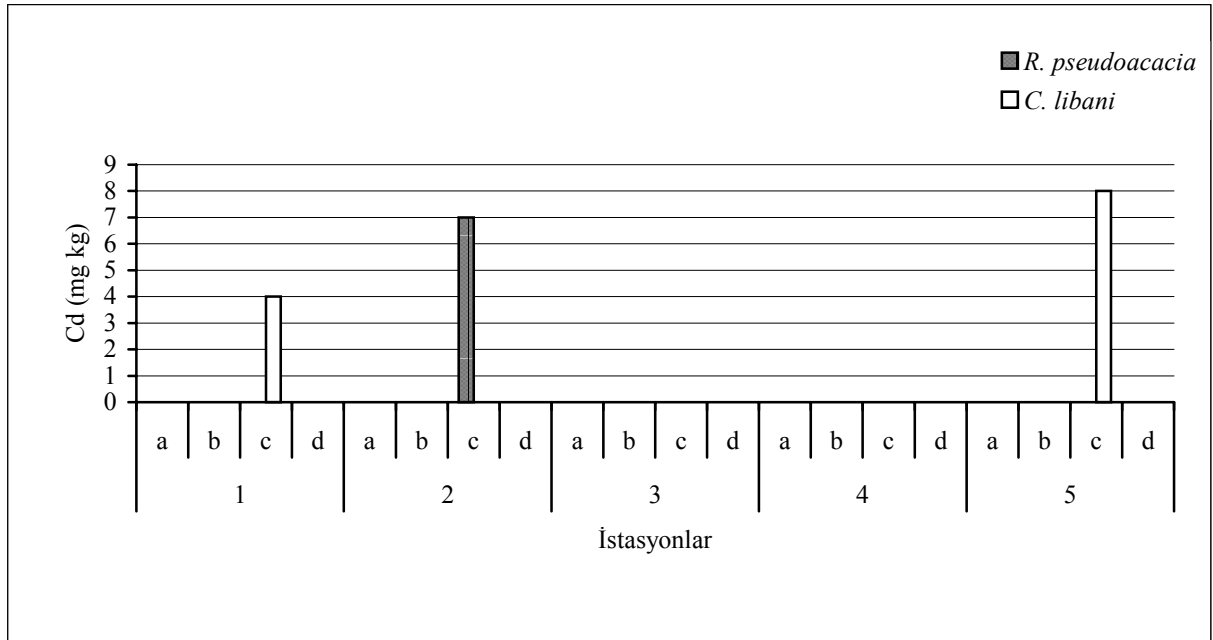
Şekil 3. *R. pseudoacacia* ve *C. libani* yapraklarındaki Zn içeriklerinin mevsimsel ortalamaları a:ilkbahar b:yaz c:sonbahar d:kış



Şekil 4. *R. pseudoacacia* ve *C. libani* yapraklarındaki Cu içeriklerinin mevsimsel ortalamaları a:ilkbahar b:yaz c:sonbahar d:kış



Şekil 5. *R. pseudoacacia* ve *C. libani* yapraklarındaki Ni içeriklerinin mevsimsel ortalamaları a:ilkbahar b:yaz c:sonbahar d:kış



Şekil 6. *R. pseudoacacia* ve *C. libani* yapraklarındaki Cd içeriklerinin mevsimsel ortalamaları a:ilkbahar b:yaz c:sonbahar d:kış

Bitkilerdeki Pb, Zn, Cu, Ni ve Cd içeriklerinin istasyonlara ve aylara göre istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 2-3'de verilmiştir. İstatistiksel analizler yapılırken ortalama yıllık ağır metal değerleri göz önüne alınmıştır. Ayrıca, tüm istasyonlardan elde edilen veriler şehir merkezi dışından alınan temiz örneklerle ve sınır değerlerle Tablo 4'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Bitkilerdeki Pb, Zn, Cu, Ni ve Cd değerlerinin istasyonlara göre istatistiksel değerlendirilmesi (n: 600)

İstasyonlar	Parametreler				
	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd
1-2	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.
1-3	a.d.	a.d.	a.d.	9,0677±2,970**	a.d.
1-4	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.
1-5	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.
2-3	a.d.	a.d.	24,2556±7,331*	11,3534±2,970**	a.d.
2-4	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.
2-5	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.
3-4	a.d.	a.d.	23,2556±7,331**	7,0677±2,970*	a.d.
3-5	a.d.	a.d.	17,5414±7,331*	11,7820±2,970**	a.d.
4-5	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.

