

Trafik Kaynaklı Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Peyzaj Bitkilerinin Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği&

Hüccet VURAL

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bingöl

*Sorumlu Yazar: hvural@bingol.edu.tr

Geliş Tarihi: 22.08.2021 Düzeltme Geliş Tarihi: 14.09.2021 Kabul Tarihi: 14.10.2021

Öz

Kentsel alanlarda beklenmedik nüfus artışı ve değişen yaşam standartları beraberinde motorlu taşıt sayısının sürekli artışını meydana getirmiştir. Motorlu taşıt sayısının artışı bir taraftan trafik kaynaklı problemleri ortaya çıkarırken diğer taraftan da birçok kirleticiyeye kaynak teşkil etmiştir. Taşıtların sebep olduğu kirliliğin ana kaynağı olarak egzoz gazları, araç tekerlekleri, araç ve yolların aşınması ile ortaya çıkan ağır metallerdir. Ağır metaller, kirleticiler içerisinde insan sağlığını tehdit eden en önemli kirleticiler olarak gösterilmektedir. Bunun yanında ağır metallerin birikme ve doğada uzun süre kalabilme özelliği sürekli olarak takip edilmesini zorunlu kılmaktadır. Ağır metal kirliliğinin izlenmesinde ise yaygın olarak toprak ve bitki örneklerinden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada Bingöl ilinin trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bingöl kent merkezinde trafik yoğunluğu ve bağlantılı yol sayısına göre az, orta ve yoğun trafiği barındıran 3 kavşakta hem bitki hem de toprak örnekleri üzerinde ölçümler yapılarak altı elementin (Pb, Cd, Ni, Cr, Co, Cu) konsantrasyonlarının değişimi belirlenmiştir. Altı farklı bitki çeşidinden 18 bitki örneği ve 6 toprak örneği Bingöl Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında ICP-MS cihazı ile analiz edilmiştir. Yapılan analiz ve değerlendirmelere göre hem bitki örneklerinde hem de toprak örneklerinde trafik yoğunluğuna paralel olarak ağır metal konsantrasyonlarında artış görülmektedir. Bitki örnekleri toprak örneklerine göre, iğne yapraklı bitkiler ise yaprağını döken bitkilere göre biyomonitor olarak daha fazla kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçları Bingöl trafiğinin ağır metal kirliliği bakımından günümüz için risk oluşturacak düzeyde olmadığını göstermektedir. Ancak bu olumlu durumun sürdürülebilir olması için trafik yükünün daha fazla artmasının önlenmesi ve şehirlerarası ulaşım güzergâhının kent çevresinden geçirilmesi gerekmektedir. Ayrıca kent içi ulaşımında yeni ve eski yerleşim bölgelerini bağlayan alternatif ulaşım güzergâhlarının planlanarak trafik yoğunluğunun azaltılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Ağır metal kirliliği, biyomonitor, trafik kaynaklı kirleticiler, peyzaj bitkileri

Usage of Landscape Plants as Biomonitors in Determination of Heavy Metal Pollution Caused by Traffic

Abstract

Unexpected population growth and changing living standards in urban areas have led to a continuous increase in the number of motor vehicles. The increase in the number of motor vehicles, on the one hand, caused problems caused by traffic, and on the other hand, caused many pollutants. As the main source of pollution caused by vehicles, exhaust gases, vehicle wheels, heavy metals caused by wear of vehicles and roads. Heavy metals are shown as the most important pollutant in pollutants that threaten human health. In addition, the accumulation property of heavy metals and the ability to remain in nature for a long time makes it necessary to constantly monitor them. Soil and plant samples

are widely used in monitoring heavy metal pollution. In the study aimed to determine the heavy metal pollution caused by traffic in Bingöl city center. Bingöl way traffic density in the city center and linked based on the number of minimum, medium, and heavy traffic at the junction of the 3 hosts both plant and soil samples by making measurements on six elements (Pb, Cd, Ni, Cr, Co, Fr) the change in concentrations was determined. 18 plant samples and 6 soil samples from six different plant varieties were analyzed using the ICP-MS device in the Central Laboratory of Bingöl University. According to the analysis and evaluation, both plant and soil samples show an increase in heavy metal concentrations in parallel with traffic density. According to soil samples, coniferous plants were found to be more usable as bio monitors than plants that shed leaves. Research results show that Bingöl traffic is not at a level that poses a risk for today in terms of heavy metal pollution. But in order for this positive situation to be sustainable, it is necessary to prevent further increase in traffic load and to pass the intercity transport route around the city. In addition, it is proposed to reduce traffic density by planning alternative transportation routes connecting new and old residential areas in urban transportation.

