

Kalsiyumun Ihlamur Odunlarında Birikimi ve Transferi

İnci Sevinç Kravkaz Kuşçu^{1*} 

Özet: Bitki beslenmesinde mutlak gerekli makro besin elementlerinden birisi olan kalsiyum (Ca) bitki büyümesi ve gelişiminde önemli bir yere sahiptir. Bundan dolayı özellikle uzun ömürlü ve büyük biyokütleyle sahip ağaçların en büyük organı olan odun kısmında Ca birikiminin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada orman, tarım ve peyzaj çalışmalarında önemli bir ağaç türü olan ihlamur (*Tilia tomentosa*) gövde organlarında Ca'un organ, yön ve dönem bazında değişimi karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında ana gövdenin farklı yönlerinden alınan dış kabuk, iç kabuk ve her yaş aralığındaki odunlarda Ca konsantrasyonu ICP-OES cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Çalışma sonuçları kabuklardaki Ca konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğunu, ancak hem odunlarda hem de kabuklardaki Ca konsantrasyonlarının genel olarak dar bir aralıkta değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde *Tilia tomentosa*'nın Ca kirliliğinin değişiminin izlenmesi amacıyla kullanılabilecek uygun bir biyomonitor olmadığı, diğer birçok türe göre odunlarında daha düşük seviyede Ca biriktirebildiği söylenebilir. Bundan dolayı toprakta Ca eksikliği olan bölgelerde tercih edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ihlamur, *Tilia tomentosa*, Kalsiyum, Biyomonitor, Fitoremediasyon

Accumulation and Transfer of Calcium in Linden Wood

Abstract: Calcium (Ca), one of the essential macronutrients in plant nutrition, has an important place in plant growth and development. Therefore, it is important to determine Ca accumulation in the wood part, which is the largest organ of trees with long life and large biomass. In this study, the changes in Ca in the trunk organs of linden (*Tilia tomentosa*), an important tree species in forest, agriculture and landscaping studies, were compared based on organ, direction and period. Within the scope of the study, the Ca concentration in the outer bark, inner bark, and wood of all age ranges taken from different parts of the main trunk was determined using an ICP-OES device. The study results show that Ca concentrations in the bark are higher, but Ca concentrations in both wood and bark generally change within a narrow range. When evaluated in general, it can be said that *Tilia tomentosa* is not a suitable biomonitor that can be used to monitor the change in Ca pollution, and that it can accumulate Ca at lower levels in its wood compared to many other species. Therefore, it is recommended to be preferred in regions with Ca deficiency in the soil.

Keywords: Linden, *Tilia tomentosa*, Calcium, Biomonitor, Phytoremediation

Makale Bilgisi (Araştırma)

¹ Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Toprak İlimi ve Ekolojisi Anabilim Dalı, Kastamonu/Türkiye.

***Sorumlu yazar:**

ikravkaz@kastamonu.edu.tr

Alıntı: Kuşçu, İ.S.K., (2025). Kalsiyumun Ihlamur Odunlarında Birikimi ve Transferi, Memba Su Bilimleri Dergisi. 11, (2) 242-248. <https://doi.org/10.58626/memba.1684785>

