

Bazı Bitkilerin Farklı Organlarındaki Çinko Konsantrasyonlarına Trafik Yoğunluğunun Etkisi

Effect of Traffic Density on Zinc Concentrations in Different Organs of Some Plants

Abdusalam Imhmed Ahmed HMEER¹ , Hakan ŞEVİK² 

¹ Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Kastamonu, Türkiye

² Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

Article Info

Research Article

DOI:10.29048/makufebed.1671377

Corresponding Author

Hakan ŞEVİK

Email: hsevik@kastamonu.edu.tr

Article History

Received: 07.04.2025

Revised: 14.05.2025

Accepted: 16.05.2025

Available Online: 10.06.2025

To Cite

Hmeer, A. I. A., & Şevik, H. (2025). Bazı bitkilerin farklı organlarındaki çinko konsantrasyonlarına trafik yoğunluğunun etkisi. *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University*, 16(1), 46-52. <https://doi.org/10.29048/makufebed.1671377>

Öz: Son yüzyılda antropogenik faktörlere bağlı olarak hızla artan hava kirliliği, dünya genelinde her yıl milyonlarca insanın ölümüne sebep olan küresel bir sorun haline gelmiştir. Hava kirliliği bileşenleri arasında en tehlikeli ve zararlı olanları ağır metallerdir. Havadaki ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesi ve kirliliğin azaltılmasında kullanılabilecek en etkin araçlar ise bitkilerdir. Ancak, havadaki ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesinde ve azaltılmasında kullanılabilecek bitkilerin ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında Samsun il merkezinde yetişen ve peyzaj uygulamalarında sıklıkla kullanılan türlerden *Aesculus hippocastanum*, *Tilia tomentosa*, *Ligustrum vulgare* ve *Catalpa bignonioides* türlerinden, yoğun trafik, az yoğun trafik ve trafiğin olmadığı alanlarda yetişen bireylerinin yaprak, kabuk ve odun örneklerinde Zn konsantrasyon değişimleri ICP-OES kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda bütün organlarda trafik yoğunluğu ve bütün trafik yoğunluklarında organ bazında Zn konsantrasyon değişiminin istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek değerler tür bazında *A. hippocastanum* > *L. vulgare* > *T. tomentosa* > *C. bignonioides* şeklinde, organ bazında ise yaprak > kabuk > odun şeklinde sıralandığı belirlenmiştir. Trafik yoğunluğu ile organlardaki Zn konsantrasyonu arasında ise doğrusal bir ilişki olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, çinko, biyoizleme

ABSTRACT: Air pollution, which has increased rapidly in the last century due to anthropogenic factors, has become a global problem that causes millions of deaths worldwide every year. Among the components of air pollution, heavy metals are the most dangerous and harmful. Plants are the most effective tools that can be used to monitor the change of heavy metal pollution in the air and reduce pollution. However, in order to both monitor the change of heavy metal pollution in the air and reduce the pollution, it is necessary to identify the plants that can accumulate heavy metals the most. In this study, leaf, bark and wood samples were collected from the individuals of *Aesculus hippocastanum*, *Tilia tomentosa*, *Ligustrum vulgare* and *Catalpa bignonioides* species, which grow in the city center of Samsun and are frequently used in landscaping studies, in areas with high, low and almost no traffic, and the changes in Zn concentrations were determined by using ICP-OES. As a result of the study, it was determined that the change in Zn concentration was statistically significant ($p<0.05$) in all organs at all traffic intensities and at all traffic intensities on an organ basis. As a result of the study, the highest values were determined as *A. hippocastanum* > *L. vulgare* > *T. tomentosa* > *C. bignonioides* on species basis and leaf > bark > wood on organ basis. There was no linear relationship between traffic density and Zn concentration in organs.