* p< 0,05

** p< 0,01

a.d. anlamlı değil

Tablo 3. Bitkilerdeki Pb, Zn, Cu, Ni ve Cd değerlerinin aylara göre istatistiksel değerlendirilmesi (n:600)

Aylar	Parametreler				
	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd
1-2	a.d.	99,7500±30,7	19,0833±6,769**	8,5000±2,742**	2,6667±1,07
1-3	a.d.	a.d.	-31,0833±8,825**	-30,2000±3,576**	a.d.
1-4	a.d.	a.d.	-52,6833±8,825**	-15,000±3,576**	a.d.
1-5	24,7833±10,176	76,8500±32,2	a.d.	a.d.	2,6667±1,12
1-6	35,0833±10,176	71,2500±32,2	-25,8833±7,099**	a.d.	2,6667±1,12
1-7	40,1833±10,176	93,5500±32,2	a.d.	a.d.	2,6667±1,12
1-8	a.d.	92,7500±32,2	a.d.	10,5000±2,876**	2,6667±1,12
1-9	a.d.	85,6500±32,2	a.d.	11,0000±2,876**	2,6667±1,12
1-10	a.d.	80,1667±26,6	21,4583±5,862**	9,0833±2,375**	1,9583±0,93
1-11	a.d.	69,7917±26,6	16,0417±5,862**	a.d.	2,2917±0,93
1-12	a.d.	76,8333±30,7	22,5000±6,769**	7,5000±2,742**	2,5833±1,07
2-3	a.d.	a.d.	-50,1667±8,825**	-38,7000±3,576**	a.d.
2-4	a.d.	a.d.	-71,7667±8,825**	-23,5000±3,576**	a.d.
2-5	a.d.	a.d.	-31,2667±7,099**	-13,7000±2,876**	a.d.
2-6	27,8333±10,176	a.d.	-44,9667±7,099**	-12,9000±2,876**	a.d.
2-7	32,9333±10,176	a.d.	-28,7667±7,099**	-13,5000±2,876**	a.d.
2-8	a.d.	a.d.	-21,6667±7,099**	a.d.	a.d.
2-9	a.d.	a.d.	-19,8667±7,099**	a.d.	a.d.
2-10	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.
2-11	-	a.d.	a.d.	-5,2500±2,375*	a.d.
2-12	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.
3-4	a.d.	a.d.	-21,6000±10,486*	15,2000±4,249**	a.d.
3-5	a.d.	a.d.	18,9000±9,081*	25,0000±3,679**	a.d.
3-6	a.d.	a.d.	a.d.	25,8000±3,679**	a.d.
3-7	a.d.	a.d.	a.d.	25,2000±3,679**	a.d.
3-8	a.d.	a.d.	21,4000±9,081*	40,7000±3,679**	a.d.
3-9	a.d.	a.d.	28,5000±9,081**	41,2000±3,679**	a.d.
3-10	a.d.	a.d.	30,3000±9,081**	39,2833±3,302**	a.d.
3-11	-	a.d.	52,5417±8,151**	33,4500±3,302**	a.d.
3-12	a.d.	a.d.	47,1250±8,151**	37,7000±3,576**	a.d.
4-5	a.d.	a.d.	53,5833±8,825**	9,8000±3,679**	a.d.
4-6	a.d.	a.d.	40,5000±9,081**	10,6000±3,679**	a.d.
4-7	a.d.	a.d.	26,8000±9,081**	10,0000±3,679**	a.d.
4-8	a.d.	a.d.	43,0000±9,081**	25,5000±3,679**	a.d.
4-9	a.d.	a.d.	50,1000±9,081**	26,0000±3,679**	a.d.
4-10	a.d.	a.d.	51,9000±9,081**	24,0833±3,302**	a.d.
4-11	36,3167±11,684	a.d.	74,1417±8,151**	18,2500±3,302**	a.d.
4-12	a.d.	a.d.	68,7250±8,151**	22,5000±3,576**	a.d.
5-6	a.d.	a.d.	75,1833±8,825**	a.d.	a.d.
5-7	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.
5-8	a.d.	a.d.	a.d.	15,7000±3,004**	a.d.
5-9	a.d.	a.d.	a.d.	16,2000±3,004**	a.d.
5-10	-	a.d.	a.d.	14,2833±2,528**	a.d.
5-11	-	a.d.	33,6417±6,241**	8,4500±2,528**	a.d.