Başvuru Tarihi: 27 Nisan 2025

Kabul Tarihi: 19 Haziran 2025

Yayın Tarihi: 28 Haziran 2025

1. Giriş

Bitkiler besin piramidinin temelini oluşturan canlılardır. Yetiştirildikleri ortamlarda güneş ışığını kullanarak klorofil yardımıyla fotosentez yapmakta ve diğer canlılar için gerekli olan besini üretmektedirler. Bundan dolayı dünyadaki bütün canlı yaşamı bitkilere bağımlıdır (Yigit vd., 2021). Bitkilerin, canlı yaşamı için öneminden dolayı, gelişimlerini etkileyen ve şekillendiren faktörler konusunda çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Yapılan çalışmalar ortaya koymaktadır ki bitki gelişimi genetik yapı ile çevresel faktörlerin karşılıklı etkileşimi altında şekillenmektedir (Sevik vd., 2012; Kurz vd., 2023; Hrivnak vd., 2024; Ozturk Pulatoglu vd., 2025). Çevresel faktörler içerisinde en önemlileri de iklimatik (Yigit vd., 2019; Aricak vd., 2024; Cantürk vd., 2024) ve edafik (Kravkaz Kuscı vd., 2018; Cobanoglu vd., 2023) faktörlerdir. Bu faktörler içerisinde besin elementleri bitki gelişimini en fazla etkileyen edafik faktörlerdendir (Erdem, 2022; Tandogan vd., 2023).

Bitki beslenmesinde 16 adet mutlak besin elementinden birisi olan kalsiyum (Ca) hücrelerin büyüme ve gelişiminde, membran geçirgenliklerinin ayarlanmasında, dokuların stabilizasyonunda ve bitkilerin kalitesinde önemli role sahiptir. Ayrıca, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine önemli etkileri bulunmaktadır. Bundan dolayı fauna, mikroflora, bitki ve toprak için vazgeçilmez öneme sahiptir. Ca noksanlığında bitkilerde verimin yanı sıra genellikle kalite düşmektedir (Erdem, 2022).

Ca, aynı zamanda önemli ve yaygın bir elementtir. Bazı elementler, özellikle ağır metaller içerisinde bazıları düşük konsantrasyonlarda bile canlılar için toksik, kanserojen ve zararlı iken bitki besin elementi olarak gerekli olanlar bile yüksek konsantrasyonlarda canlılar için zararlı olabilmektedirler (Kuzmina vd., 2023; Isinkaralar vd., 2025a; Koc vd., 2025a;). Üstelik ağır metallerin toprak, su ve havadaki konsantrasyonlarının insan faaliyetlerine bağlı olarak sürekli arttığı belirtilmektedir (İpek vd., 2024; Mutlu ve Aydın Uncumusaoglu, 2024; Şevik vd., 2024; Tokatlı vd., 2024; Demir vd., 2024). Küresel ölçekte en önemli sorunlar olarak kentleşme ve küresel iklim değişikliği ile birlikte gösterilen çevre kirliliğinin, neredeyse bütün ekosistemleri etkileyeceği belirtilmektedir (Sulhan vd., 2023; Bayraktar vd., 2024; Şevik vd., 2024). Çevre kirliliği bileşenleri içerisinde canlılar için en zararlılarının da ağır metaller olmasından dolayı son yıllarda ağır metallerin hava, su, toprak ve bitkilerdeki konsantrasyonlarının izlenmesi konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Ghoma vd., 2023; Koc vd., 2025b; Gültekin vd., 2025).