Keywords: Heavy metal, zinc, biomonitoring

1. GİRİŞ

Dünyadaki endüstriyel gelişime paralel olarak yaşanan değişimlere bağlı olarak, küresel iklim değişikliği (Erturk vd., 2024; Isınkaralar vd., 2025a), kentleşme (Bayraktar vd., 2024) ve çevre kirliliği (Özel vd., 2024) dünya genelinde en önemli küresel sorunlar haline gelmiştir. Birbiri ile bağlantılı olarak ortaya çıkan bu sorunların tehdit seviyesi her geçen gün artmaktadır. Öyle ki bu sorunlardan küresel iklim değişikliği ve kentleşmenin artık geri döndürülemez olduğu belirtilmektedir (Arıcak vd., 2024). Çevre ve özellikle hava kirliliği ise dünya genelinde çok ciddi boyutlara ulaşmıştır. Öyle ki dünya nüfusunun %90'ının artık kirli hava soluduğu, %99'unun düşük hava kalitesine maruz kaldığı belirtilmektedir. Hava kirliliği, Dünya'da her yıl yaklaşık olarak 6 milyon erken doğum, yaklaşık 3 milyon düşük kilolu bebek ve yaklaşık 7 milyon erken ölümün sorumlusu olarak gösterilmektedir (Şevik vd., 2024; Ozturk Pulatoglu vd., 2025). Üstelik Dünyada hava kirletici emisyonlarında 2030 yılına kadar beş katına kadar bir artış beklenmektedir (Yücedağ ve Kaya, 2016).

Hava kirliliğinin insan sağlığı için bu kadar tehlikeli olmasında belki de en önemli etken ağır metallerdir. Birçoğu düşük konsantrasyonlarda bile tehlikeli ve ölümcül olabilen ağır metallerin neredeyse tamamı yüksek konsantrasyonlarda zararlıdır. Üstelik solunarak insan bünyesine alınması halinde daha da zararlı oldukları belirtilmektedir (Ghoma vd., 2023). Üstelik ağır metallerin hava, su ve topraktaki konsantrasyonlarının sürekli arttığı belirtilmektedir. Ağır metaller doğal kaynaklardan da havaya yayılabilirken son yüzyıldaki sanayi faaliyetleri, taşıtlar, tarımsal faaliyetlerde kullanılan ilaç ve gübreler ile kentsel alanlardaki insan faaliyetleri havadaki ağır metal konsantrasyonlarının hızla artmasına sebep olmaktadır (Yavuz ve Sarıgül, 2016; Cobanoglu vd., 2023; Isınkaralar vd., 2024). Yapılan çalışmalar özellikle kentsel alanlardaki ağır metal kirliliğinin çok yüksek düzeylere ulaştığını ve insan sağlığını ciddi seviyede tehdit ettiğini ortaya koymaktadır (Koc vd., 2025). Konunun hassasiyetinden dolayı kentsel alanlarda havadaki çeşitli ağır metallerin konsantrasyonunun değişiminin izlenmesiyle ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır (Koc vd., 2024; Ozturk Pulatoglu vd., 2025).

Havadaki ağır metallerin konsantrasyonlarındaki değişimlerin izlenmesi ve azaltılabilmesi için kullanılabilecek en uygun araçlar bitkilerdir. Ancak bitkilerin bu amaçlarla etkin bir şekilde kullanılabilmesi için organlarında ağır metalleri en çok biriktiren bitkilerin belirlenerek kullanılması gerekir (Sevik vd., 2019a,b). Bu çalışmada ağır metal kirliliği yüksek seviyede olan Samsun il merkezinde (Sevik, 2021; Karacocuk vd., 2022; İstanbullu vd., 2023) yetişen bazı bitkilerde, en önemli ve yaygın ağır metallerden çinko (Zn) konsantrasyonlarının farklı bitkilerde, organ, yıkama durumu ve trafik yoğunluklarına bağlı olarak değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Zn, canlılar için gerekli temel yapıtaşlarından (Erdem vd., 2024). Bununla birlikte Zn esas olarak alaşım ve metal