Tablo 3 devam

5-12	-	a.d.	28,2250±6,241**	12,7000±2,876**	a.d.
6-7	a.d.	a.d.	34,6833±7,099**	a.d.	a.d.
6-8	a.d.	a.d.	16,2000±7,415*	14,9000±3,004**	a.d.
6-9	-	a.d.	23,3000±7,415**	15,4000±3,004**	a.d.
6-10	-	a.d.	47,3417±6,241**	13,4833±2,528**	a.d.
6-11	-	a.d.	a.d.	7,6500±2,528**	a.d.
6-12	32,8333±10,176	a.d.	a.d.	11,9000±2,876**	a.d.
7-8	-	a.d.	41,9250±6,241**	15,5000±3,004**	a.d.
7-9	28,8000±10,629	a.d.	48,3833±7,099**	16,0000±3,004**	a.d.
7-10	-	a.d.	a.d.	14,0833±2,528**	a.d.
7-11	-	a.d.	a.d.	8,2500±2,528**	a.d.
7-12	37,9333±10,176	a.d.	31,1417±6,241**	12,5000±2,876**	a.d.
8-9	a.d.	a.d.	25,7250±6,241**	a.d.	a.d.
8-10	a.d.	a.d.	32,1833±7,099**	a.d.	a.d.
8-11	-	a.d.	a.d.	-7,2500±2,528**	a.d.
8-12	a.d.	a.d.	24,0417±6,241**	a.d.	a.d.
9-10	a.d.	a.d.	18,6250±6,241**	a.d.	a.d.
9-11	-	a.d.	25,0833±7,099**	-7,7500±2,528**	a.d.
9-12	a.d.	a.d.	22,2417±6,241**	a.d.	a.d.
10-11	-	a.d.	16,8250±6,241**	-5,8333±1,969**	a.d.
10-12	a.d.	a.d.	23,2833±7,099**	a.d.	a.d.
11-12	17,0833±8,403*	a.d.	a.d.	a.d.	a.d.

* p< 0,05

** p< 0,01

a.d. anlamlı değil

Tablo 4. Çalışma alanındaki istasyonlardan alınan yaprakların ortalama yıllık metal birikimlerinin temiz alandan alınan örnekler ve sınır değerlerle karşılaştırılması

Metaller (mg kg) kuru ağırlık	Temiz Alan		Çalışma Alanındaki İstasyonlar										Sınır Değerler*
	Cedrus	Robinia	1		2		3		4		5		
			Cedrus	Robinia	Cedrus	Robinia	Cedrus	Robinia	Cedrus	Robinia	Cedrus	Robinia	
Pb	<0.1	<0.1	22	31	33	30	27	34	14	18	23	18	5-10
Zn	23	16	60	50	57	46	40	52	84	44	53	45	10-80
Cu	19	13	34	34	41	40	28	33	30	59	34	20	0.2-100
Ni	<0.1	<0.1	12	11	10	12	10	17	9	12	10	6	0.002-5
Cd	<0.02	<0.02	1	<0.02	<0.02	2.3	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	2	<0.02	0.1-2.4