Ağır metal kirliliğinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda toprak ve sudaki ağır metal konsantrasyonları doğrudan ölçülebilmektedir (Demir vd., 2021; Emin ve Mutlu, 2024; Ergül ve Kravkaz Kuşçu, 2024). Ancak havadaki ağır metal kirliliğinin doğrudan ölçülmesi zor ve pahalıdır. Bundan dolayı havadaki ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesinde genellikle biyomonitörler kullanılmaktadır (Erdem vd., 2024; Yaşar İsmail vd., 2025). Özellikle ağır metallerin uzun süreç içerisindeki değişiminin belirlenmesinde ağaçların yıllık halkaları oldukça kullanışlıdır (Sevik vd., 2024; Isinkaralar vd., 2025b). Ağaçların yıllık halkalarındaki ağır metal konsantrasyonları ağır metal kirliliğinin azaltılması amacıyla yapılan fitoremediasyon çalışmaları açısından da önemlidir. Çünkü odun kısmı bitkilerin en büyük organıdır ve odun kısmında biriktirilen ağır metaller, her yıl toprağa dökülerek tekrar doğaya salınan yaprak ve meyvelerdeki ağır metallerin aksine onlarca, yüzlerce hatta bazen binlerce yıl ortamdaki uzak tutulmaktadır (Key vd., 2023; Koc vd., 2024). Bu durum aynı zamanda bitki besin elementleri için de bir dezavantaj sunmaktadır. Çünkü yaprak ve meyve gibi organlarda biriktirilen bitki besin elementleri birkaç yıl gibi kısa aralıklarla toprağa dökülüp ayrılarak bitki tarafından tekrar kullanılabilir. Oysa odun kısmında biriktirilen besin elementleri çok uzun yıllar ortamdaki uzak tutulduğundan toprağın besin elementlerince fakirleşmesi sonucunu doğurmaktadır. Bundan dolayı özellikle uzun ömürlü ve büyük kütleli ağaçların odun kısmında biriktirilen besin elementlerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada da hem orman, hem ziraat hem de peyzaj çalışmalarında büyük önem taşıyan ıhlamur (*Tilia tomentosa*) ağaçlarında Ca'un bitki ana gövdesindeki odun ve kabuklardaki birikimi ve organlar arasındaki taşınımı (transferi) incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma ülkemizde ve Avrupa genelinde hem orman hem de ziraat çalışmalarında önem taşıyan ayrıca peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan ıhlamur türlerinden *Tilia tomentosa* üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya konu ağaç Dünya Hava Kirliliği Raporu 2021'e göre Avrupa'nın havası en kirli 5 şehirden birisi olan Düzce ilinden temin edilmiştir. (Koc vd., 2024). Numuneler, 2022 yılında vejetasyon sonunda kuzey yönü belirlenerek ana gövdeden yerden yaklaşık 50 cm yukarıdan kesilmek suretiyle alınmıştır. Laboratuvara getirilerek yüzeyi temizlenen kütük örneğinin 60 yaşında olduğu belirlenmiş, beşer yıllık olarak gruplandırılan odun kısmı ile iç kabuk ve dış kabuktan çelik matkap yardımıyla numuneler alınmıştır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda yıllık halkaların tek tek analiz edilmesi genellikle mümkün olmadığından gruplandırma yapılmakta, grup sayısı; çalışma amacı, ağacın yıllık halka sayısı ve yıllık halkaların genişliği gibi kriterlere göre 3, 5 veya 10 yıllık olabilmektedir (Key vd., 2023; Canturk vd., 2024; Isinkaralar vd., 2024).

Alınan numuneler öncelikle oda kurusu hale gelmeleri için, havalandırılan bir odada, kartonlar üzerinde iki hafta bekletilmiş, daha sonra cam petri kaplarına alınarak 2 hafta, 3-4 günde bir cam bagetlerle karıştırılarak

45 °C etüvde kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonunda, özel olarak tasarlanan mikrodalga fırında ön yakma işlemi uygulanmıştır. Numunelerde Ca analizi ICP-OES cihazı ile yapılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem, konu ile ilgili çalışmalarda son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Sulhan vd., 2023; Ghoma vd., 2023).

Elde edilen veriler SPSS 22.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiş ve verilere varyans analizi uygulanmıştır. Ayrıca minimum %95 güven düzeyinde ($p < 0,05$) istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösteren faktörler için Duncan testi uygulanmıştır. Duncan testi sonuçları dikkate alınarak veriler tablo halinde sunulduktan sonra analizler ve yorumlamalar yapılmıştır.

3. Bulgular

İhlamurda Ca konsantrasyonunun organ ve yön bazında değişimine ilişkin ortalama değerler ve istatistiki analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. İhlamurda Ca konsantrasyonunun organ ve yön bazında değişimi

Organ	Kuzey	Doğu	Güney	Batı	F Değeri	Ortalama
Dış Kabuk	4948,8 bA	4953,4 bC	4948,4 bA	4950,8 bB	86,1***	4950,3 bB
İç Kabuk	4936,8 bC	4939,6 bD	4924,8 bA	4932,1 bB	126,9***	4933,3 bB
Odun	1611,7	1538,2	1704,0	1591,2	0,9 ns	1611,3 aA
F Değeri	82,1***	455,3***	337,0***	296,7***		743,1***
Ortalama	2087,5	2025,1	2165,8	2069,8	0,0 ns	

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; ns $p > 0,05$. Küçük harfler dikey, büyük harfler yatay değerlerin yer aldığı Duncan testi gruplarını göstermektedir.