kaplama amacıyla kullanılmakta olup elyaf üretiminde, çelik endüstrisinde, kozmetik sanayii, otomobil endüstrisinde vernik yapımında, karbon kağıtlarında ve boya maddeleri gibi çeşitli alanlarda en fazla kullanılan dördüncü metaldir (Sulhan vd., 2023). Ancak aynı zamanda havadaki konsantrasyonları insan ve diğer canlılar için son derece zararlıdır. EPA (Avrupa Verimlilik Ajansı)'ya göre havadaki konsantrasyonu 1 mg/m³'ün üzerinde insan sağlığı için zararlı olup mide bulantısı, kusma, ishal, iştahsızlık, mide krampları, baş ağrıları, bağışıklık sisteminin zayıflaması ve hazımsızlığa sebep olabilmektedir. Öyle ki Zn, potansiyel tehlikeleri dolayısıyla hem EPA hem de ATSDR (Toksik Maddeler ve Hastalık Tescil Dairesi) tarafından öncelikli kirletici listesine almaktadır (Key vd., 2023; EPA, 2025). Üstelik yapılan çalışmalar Zn'nin trafik kaynaklı olarak atmosfere yayıldığını ve bitkilerin çeşitli organlarında birikim yaptığını göstermektedir (Szwalec vd., 2020; Isınkaralar vd., 2022; Cobanoglu vd., 2023). Bu çalışmada, bazı bitkilerin organlarındaki Zn konsantrasyonu birikiminin trafik yoğunluğu ile ilişkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada kullanılan bitki örnekleri Samsun ilinde çeşitli bölgelerden toplanmıştır. Yapılan ön değerlendirmeler sonucunda trafiğin en yoğun olduğu bölgenin kent merkezi olduğu belirlenmiş ve bu bölgeden bitki örnekleri toplanmıştır. 19 Mayıs ilçe merkezi trafiğin az yoğun olduğu, kenar mahalleleri ise trafiğin olmadığı bölgeler olarak seçilmiştir. Çalışmada kent merkezlerinde sıklıkla yetiştirilen türlerden *Tilia tomentosa* Moench., *Aesculus hippocastanum* L., *Ligustrum vulgare* L. ve *Catalpa bignonioides* Walt. bitkilerinin son yıl sürgünlerinden vejetasyon mevsiminin sonuna doğru Ekim ayının son haftasında numuneler toplanmış ve poşetlenip etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir.

Laboratuvara getirilen örnekler; yaprak, kabuk ve odunlarına ayrılmış, kabuk ve yaprakların yarısında yıkama işlemi uygulanmış, yarısında ise yıkama işlemi yapılmamıştır. Daha sonra örnekler rahat kuruyabilmeleri için kırılıp parçalanmış ve ezilmiştir. Bu işlemler esnasında metal aletler kullanılmamıştır. Hazırlanan numuneler cam petri kaplarına alınmış ve etiketlenmiştir. 15 gün oda kurusu hale gelmeleri için bekletilmiş ve daha sonra 45 °C etüvde bir hafta boyunca kurutulmuşlardır.

Ön kurutma işleminden sonra numuneler çelik blender yardımıyla öğütülmek suretiyle toz hale getirilmiş sonrasında 0,5 g tartılıp mikrodalga için tasarlanan özel tüplere konulmuşlardır. Numunelerin üzerlerine 10 mL %65'lik HNO₃ ilave edilmiş, sonra da mikrodalga cihazında 280 PSI basınç ve 180 °C sıcaklıkta 20 dakika yakılmıştır. İşlemlerden sonra soğutulan numuneler üzerine deiyonize su ilave edilmek suretiyle 50 ml'ye tamamlanmış ve filtre kağıdından süzümüştür. Zn konsantrasyonları ICP-OES (indüktif eşleşmiş plazma - optik emisyon spektroskopisi) cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Metodun geri kazanım

değerleri %96,4–97,8 aralığında bulunmuştur. Bu ön işlem ve ağır metal analizi son yıllarda bitki örneklerinin analizinde sıklıkla kullanılmaktadır (Yayla vd., 2022; Gültekin vd., 2025; Isinkaralar vd., 2025b). Veriler SPSS 22.0 paket programı yardımıyla analiz edilmiş, verilere değerler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,05$) farklılık bulunup bulunmadığını belirleyebilmek amacıyla varyans analizi, gruplar arasında fark olması halinde de homojen grupları belirlemek amacıyla da Duncan testi uygulanmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma sonucunda Zn konsantrasyonlarının tür, organ ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimleri belirlenmiş ve ortalama değerleri ile istatistiki analizlerin sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Zn (mg kg^{-1}) konsantrasyonlarının değişimi