* Baumbach, 1996; Tramble, 1996; Fergusson, 1990; Ünal ve Bozkaya, 1981; Boşgelmez ve ark. 2001

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Eskişehir merkez ilçede yapılan bu çalışmada bitki türleri arasında Pb, Zn, Cu, Ni ve Cd içeriklerinin istatistiksel olarak bütün mevsimlerde anlamlı farklılıklar ($p < 0.05$) gösterdiği tespit edilmiştir. Bu fark, iğne yapraklı (Coniferous) ve geniş yapraklı (Decidious) türlerin anatomik yapılarından kaynaklanmaktadır. Elde edilen verilere göre iki farklı tipteki yaprağın kirleticileri değişik düzeylerde biriktirdiğini söylemek mümkündür. Ancak, iğne yapraklı türlerde ibreler dökülmediği sürece kirleticileri biriktirmeye devam etmektedirler.

Yapılan analizler sonucunda kurşun değerleri, yıllık ortalama şeklinde ele alınırsa bütün istasyonlarda literatür değerlerinin üstünde bulunmuştur. İlkbahar ve yaz aylarında Pb içeriklerinin sonbahar ve kış aylarına göre daha düşük olduğu, birikimin yaprak dökümü periyoduna kadar arttığı tespit edilmiştir.

Pb, Zn ve Ni içeriklerinin birinci istasyonda yüksek olmasının nedeni, yoğun endüstriyel faaliyetler, ikinci istasyonda yüksek olmasının nedeni ise trafik yoğunluğudur (1920 araç/saat). Dördüncü istasyonda yol üzerinde hız azaltıcı bariyerlerin bulunması, trafik yoğunluğu ve Baksan sanayi sitesi Pb, Zn ve Ni içeriklerinin yüksek olmasının nedenidir. Beşinci istasyonda trafik yoğunluğu diğer istasyonlara göre oldukça düşüktür ancak, yaprak örnekleri hız azaltıcı bariyerlerin bulunduğu bölgeden toplanmıştır. Bu durum, Pb, Zn ve Ni içeriklerinin yüksek değerlerde çıkmasını açıklamaktadır. En yüksek Cd değeri de bu istasyonda 8 ppm olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardaki Cu içerikleri incelendiğinde, geniş yapraklı *R. pseudoacacia* ağaç türünde ilkbahar ve yaz mevsiminde Cu miktarının daha yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Metabolizması için gerekli Cu miktarı yeni yaprak oluşumu sırasında artmakta ve yaprak dökümü sırasında sonbahar aylarında azalmaktadır. *C. libani* türünde Cu içerikleri aynı şekilde izlenmiş, ilkbahar döneminde yeni yaprak oluşumu ile birlikte Cu içeriklerinde artış gözlenmiştir. Bu durum bitkilerin normal metabolizma faaliyetleri ile uyum göstermektedir. Zn değerleri için de benzer bir durum gözlenmektedir ancak *C. libani* türünde daha çok sonbahar ve kış döneminde birikimin arttığı tespit edilmiştir.