Tablodaki değerlere bakıldığında İhlamurda Ca konsantrasyonu değişiminin tüm yönlerde organ bazında istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre bütün yönlerde iki grup oluşmuş, odun ilk grupta kabuklar ikinci grupta yer almıştır. İç ve dış kabuklarda elde edilen değerlerin birbirine çok yakın olması dikkat çekmektedir. Ayrıca kabuklardaki Ca konsantrasyonu ile odunlardaki Ca konsantrasyonu arasında büyük oranda fark olduğu görülmektedir. Yön bazında ise odunda yönler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde fark olmadığı görülmektedir. Kabuklarda ise yönler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde fark bulunsa da elde edilen değerler birbirine çok yakın seviyededir. İhlamurda Ca konsantrasyonunun dönem ve yön bazında değişimi Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. İhlamurda Ca konsantrasyonunun dönem ve yön bazında değişimi

Yaş	Kuzey	Doğu	Güney	Batı	F Değeri	Ortalama
2018-2022	3404,7 iD	1205,3 aB	1736,4 dC	997,1 aA	7475,8***	1835,9 de
2013-2017	1094,2 aA	1533,1 fC	2082,0 eD	994,7 aA	4932,5***	1426,0 abc
2008-2012	1079,3 aA	1341,8 cC	1748,1 dD	1217,9 bB	1062,1***	1346,8 ab
2003-2007	1186,9 bA	1241,8 bB	1338,0 aC	1324,6 bcC	55,2***	1272,8 a
1998-2002	1273,0 cA	1327,6 cB	1349,6 aC	1485,8 cD	208,9***	1359,0 ab
1993-1997	1353,8 dA	1464,4 dB	1352,0 aA	1620,4 dC	317,1***	1447,7 abc
1988-1992	1351,3 dA	1494,6 eB	1640,3 cC	1726,9 eD	290,8***	1553,2 abcd
1983-1987	1586,2 fAB	1573,5 gA	1612,6 bB	1664,7 deC	18,7**	1609,2 bcde
1978-1982	1574,5 efA	1705,3 hC	1621,6 bcB	2028,3 fD	730,7***	1732,4 cde
1973-1977	1552,5 eA	1529,9 fA	1608,4 bB	1813,4 efC	177,7***	1626,0 bcde
1968-1972	1725,8 gA	1837,3 iB	2070,0 eC	1855,5 efB	181,4***	1872,1 e
1963-1967	2157,9 hA	2204,2 jB	2289,5 fC	2365,5 gD	73,7***	2254,3 f
F	4135,8***	1139,9***	1225,7***	1076,8***		8,2***
Odun	1611,7	1538,2	1704,0	1591,2	0,9 ns	

** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; ns $p > 0,05$. Küçük harfler dikey, büyük harfler yatay değerlerin yer aldığı Duncan testi gruplarını göstermektedir.

Varyans analizi sonuçlarına göre İhlamurda Ca konsantrasyonu değişiminin tüm dönemlerde yön bazında ve tüm yönlerde dönem bazında istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) olduğu belirlenmiştir. Ortalama değerlere bakıldığında yön bazında dikkat çeken bir değişiklik olmadığı görülmektedir. Dönem bazında ise ortalama değerlere göre son dönem dışında genel olarak odun yaşı ile doğrusal olarak bir artış olduğu görülmektedir. Bunun dışında dikkat çeken bir diğer husus en düşük ve en yüksek değerler arasındaki farkın oldukça az olmasıdır. En düşük değer (batı yönünde, 2013-2017 döneminde elde edilen 994,7 ppm) ile en yüksek değer (kuzey yönünde, 2018-2022 döneminde elde edilen 3404,7 ppm) arasında 3,5 kattan az bir fark

olduğu ve elde edilen değerlerin çoğunun 1000-2000 ppm arasında değişim gösterdiği görülmektedir.