Tür	Organ	Yk.	Trafik Yoğunluğu			F Değeri
			Yok	Az	Yoğun	
Aesculus hipocastanu	Yaprak	+	13,42 ^{Bcd}	1,32^{Aa}	26,19 ^{Chi}	7 380,69 ^{***}
		-	65,29^{Cn}	13,52 ^{Ad}	51,16 ^{Bm}	477,07 ^{***}
	Kabuk	+	12,86 ^{Ac}	16,54 ^{Be}	55,21^{Cn}	9 988,16 ^{***}
		-	16,54 ^{Af}	25,61 ^{Ch}	24,74 ^{Bg}	745,25 ^{***}
Tilia tomentosa	Yaprak	+	9,26 ^{Ab}	106,82^{Co}	12,53 ^{Bc}	3 922,00 ^{***}
		-	41,53 ^{Bl}	44,07 ^{Bm}	22,24 ^{Af}	122,72 ^{***}
	Kabuk	+	19,29 ^{Bg}	23,47 ^{Cg}	17,53 ^{Ae}	543,95 ^{***}
		-	15,38 ^{Bde}	29,47 ^{Cj}	12,19 ^{Ac}	1 530,68 ^{***}
Catalpa bignonioides	Yaprak	+	17,51 ^{Aefg}	50,24 ^{Cn}	26,97 ^{Bi}	257,28 ^{***}
		-	4,10^{Aa}	10,06 ^{Bc}	15,94 ^{Cd}	798,71 ^{***}
	Kabuk	+	15,79 ^{Bef}	42,25 ^{Cl}	4,65 ^{Ab}	37 217,14 ^{***}
		-	17,70 ^{Afg}	27,69 ^{Bi}	39,17 ^{Ck}	10 553,31 ^{***}
Ligustrum vulgare	Yaprak	+	44,34 ^{Bm}	30,46 ^{Aj}	55,17 ^{Cn}	395,00 ^{***}
		-	37,22 ^{Ak}	6,29 ^{Ab}	34,81 ^{Bj}	349,82 ^{***}
	Kabuk	+	45,64 ^{Cm}	21,04 ^{Af}	25,09 ^{Bgh}	908,72 ^{***}
		-	30,99 ^{Bj}	15,94 ^{Ae}	35,21 ^{Cj}	334,70 ^{***}
F Değeri			21,64 ^{Ch}	13,04 ^{Bd}	3,27^{Aa}	1 386,25 ^{***}
			477,54 ^{***}	1 762,83 ^{***}	1 435,33 ^{***}	

Yk: Yıkama durumu, +; Yıkanmış, -; Yıkanmamış; ***, $p<0,001$ Büyük harfler yatay, küçük harfler dikeyde Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmaları göstermektedir

Tablo değerleri incelendiğinde bütün organlarda trafik yoğunluğu ve bütün trafik yoğunluklarında organ bazında Zn konsantrasyonunun değişiminin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeyde değiştiği görülmektedir. Zn konsantrasyonunun trafiğin olmadığı alanlarda $4,10 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $65,29 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında, trafiğin az yoğun olduğu alanlarda $1,32 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $106,82 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında ve trafiğin yoğun olduğu alanlarda $3,27 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $55,21 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Yapılan analizlerde Zn konsantrasyonunun ortalama değerlere göre tür ve trafik yoğunluğu bazında istatistiki olarak anlamlı düzeyde değişmediği belirlenmiştir. Organ bazında ise en yüksek değerler yapraklarda ($30,88 \text{ mg kg}^{-1}$) belirlenirken en düşük Zn konsantrasyonu odunlarda ($17,72 \text{ mg kg}^{-1}$) belirlenmiştir. Yapraklarda belirlenen Zn konsantrasyonu ile kabuklarda belirlenen Zn konsantrasyonu ($24,58 \text{ mg kg}^{-1}$) ise Duncan testi sonucunda aynı grupta yer almıştır. Bunun dışında tür ve organ bazında önemli farklılıklar olduğu dikkat çekmektedir. Örneğin *L. vulgare*’de odun bağlantısı olmayan organlardır. Bundan dolayı odun

dışındaki en düşük değerler trafik yoğunluğunun az olduğu alanlarda elde edilirken, *T. tomentosa*’da yıkanmamış yapraklar dışındaki bütün organlarda en düşük değerlerin trafiğin yoğun olduğu alanlardan toplanan numunelerde tespit edildiği görülmektedir. *C. bignonioides*’de ise genellikle en düşük değerler trafik yoğunluğunun olmadığı, en yüksek değerlerse trafik yoğunluğunun fazla olduğu alanlardan toplanan numunelerde saptanmıştır.

Çalışma sonucunda genel olarak en düşük Zn konsantrasyonları odunda tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda genellikle düşük ağır metal konsantrasyonlarının odunda elde edildiği belirtilmektedir (Koç vd., 2024). Bu durum ağır metallerin bitki bünyesine giriş mekanizması ile ilgilidir. Ağır metaller bitki bünyesine topraktan kökler, atmosferden yapraklar ve gövde kısımlarından doğrudan adsorpsiyon yoluyla girebilmektedir (Cobanoğlu vd. 2023). Ancak odunlar, yaprak ve kabukların aksine doğrudan dış ortama içerisine ağır metallerin transfer yoluyla girmesi

gerekmektedir. Konu derinlemesine incelendiğinde, ağır metallerin bitki gövdesine girişini yöneten oldukça karmaşık bir mekanizmanın bulunduğu görülmektedir. Metaller genellikle difüzyon veya penetrasyondan sonra hücrelerin içindeki simplastik yol üzerinden aktif taşıma ile aktarılır. Bitki biyokimyasal ve metabolik aktiviteleri, ağır metallerin bitkilerin içinde aktif taşınmasında önemli bir rol oynar (Shahid vd. 2017; Ozturk Pulatoglu vd., 2025).