Key words: Heavy metal pollution, bio monitor, traffic-related pollutants, landscape plants

Giriş

Kentleşmenin başladığı kabul edilen 1950 yılından günümüze kadar geçen süreçte yaşanan kentleşme hareketleri ile birlikte Dünya genelinde ortaya çıkan ekonomik gelişmeler, hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme çeşitli kirlenici unsurların oluşmasına ve atmosfer kalitesinin bozulmasına sebep olmuştur. Özellikle gelişmiş ülkelerde sanayileşme ve kentleşme süreçlerinin hızlı gelişmesi atmosfer üzerinde çeşitli baskılar oluşturmuştur. Fosil yakıtlar, çeşitli endüstri kuruluşlarından kaynaklanan kirlilik kaynakları, sera gazları, toksit maddeler, ağır metaller ayırım gözetilmeksizin havaya salınarak kirlilik oluşturmuştur. Atmosferde ortaya çıkan kirliliğin temel kaynağı olarak ise antropojenik etkenler gösterilmektedir (Mossi, 2018; Ávila-Pérez ve ark., 2019; Çobanoğlu, 2019; Koç, 2021). Başlıca antropojenik kirlenici kaynakları olarak ulaşım vasıtaları (hava, kara, deniz ve demir yolu araçları), endüstri kuruluşları (ağır sanayi, termik santraller, endüstriyel tesisler, katı atık yakma tesisleri, fabrikalar, vb.) ve ısınma (katı, sıvı, gaz yakıt sobaları ve kalorifer kazanları) kaynaklı kirleniciler olarak sıralanabilir.

İnsanlar tarafından meydana getirilen bu kirlilik kaynaklarından en fazla insanlar zarar görmektedir. Her yıl farklı kirlenici kaynaklarından oluşan hava kirliliği ile çok sayıda insan hayatını kaybetmektedir. Bunun yanında kent merkezlerinde hava kirliliğinin yoğunlaşması çeşitli sağlık sorunları olan insanlar için büyük risk yaratmaktadır (Çetin 2017; Işınkaralar ve ark., 2017; Türkyılmaz ve ark., 2018). İnsan sağlığını tehdit eden hava kirliliği unsurları içerisinde ağır metaller, yüksek

toksinite, kolay dağılım gösterme, ekosistemde uzun süre kalabilme ve biyolojik birikme özellikleri nedeniyle en riskli kirlenici olarak görülmektedir. Yapılan araştırmalar ağır metallerin insan sağlığına olumsuz etkilerini açıkça ortaya koymaktadır (Ávila-Pérez ve ark., 2019). Bu araştırmalardan Shaban ve ark. (2016) ve Zeng ve ark. (2016) yüksek ağır metal konsantrasyonunun insanın merkezi sinir sistemine, akciğerlere, böbreklere ve karaciğere zarar vererek ölüme bile sonuçlanabilecek olumsuzluklar meydana getirdiğini, Koedrit ve ark. (2013) düşük konsantrasyonlarda ağır metallere uzun süre maruz kalmanın insanların burun ve boğaz tahrişi, öksürük, nefes darlığı ve astım gibi semptomlarla karşı karşıya kalılabileceğini, Zeng ve ark. (2016) ağır metal varlığının çocuklarda astım, öksürük, balgam ve solunum güçlüğü gibi semptomlarda artış gördüğünü belirtmektedirler.

Yüksek sanayileşme kapasitesine sahip olmayan kentlerin hava kirliliğinin temel sebeplerinin başında trafik kaynaklı kirleniciler gelmektedir (Bilge ve Çimrin, 2013; Zengin ve Yıldız, 2019). Yapılan birçok araştırmada trafik yoğunluğu ile ağır metal kirliliği arasında doğru orantı belirlenmiştir (Mossi, 2018; Türkyılmaz ve ark., 2018; Jawed ve Aisha, 2019; Sevik ve ark., 2020; Alexandrino ve ark., 2020). Motorlu taşıt emisyonlarından ortaya çıkan partikül madde veya aerosol olarak da isimlendirilen havada asılı kalan bazı partiküller (katı veya sıvı) ciddi derecede kirlilik oluşturmaktadır (Mossi, 2018; Çobanoğlu, 2019; Alexandrino ve ark., 2020). Karayolu trafiği ile ilgili metal partikül emisyonları, yakıt ve yağın yanması, metalik parçaların aşınması, egzoz gazları, araç lastiklerinin aşınması, yağlayıcılar, frenlerin

aşınması ve yol yüzeyinden kaynaklanan emisyonlar gibi farklı kaynaklardan meydana gelmektedir. Genel olarak karayolu trafiği ile Cu, Fe, Ba, Sb, Cd, Pb, Zn, Cr ve Ni elementleri ilişkilendirilmektedir (Alexandrino ve ark., 2020). Bu elementler içerisinde trafik yoğunluğu ve egzoz gazlarında Pb, motor yağlarında ve oto lastiklerinde katkı maddesi olarak Cd, motor aşınmalarından Cu ve Ni, taşıtlardan kaynaklanan ağır metal kirliliğinin ana unsurları olarak görülmektedir (Bilge ve Çimrin, 2013; Zengin ve Yıldız, 2019).