4. Sonuç ve Tartışma

Çalışma sonucunda ıhlamur ağacının kabuklarında (hem iç kabuk, hem de dış kabuk) belirlenen Ca konsantrasyonunun odundakine oranla çok yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar başka ağaç türlerinde de elde edilmiştir. Erdem (2022) bazı orman ağaçları üzerinde yaptığı çalışmada, çalışmaya konu bütün türlerde odunda elde edilen konsantrasyonların kabuklardakinden çok daha düşük seviyede olduğunu belirlemiştir. Erdem (2022) çalışmasında Ca konsantrasyonunun odunlarda *Abies nordmanniana*'da 1614,8 ppm, *Pinus sylvestris*'de 1547,1 ppm ve *Fagus orientalis*'de 3907,9 ppm seviyesinde iken kabuklarda *Abies nordmanniana*'da 5901,4 ppm, *Pinus sylvestris*'de 8047,9 ppm ve *Fagus orientalis*'de 4999,7 ppm seviyesinde olduğunu belirlemiştir. Başka bir çalışmada Ca konsantrasyonunun odunlarda *Robinia pseudoacacia*'da 2790,4 ppm, *Cupressus arizonica*'da 1257,4 ppm ve *Platanus orientalis*'de 3753,6 ppm seviyesinde iken dış kabuklarda *Robinia pseudoacacia*'da 5636,2 ppm, *Cupressus arizonica*'da 5698,8 ppm ve *Platanus orientalis*'de 8105,7 ppm seviyesinde, iç kabuklarda ise *Robinia pseudoacacia*'da 8105,6 ppm, *Cupressus arizonica*'da 8025,7 ppm ve *Platanus orientalis*'de 8097,5 ppm seviyesinde olduğu belirlenmiştir (Işınkaralar ve Erdem, 2021). Yapılan çok sayıda çalışmada da özellikle dış kabuktaki ağır metal konsantrasyonlarının odundakinden daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda odun dokularında Ca konsantrasyonunun dar bir aralıkta değişim gösterdiği, komşu odun dokularında belirlenen Ca konsantrasyonlarının birbirine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. Bu durum Ca'un odun dokuları arasında taşınım olabileceğini göstermektedir. Bilindiği üzere havadaki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesinde kullanılabilecek ağaç türlerinde, ağır metalin odun dokusu içerisinde taşınımının sınırlı olması, aranan bir özelliktir. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda her ağaç türünün farklı ağır metallerin biyomonitörü olarak uygun olabildiğini göstermektedir ve pek çok elementin farklı ağaç türlerinin odun dokuları arasında taşınım olabildiği belirlenmiştir. Örneğin Pb ve Zn'nin *Cedrus deodora*, As, Sr, Pd, V, Ag, Se, Sb ve Tl'nin *Pinus nigra*, Co'nun *Cedrus atlantica*, Bi, Li ve Cr'nin *Cupressus arizonica* odunları içerisinde taşınım olabildiği belirlenmiştir (Zhang, 2019; Şevik vd., 2024; Koç, 2025).