Farklı giriş yolları nedeniyle her organda ağır metal birikimi farklı düzeylerde (Erdem vd. 2023). Ancak hem fitoremediasyon hem de biyoizleme çalışmalarında gövde odunu, kütle olarak bitkinin en büyük kısmını içermesi nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir. Ayrıca gövde odunu, yaprak ve meyve gibi organlardan farklı olarak ağır metalleri uzun yıllar boyunca çevreden uzak tutar. Meyve ve yaprak gibi organlar ise bir yıl veya birkaç yıl içinde yere düşüp çürüdükleri için içlerindeki ağır metaller doğaya geri döner. Bu nedenle odun kısmı fitoremediasyon çalışmalarında ayrı bir öneme sahiptir (Key vd., 2023; Koç vd., 2025). Ancak odun kısmında yüksek miktarda ağır metal biriktirebilen türlerin belirlenmesi hayati önem taşımaktadır. Çünkü yapılan çalışmalar genel olarak ağır metallerin en az biriktiği organın odun olduğunu göstermektedir (Koç vd. 2024).

Çalışma sonucunda farklı bitkilerin farklı organlarındaki Zn konsantrasyonunun düzeylerinin önemli oranda farklılaştığı hatta bu farkın yüzlerce kat olabildiği belirlenmiştir. Ağır metal birikimi türlere ve aynı türdeki organlara göre önemli ölçüde değişiklik göstermektedir (Sevik vd., 2019a,b). Bunun nedeni, bitkilerde ağır metallerin alımı ve birikiminde birçok faktörün eş zamanlı olarak rol oynamasıdır. Ağır metallerin bitki dokusuna alımı, bitki türü, organ yapısı, yüzey alanı, ağır metaller ile bitkiler arasındaki etkileşimler ve hava koşulları dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenir (Key vd., 2023; Yaşar İsmail vd., 2025). Ayrıca, bitki habitusu ve gelişimi de ağır metal alımını ve birikimini etkiler (Erdem vd., 2023). Dolayısıyla, bitki habitusunu etkileyen tüm faktörler, bu bitkilerdeki ağır metallerin alımını ve birikimini de etkiler. Bitki habitusu, genetik yapısı (Sevik vd., 2012; Kurz vd., 2023; Hrivnák vd., 2024) ile edafik faktörler (Kravkaz Kusu vd., 2018; Yucedag vd., 2019; Yigit vd., 2019), iklimatik (Sevik vd., 2017; Ertugrul vd., 2019; Çobanoğlu vd., 2023) faktörler ve stres faktörleri (Sevik ve Topacoglu, 2015; Tandoğan vd., 2023) gibi birbirini etkileyen birçok faktörün karşılıklı etkileşimiyle şekillenir. Bu nedenle, bu faktörlerin birçoğu birbirlerini ve dolayısıyla da bitkilerin ağır metal biriktirme potansiyellerini doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir ve bu karmaşık mekanizma hakkındaki bilgiler bugün bile sınırlı düzeydedir (Shahid vd., 2017; Kuzmina vd., 2023).

Çalışma kapsamında Zn konsantrasyonunun bitki organlarındaki konsantrasyonunun değişimi belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Zn konsantrasyonları ile trafik yoğunlukları arasında doğrusal bir ilişkiden bahsetmek oldukça zordur. Bugüne kadar yapılan çok sayıda çalışmada trafik yoğunluklarıyla bitki organlarında biriken ağır