ÖNERİLER

Tüm sonuçlar incelendiğinde, yıl boyunca mevsimlere, istasyonlara ve yaprağın çeşidine bağlı olarak ağır metal içeriklerinin değiştiği gözlenmektedir. Bazı dönemlerde gözlenen artışlar ve azalmalar atmosferde bulunan partiküllerin dağılımına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle yağışlı mevsimlerde yaprak üzerinden yıkanma sonucu uzaklaşan partikül maddeler ağır metal seviyelerinin düşmesine, kurak dönemlerde ise daha fazla yoğunlaşarak ağır metal seviyelerinin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, bitkilerin metabolik faaliyetleri de birikim üzerinde etkili olmaktadır. Bu nedenle, yıl boyunca biriken ağır metal seviyelerinin sınır değerlerle ve temiz alanlardan alınan örneklerdeki seviyelerle karşılaştırılması daha doğru yorumları beraberinde getirmektedir. Tablo 4 incelendiğinde Eskişehir’de yayılış gösteren iğne ve geniş yapraklı ağaçlarda ağır metal kirliliğinin var olduğu ve bu konuda önlemler alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Özellikle endüstri ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yüksek çıkması beklenen ağır metallerin hız kesici bariyerler kenarında da yüksek çıkması, bariyerlerin kaldırılması ve bu konuda başka önlemler alınmasını gerektirmektedir. Özellikle kirliliğin yoğun olduğu bölgelerde yaşayan canlıların, toksik etkiye sahip kirleticilerden her gün biraz daha fazla etkilendikleri düşünüldüğünde, Eskişehir’de yerel yönetim, üniversiteler

ve kamu kuruluşları başta olmak üzere tüm halkın kirliliği engelleyici tedbirleri alması ve uygulaması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Aksoy, A. Kayseri-Kırşehir Karayolu Yakınında Yetişen Bitkilerde Ağır Metal Kirlenmesi, III. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Programı, Kırşehir, 1997.

Anonim. Çevre Durum Raporu, İl Çevre Müdürlüğü, Eskişehir, 2002.

APHA. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, 18th ed., (Ed. Greenberg, A.E., Clesceri, Eaton, A.D.) Washington, U.S.A., 1992.

ASTM. Preparation of Biological Samples for Inorganic Chemical Analysis 1, Annual Book of ASTM Standards, D-19, 740-747, 1985.

Baumbach, G. Air Quality Control, Springer-Verlag, Heidelberg, 1996.

Bereket, G., Yücel, E. Monitoring Of Heavy Metal Pollution Of Traffic Origin In Eskişehir, Doğa Tr. J. Of Chemistry, 14, 266-271, 1990.

Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Savaşçı, S. ve Paslı, N. Ekoloji II Toprak, Ankara, 2001.

Çiçek, A., Koparal, A.S., Karaçam, İ., Tuna, H., Tetik, N. Accumulation Of Sulfur and Heavy Metals From Residential, Industrial and Traffic Activities in Some Plants and Soils, Air Quality Management. Proceedings of the Second International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey. September 25-28, 2001.

Efe, N., Özbay, O. The Effects of SO₂ on the Physiological Parameters of *Zea mays* L. and *Glycine max.*, T. J. of Botany, 18, 469-474, 1994.

Ertin, G. Eskişehir Kentinde Yerleşmenin Evrimi, Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 773 Eskişehir, 1994.

Fergusson, J.E. The Heavy Elements Chemistry, Environmental Impact And Health Effects, Pergamon Press, 1990.

Monni, S., Uhlig, C., Hansen, E., Magel, E. Ecophysiological Responses of *Empetrum nigrum* To Heavy Metal Pollution, Environmental Pollution 112, 121-129, 2001.

Montgomery, D.C. Design and Analysis of Experiments, 2nd ed., U.S.A., 1984.

Tramble, F. Detection and Determination of Trace Elements, M.Pinta, 1996.

Türkan, İ. İzmir İl Merkezi ve Çevre Yolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Kurşun, Çinko ve Kadmiyum Kirlenmesinin Araştırılması, Turkish Journal of Biology, 10 (1) 116-120, 1986.

Ünal, H. Bozkaya, H. Toprak Kimyası, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, 1981.

Var, F. Kaytaoğlu, S., Kara, S. Eskişehir'de Hava Kirliliğinin Matematik Modelle İncelenmesi, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü II.Ulusal Sempozyumu ve Hava Kalitesinin Kontrolünde Ulusal Hedef ve Stratejiler, Yöresel ve Sektörel Uygulamalar Paneli, Eskişehir, 1993.

Winer, B.J. Statistical Principles In Experimental Design, McGraw-Hill Company, 1962.