Ağır metal birikimi türlere ve aynı türdeki organlara göre önemli ölçüde değişiklik gösterebilmektedir (Koç vd., 2024). Bunun nedeni, bitkilerde ağır metallerin alımı ve birikiminde birçok faktörün eş zamanlı olarak rol oynamasıdır. Ağır metallerin bitki bünyesine girişi ve hareketi, bitki türü, organ yapısı, yüzey alanı, ağır metaller ile bitkiler arasındaki etkileşimler ve hava koşulları dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Şevik vd., 2024; Koç, 2025; Kulaç vd., 2025). Ağır metaller bitki bünyesine topraktan kökler vasıtasıyla, havadan yapraklardaki stomalar vasıtasıyla veya gövde bölümlerinden doğrudan girebilmektedirler (Cobanoğlu vd., 2023; Ozturk Pulatoglu vd., 2025). Ancak bu yollar arasında pek çok element için en fazla kullanılan yolk köklerdir. Bitkiler yetiştikleri topraklarda, gelişimleri için gerekli besin elementlerini kökleri vasıtasıyla topraktan alarak kullanmaktadırlar. Bunun sonucunda topraktaki besin elementi miktarı azalmakta ve bu durum bitki gelişimini etkilemektedir (Erdem, 2022). Çünkü bitki gelişimi çevresel faktörlerin etkisi altında şekillenmektedir (Aydın vd., 2018; Almansouri vd., 2020; Ertürk vd., 2024). Bitki gelişimini etkileyen temel faktörler özellikle iklimik ve edafik faktörler olmakla birlikte (Çobanoğlu vd., 2023; Özdikmenli vd., 2024; Şen vd., 2024 Hmeer ve Şevik, 2025), yapılan çalışmalar mikroklimatik ve mikroedafik faktörlerin bitki gelişimini ve bitki fenotipik özelliklerini makro faktörlerden daha fazla etkilediğini göstermektedir (Sevik vd., 2017; Yigit vd., 2021). Çünkü bitkiler, sıcaklık, su açığı, don, hastalık ve zararlılar, hava kirliliği, uygun olmayan iklimik ve edafik faktörler gibi birçok faktörden etkilenerek strese girebilmekte ve bu durumda bitki gelişimi ve fenotipik karakterleri büyük oranda etkilenmektedir (Sevik ve Topacoglu, 2015; Özel vd., 2024). Bu faktörler arasında bitki gelişimini en fazla etkileyen faktörlerden birisi de toprak bileşenleri yani topraktaki besin elementi miktarıdır ve bütün bu faktörler birbirlerini karşılıklı olarak etkilemektedir (Erdem, 2022; Ergül ve Kravkaz Kuşçu, 2024).

5. Öneriler

Çalışma kapsamında Ca'un *Tilia tomentosa* kabuk ve odunlarındaki konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları kabuklardaki Ca konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğunu, ancak hem odunlarda hem de kabuklardaki Ca konsantrasyonlarının genel olarak dar bir aralıkta değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle odunlardaki değişim aralığının bu kadar kısıtlı olması, odun dokuları arasında Ca'un taşınım olabildiği şeklinde yorumlanmıştır. Bu durum çalışmaya konu türün Ca kirliliğinin değişiminin izlenmesi amacıyla kullanılabilecek uygun bir biyomonitör olmadığını göstermektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen değerler literatür bilgileri ile karşılaştırıldığında, çalışmaya konu türün, özellikle yapraklı türlere kıyasla diğer birçok türe göre odunlarında daha düşük seviyede Ca biriktirebildiğini göstermektedir. Bu sonuç Ca kirliliği olan yerlerde türün fitoremediasyon çalışmaları için uygun bir tür olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Fakat aynı zamanda toprakta Ca eksikliği olan bölgelerde, diğer türlere göre daha düşük seviyede Ca biriktirdiğinden tercih edilmesi önerilmektedir.