metallerin konsantrasyonları arasındaki ilişkiler incelenmiştir (Sevik vd., 2019a,b; Cobanoglu vd., 2023; Yucedag vd., 2025). Bu çalışmaların bazılarında trafiğin önemli bir ağır metal kirlilik kaynağı olduğu belirlenmiştir. Örneğin Çin’de yapılan bir çalışmada ağır metal kirliliğinde trafik %53,4’lük bir pay ile en büyük paya sahip faktör olarak belirlenmiştir (Pan vd., 2017) yine Çin’de yapılan başka bir çalışmada ağır metal kirliliğine trafiğin katkısı %24,71 olarak hesaplanmıştır (Chen ve Lu, 2018). Bu çalışma kapsamında ise Zn konsantrasyonları organlar veya trafik yoğunlukları bazında doğrusal bir değişimi net bir şekilde belirlenememiştir. Bu durum öncelikle ağır metallerin farklı kaynaklardan atmosfere salınımı ile ilgilidir. Ağır metaller atmosfere doğal ve antropogenik kaynaklardan salınabildiği gibi, kaynağından salındıktan sonra yüzlerce kilometre uzaklara taşınabilmektedir (Key vd., 2023; Canturk vd., 2024).

Kaynağından ayrıldıktan sonra ağır metallerin bitki bünyesine girişine kadarki süreç ise çok daha karmaşıktır. Topraktaki ağır metallerin bir bölümü bitki kökleri ile bitki bünyesine alınmaktadır. Bu esnada havadaki ağır metaller partikül maddelere tutunarak yaprak veya kabuklar gibi bitki organlarına yapışabildiği gibi yerçekimi etkisiyle toprak yüzeyine de inmektedir. Ayrıca bu esnada hava rutubeti ve yağış durumu da ağır metal transferinde etkin rol oynamaktadır (Kuzmina vd., 2023). Ayrıca ağır metallerin bitki bünyesine girişi de ağır metalin yapısı ile bitki yapısının ve organının karşılıklı etkileşimi başta olmak üzere çok sayıda faktörün etkisiyle şekillenmektedir (İsınkaralar vd., 2024). Sonuç olarak ağır metallerin bitki bünyesine girişi ve bitkilerde ağır metal birikimi, son derece kompleks bir mekanizmanın etkisi altında şekillenmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma sonucunda Zn konsantrasyonları ile trafik yoğunlukları arasında doğrusal bir ilişki belirlenememiştir. Ancak, bitki organlarında belirlenen Zn konsantrasyonlarının oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek Zn konsantrasyonları yapraklarda bulunmuştur. Bu sonuçlara göre çalışma alanında havadaki Zn kirliliği başka bir kaynağa bağlıdır. Bölgede daha detaylı çalışmalar yapılarak kirlilik kaynağının belirlenmesi önerilmektedir.

Çalışma sonucunda en yüksek Zn konsantrasyonları *A. hippocastanum* türünde elde edilmiştir. Zn kirliliğinin yüksek düzeyde olduğu bölgelerde bu türün yetiştirilmesi Zn kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olacaktır. Bundan dolayı peyzaj çalışmalarında *A. hippocastanum*’un kullanılması önerilmektedir.

Teşekkürler

Bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Abdusalam İmhed Ahmed HMEER tarafından Prof. Dr. Hakan ŞEVİK danışmanlığında yürütülen yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Yazar Katkıları

Abdusalam Imhmed Ahmed HMEER: (c) Literatür Taraması, (f) Veri Toplama, İşleme, (g) Analiz, Yorum, (h) Metin Yazma

Hakan ŞEVİK: (a) Fikir, (b) Çalışma Tasarısı, Yöntemi (d) Danışmanlık, (e) Malzeme, Kaynak Sağlama, (i) Eleştirel İnceleme