6. Etik Standartlara Uygunluk

a) Yazar katkıları

İSKK: Kavramsallaştırma, süreç, yazılım, doğrulama, biçimsel analiz, araştırma, materyaller, ilk taslağın oluşturulması, incelemenin oluşturulması ve düzenleme.

b) Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ettiler.

c) Hayvanların refahına ilişkin beyan

Bu çalışma Deney Hayvanları Yerel Etik Kurul Çalışma protokolünü kapsamamaktadır.

d) İnsan Hakları Beyanı

Bu çalışmada insan denek bulunmamaktadır.

e) Finansman

Bu çalışma Kastamonu Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

8. Kaynakça

- Almansouri, E. H., Aydın, M., & Sen, S. G. (2020). Determination of Soil, Litter Properties and Carbon Stock Capacities of Different Stand Types in Western Black Sea Region. 6(12). 51-63
- Aricak, 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. Doi:10.5152/forestist.2024.23074
- Aydın, M., Güneş Şen, S., & Celik, S. (2018a). Throughfall, stemflow, and interception characteristics of coniferous forest ecosystems in the western black sea region of Turkey (Daday example). *Environmental monitoring and assessment*, 190, 1-10.
- Aydın, M., Güneş Şen, S., & Mafrak, M. (2018b). Change of Soil Organic Carbon Content in Pure Black Pine Stand. VIII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems. P.384
- 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.
- 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*, 31(44), 56056-56066.
- Cantürk, U., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Possible changes of *Pinus nigra* distribution regions in Türkiye with the impacts of global climate change. *BioResources*, 19(3), 6190- 6214. DOI:10.15376/biores.19.3.6190-6214
- Cobanoğlu, 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.
- Çobanoğlu, H., Canturk, U., Koç, İ., Kulaç, Ş., & Sevik, 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. DOI: 10.5152/forestist.2023. 22065.
- Demir, T., Mutlu, E., & Gültepe, N. (2024). Bioaccumulation of heavy metals in Capoeta tinca fish and health risk assessment. *Revista Cientifica de la Facultad de Veterinaria*, 34(2).
- Demir, T., Mutlu, E., Aydın, S., & Gültepe, N. (2021). Physicochemical water quality of Karabel, Çaltı, and Tohma brooks and blood biochemical parameters of *Barbus plebejus* fish: assessment of heavy metal concentrations for potential health risks. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 1-15.
- Emin, N., & Mutlu, E. (2024). Akgöl Gölet Havzasının (Sinop-Ayancık) Su Kalitesinin Yerinde Analizlerle Tespiti ve Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(3), 243-252.
- Erdem, R. (2022). Change of Calcium Concentrations in Forest Soils by Plant Species and Soil Depth. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(2), 122-127.
- 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.
- Ergül, H. A., & Kravkaz Kuşçu, İ. S. (2024). Variations in Sr, Tl, and V concentrations at copper mining sites based on soil depth, plant species, and plant organ. *BioResources*, 19(4), 793.
- Ertürk, N., Arıcak, B., Yiğit, N., & Sevik, H. (2024). Potential changes in the suitable distribution areas of *Fagus orientalis* lipsky in kastamonu due to global climate change. *Forestist*, 74: 159-165. doi:10.5152/

forestist.2024.23024.