Etik Beyanı

Bu çalışmada, “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması

gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

KAYNAKLAR

- Arıcak, B., Canturk, U., Koc, I., Erdem, R., & Sevik, H. (2024). Shifts that may appear in climate classifications in Bursa due to global climate change, *Forestist*, 74, 129-137. <https://doi.org/10.5152/forestist.2024.23074>
- Bayraktar, O. Y., Özel, H. B., Benli, A., Yılmazoğlu, M. U., Türkel, İ., Dal, B. B., Şevik, H., & Kaplan, G. (2024). Sustainable foam concrete development: Enhancing durability and performance through pine cone powder and fly ash incorporation in alkali-activated geopolymers. *Construction and Building Materials*, 457, 139422. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.139422>
- Canturk, U., Koç, İ., Ozel, H.B., & Sevik, H. (2024). Identification of proper species that can be used to monitor and decrease airborne Sb pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 1(44), 56056-56066. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34939-7>
- Chen, X., & Lu, X. (2018). Contamination characteristics and source apportionment of heavy metals in topsoil from an area in Xi'an city, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 151, 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.01.010>
- Çobanoğlu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do annual rings really reveal Cd, Ni, and Zn pollution in the air related to traffic density? An example of the cedar tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(2), 65. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06086-1>
- Çobanoğlu, H., Cantürk, U., Koç, I., Kulac, S., & Şevik, H. (2023). Climate change effect on potential distribution of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in the upcoming century in Türkiye, *Forestist*, 73(3), 247-256. <https://doi.org/10.5152/forestist.2023.22065>
- EPA, 2025. *United States Environmental Protection Agency Priority Pollutant List* <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/priority-pollutant-list-epa.pdf>
- Erdem, R., Arıcak, B., Cetin, M., & Sevik, H. (2023). Change in some heavy metal concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *Forestist*, 73(3), 257-263. <https://doi.org/10.5152/forestist.2023.22069>
- Erdem, R., Koç, İ., Çobanoğlu, H., & Şevik, H. (2024). Variation of magnesium, one of the macronutrients, in some trees based on organs and species. *Forestist*, 74(1), 84-93. <https://doi.org/10.5152/forestist.2024.23025>
- Ertugrul, M., Ozel, H. B., Varol, T., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Investigation of the relationship between burned areas and climate factors in large forest fires in the Canakkale region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(12), 737. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7946-6>
- Erturk, N., Arıcak, B., Sevik, H., & Yigit, N. (2024). Possible change in distribution areas of *Abies* in Kastamonu due to global climate change. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 24 (1), 81-91.
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Comparison of the rate of certain trace metals accumulation in indoor plants for smoking and non-smoking areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(30), 75768-75776. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27790-9>
- Gültekin, Y., Kılıç Bayraktar, M., Sevik, H., Cetin, M., & Bayraktar, T. (2025) Optimal vegetable selection in urban and rural areas using artificial bee colony algorithm: heavy metal assessment and health risk. *Journal of Food Composition and Analysis*, 139, 107169. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.107169>
- Hrivnák, M., Krajmerová, D., Paule, L., Zhelev, P., Sevik, H., Ivanković, M., & Gömöry, D. (2024). Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato?. *European Journal of Forest Research*, 143(2), 451-464. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01634-0>
- Isinkaralar, K., Koc, I., Erdem, R., & Sevik, H. (2022). Atmospheric Cd, Cr, and Zn deposition in several landscape plants in Mersin, Türkiye. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(4), 120. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05607-8>
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Assessing the possibility of airborne bismuth accumulation and spatial distribution in an urban area by tree bark: A case study in Düzce, Türkiye. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(18), 22561-22572.
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Sevik, H., & Küçük, Ö. (2025a). Thermal comfort modeling, aspects of land use in urban planning and spatial exposition under future climate parameters. *International Journal of Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13762-025-06396-3>
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., & Sevik, H. (2025b). Health for the future: spatiotemporal CA-MC modeling and spatial pattern prediction via dendrochronological approach for nickel and lead deposition. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 18, 1087-1099. <https://doi.org/10.1007/s11869-025-01702-x>
- Istanbullu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial distribution of heavy metal contamination in road dust samples from an urban environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 110(4), 78. <https://doi.org/10.1007/s00128-023-03720-w>
- Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., & Cetin, M. (2022). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density.