- 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*, 1-9.
- 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*, DOI: 10.1016/j.jfca.2024.107169.
- Hmeer, A. I. A., & Şevik, H. (2025). Bazı Bitkilerin Farklı Organlarındaki Çinko Konsantrasyonlarına Trafik Yoğunluğunun Etkisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(1), 46-52.
- Hrivnák, M., Krajmerová, D., Paule, L., Zhelev, P., Sevik, H., Ivanković, M., Goginashvili, N., Paule, J., Gömöry, D. (2024). Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato?. *Eur J Forest Res* 143, 451–464. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01634-0>
- 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, K., Isinkaralar, O., Koç, İ., Şevik, H., & Özel, H. B. (2025a). Atmospheric Trace Metal Exposure in a 60-Year-Old Wood: A Sustainable Methodological Approach to Measurement of Dry Deposition. *International Journal of Environmental Research*, 19(4), 1-14.
- 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*, 1-13.
- İşinkaralar, K., & Erdem, R. (2021). Changes of calcium content on some trees in Kocaeli. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(2), 148-154.
- İpek, G. G., Aras, S., Arslan, N., & Mutlu, E. (2024). Evaluation of Freshwater Water Quality with Indexes and GIS-Based: A Case Study, Güren Stream (Küre Mountains National Park, Western Black Sea Basin, Turkey). *Water Resources*, 51(3), 332-343.
- 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.
- 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.
- Koc, I., Cobanoglu, H., Canturk, U., Key, K., Sevik, H., & Kulac, S. (2025a). Variation of 40-year Pb deposition in some conifers grown in the air-polluted-urban area of Düzce, Türkiye. *Environmental Earth Sciences*, 84(7), 186.
- Koc, İ., Canturk, U., Cobanoglu, H., Kulac, S., Key, K., & Sevik, H. (2025b). Assessment of 40-year Al Deposition in some Exotic Conifer Species in the Urban Air of Düzce, Türkiye. *Water Air Soil Pollut* 236, 76. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07723-z>
- Koç, İ. (2025). Chronological Levels of As, Pd, V, and Sr in 356-year-old *Pinus nigra* Annual Rings in Northern Türkiye. *BioResources*, 20(1). 2215-2233
- Koç, İ., Canturk, U., Isinkaralar, K., Özel, 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.
- Kulac, S., Pulatoglu, A.O., Koç, İ., Sevik, H., & Özel, H. B. (2025). Assessing Tree Species for Monitoring and Mitigating Strontium Pollution in Urban Environments. *Water Air Soil Pollut* 236, 605 (2025). <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08244-z>
- 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.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Özel, H. B., Aricak, B., Onat, S. M., & Sevik, H. (2023). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density, *BioResources* 18(1), 792-803.
- Mutlu, E., & Aydın Uncumusaoglu, A. (2024). Research on Water Quality for Evaluation Using the Water Quality Index and Multivariate Statistical Approach of Evrenye Stream (Kastamonu, Türkiye). *Polish Journal of Environmental Studies*. <https://doi.org/10.15244/pjoes/192355>
- 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.
- Özdikmenli, G., Yiğit, N., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Altitude-dependent Variations in Some Morphological and Anatomical Features of Anatolian Chestnut. *BioResources*, 19(3). 4635-4651
- 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.
- 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., Koç, İ., & Cobanoğlu, H. (2024). Determination of some exotic landscape species as biomonitors that can be used for monitoring and reducing Pd pollution in the air. *Water, Air, & Soil Pollution*, 235(10), 615.
- Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2012). Determination of genetic variation between populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf according to some seed characteristics, genetic diversity in plants. Chapter, 12, 231-248.
- 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.
- Şen, S. G., & Aydın, M. (2024). Farklı Meşcere Türlerinde Ormanaltı Yağış, Gövdeden Akış ve İntersepsiyonun Belirlenmesi. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(1), 115-123.
- 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.
- Tandogan, 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.
- Tokatli, C., Mutlu, E., Ustaoglu, F., Islam, A. R. T., & Muhammad, S. (2024). Spatiotemporal variations, health risk assessment, and sources of potentially toxic elements in potamic water of the Anday Stream Basin (Türkiye), Black Sea Region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(5), 420.
- 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, DOI:10.5152/forestist.2024.24071
- Yigit, N., Cetin, 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.
- Yigit, N., Mutevelli, Z., Sevik, H., Onat, S.M., Özel, H.B., Cetin, M., Olgun, C. (2021). Identification of Some Fiber Characteristics in *Rosa* sp. and *Nerium oleander* L. Wood Grown under Different Ecological Conditions. *BioResources*, 16(3): 5862-5874. DOI:10.15376/biores.14.3.7015-7024
- Yigit, N., Öztürk, A., Sevik, H., Özel, H. B., Ramadan Kshkush, F. E., & Işık, B. (2023). Clonal Variation Based on Some Morphological and Micromorphological Characteristics in the Boyabat (Sinop/Turkey) Black Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Seed Orchard. *BioResources*, 18(3). 4850-4865.
- Zhang, X. (2019). The history of pollution elements in Zhengzhou, China recorded by tree rings. *Dendrochronologia*, 54, 71-77.