- Landscape and ecological engineering*, 18, 75-83. <https://doi.org/10.1007/s11355-021-00483-6>
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2023). Proof of concept to characterize historical heavy-metal concentrations in atmosphere in North Turkey: determining the variations of Ni, Co, and Mn concentrations in 180-year-old *Corylus colurna* L. (Turkish hazelnut) annual rings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(10), 120. <https://doi.org/10.1007/s11738-023-03608-6>
- Koc, I., Cobanoglu, H., Canturk, U., Key, K., Kulac, S., & Sevik, H. (2024). Change of Cr concentration from past to present in areas with elevated air pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21(2), 2059-2070. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-05239-3>
- Koc, İ., Canturk, U., Cobanoglu, H., Kulac, S., Key, K., & Sevik, H. (2025). Assessment of 40-year Al Deposition in some Exotic Conifer Species in the Urban Air of Düzce, Türkiye. *Water Air Soil Pollution*, 236(2), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07723-z>
- Koç, İ., Canturk, U., Isinkaralar, K., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2024). Assessment of metals (Ni, Ba) deposition in plant types and their organs at Mersin City, Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3), 282. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12448-x>
- Koç, İ., Cobanoglu, H., Canturk, U., Key, K., Sevik, H., & Kulac, S. (2025). Variation of 40-year Pb deposition in some conifers grown in the air-polluted-urban area of Düzce, Türkiye. *Environmental Earth Sciences*, 84, 186. <https://doi.org/10.1007/s12665-025-12211-6>
- Kravkaz-Kuscu, I. S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., & Savaci, G. (2018). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taskopru (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (3), 1613-1617.
- Kurz, M., Koelz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., ... & Csillery, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech—Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management*, 531, 120801. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120801>
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., ... & Sevik, H. (2023). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density. *BioResources*, 18(1), 792-803.
- Ozturk Pulatoglu, A., Koç, İsmail, Özel, H. B., Şevik, H., & Yıldız, Y. (2025). Using trees to monitor airborne Cr pollution: Effects of compass direction and woody species on Cr uptake during phytoremediation. *BioResources*, 20(1), 121-139. <https://doi.org/10.15376/biores.20.1.121-139>
- Özel, H. B., Şevik, H., Yıldız, Y., & Çobanoğlu, H. (2024). Effects of Silver Nanoparticles on Germination and Seedling Characteristics of Oriental Beech (*Fagus orientalis*) Seeds. *BioResources*, 19(2), 2135-2148.
- Pan, H., Lu, X., & Lei, K. (2017). A comprehensive analysis of heavy metals in urban road dust of Xi'an, China: contamination, source apportionment and spatial distribution. *Science of the Total Environment*, 609, 1361-1369. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.004>
- Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2012). Determination of genetic variation between populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf according to some seed characteristics. In Mahmut Çalışkan (Ed.), *Genetic Diversity in Plants. Chapter, 12*, 231-248. Intech Open. <https://www.intechopen.com/chapters/31480>
- Sevik, H., & Topacoglu, O. (2015). Variation and inheritance pattern in cone and seed characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) for evaluation of genetic diversity. *Journal of Environmental Biology*, 36(5), 1125.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, O., Aricak, B., & Canturk, U. (2017). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish Fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(11), 6579-6587.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019a). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12843-12857.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019b). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12, 983-991. <https://doi.org/10.1007/s11869-019-00717-5>
- Sevik, H. (2021). The variation of chrome concentration in some landscape plants due to species, organ and traffic density. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(3), 595-600.
- Shahid, M., Dumat, C., 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.
- Sulhan, O. F., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, Development and sustainability*. 25(5), 4365-4384. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02647-2>
- Szwalec, A., Mundała, P., Kędzior, R., & Pawlik, J. (2020). Monitoring and assessment of cadmium, lead, zinc and copper concentrations in arable roadside soils in terms of different traffic conditions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8120-x>
- Şevik, H., Yıldız, Y., & Özel, H.B. (2024). Phytoremediation and Long-term Metal Uptake Monitoring of Silver, Selenium, Antimony, and Thallium by Black Pine (*Pinus nigra* Arnold). *BioResources*, 19(3), 4824-4837.
- Tandoğan, M., Özel, H. B., Gözet, F. T., & Şevik, H. (2023). Determining the taxol contents of yew tree populations in western Black Sea and Marmara regions and analyzing some forest stand characteristics. *BioResources*, 18(2), 3496-3508.
- Yaşar İsmail, T. S., İsmail, M. D., Çobanoğlu, H., Koç, İ., & Sevik, H. (2025). Monitoring arsenic concentrations in airborne particulates of selected landscape plants and their potential for pollution mitigation. *Forestist*, 75, 1-6. <https://doi.org/10.5152/forestist.2024.24071>
- Yavuz, O., & Sarigül, N. (2016). Toprak ve sucul ortamlardaki ağır metal kirliliği ve ağır metal dirençli mikroorganizmalar. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 44-51.
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 687. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10356-6>
- Yigit, N., Çetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., & Cetin, S. (2019). Variation of stomatal characteristics in broad leaved species based on habitat. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12859-12868.
- Yucedag, C., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Variability in morphological traits of seedlings from five *Euonymus japonicus* cultivars. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 1-4. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7464-6>
- Yucedag, C., Yaman, I., Cicek, N., & Zeren Cetin, I. (2025). Exploring the effects of vehicle-related air pollution on the



photosynthetic and biochemical traits of *Cupressus macrocarpa* cv. "Goldcrest". *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 114, 73. <https://doi.org/10.1007/s00128-025-04053-6>

Yücedağ, C., & Kaya, L. G. (2016). Hava kirleticilerin bitkilere etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 67-74.