Çevre ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri nedeniyle kentlerde özellikle trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin izlenmesi önemlidir. Ancak atmosferik kirliliğin izlenmesinde kullanılan klasik yöntemler yüksek maliyet, zaman ve mekân kısıtlılıkları nedeniyle sınırlı olarak kullanılmaktadır. Bunun yerine metal biriktirme kapasitesi yüksek olan pasif organizmaların (biyoindikatörlerin) kullanımı, düşük maliyetli alternatifler olarak görülmektedir (Tomasevic´ ve ark., 2004; Abril ve ark., 2014; Yalaltdinova ve ark., 2018). Kirlilik kaynaklarının yakınında bulunan toprak ve bitkiler artan ağır metal konsantrasyonlarını bünyesinde barındırmaktadır. Bu özellikleri ile çoğu zaman biyomonitor hizmeti de görmektedirler. Bitkiler büyük miktarda kirlenici kaynaklarını bünyesine alır ve vejetatif organlarına aktarırlar. Bitkilerin kirlenmesi çoğu durumda kirlilik kaynağı partikül maddenin yapraklar üzerinde birikmesi ile belirlenir (Ataabadi ve ark., 2011). Kirlilik derecesi yaprağın fiziksel özelliğine, rüzgâr hızına ve yağışa göre değişiklik göstermektedir. Özellikle yıkanma ile kirliliğin % 10-30 arasında azalma meydana gelmektedir (Ward ve ark., 1977).

Bitkiler bir taraftan ağır metal kirliliğine karşı koruyucu görevi üstlenirken diğer taraftan biyolojik izleme aracı olarak da kullanılmaktadır (Cansaran ve ark., 2016; Dadea ve ark., 2017; Alexandrino ve ark., 2020). Esasen ağır metallerin bazıları bitki büyümesi için gerekli elementlerdir. Bu elementler bitkiye topraktan ve kullanılan gübreden geçmektedir. Ancak bu elementlerin yüksek konsantrasyonu organizmalar için toksit etki oluşturmakta ve bitki için de bazı olumsuzlukları ortaya koymaktadır. Yüksek kirliliğe maruz kalan bitkilerin yapraklarında kloroz, nekroz, yaprak

ve gövdede şekil bozukluğu, sıcak stresi, protein sentezi, yüksek solunum gibi istenmeyen fizyolojik zorlukları ortaya çıkarmaktadır. Bitki organlarının sağlığının korunması ve ekosistemin sürdürülebilirliği için kirlilik düzeylerinin en düşük seviyede tutulması gerekmektedir (Cansaran ve ark., 2016). Bunun için ise en riskli kirlilik biçimi olan ağır metal kirliliğinin belirli periyotlarda izlenmesi gerekmektedir.

Ağır metal kirliliğinin izlenmesinde likenler, yosunlar, epifit bitkiler ve çiçekli bitkiler bölgesel ve yerel ölçekte biyomonitor olarak kullanılmaktadır (Madejon ve ark., 2006; Yap ve ark., 2010, Abril ve ark., 2014; Türkyılmaz ve ark., 2018; Ávila-Pérez ve ark., 2019; Sevik ve ark., 2019). 1960'lı yılların sonlarında küçük ve orta ölçekli yosunlar en çok kullanılan biyomonitor organizmalar olarak önerilmektedir (Ávila-Pérez ve ark., 2019). Diğer bitkilerle karşılaştırıldığında likenler ve yosunlar talli yapılarından dolayı daha uzun vadeli ve güvenilir sonuçlar vermektedirler. Özellikle likenler birçok elementi kendi fizyolojik ihtiyacından çok daha fazla miktarlarda biriktirme eğiliminde olması nedeniyle daha fazla tercih edilmektedir (Çobanoğlu, 2019). Ancak liken ve yosunların ne kadar süre ile kirliliğe maruz kaldıkları bilinememesi nedeniyle son yıllarda yüksek yapılı bitkiler biyomonitor olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Mossi, 2018; Koç, 2021). Yüksek yapılı bitkiler olarak ağaç, ağaççık ve çalılar toprak, su ve havadan iz elementleri alıp uzun süreli bünyesinde tutabilmeleri nedeniyle de tercih edilmektedir (Madejon ve ark., 2006). Bu bitkiler içerisinde yaprağını döken türlerde yıllık, yaprağını dökmeyen türlerde ise daha uzun süreli ağır metal birikim değerleri hesaplanabilmektedir. Bitkiler kullanılarak ağır metal birikiminin belirlenmesinde bitkilerin kök, gövde, kabuk, yaprak, dal ve meyve gibi farklı organlarından örnekler alınmakta ve laboratuvar ortamında farklı cihazlar kullanılarak analiz edilmektedir. Yurt içinde ve yurt dışında yapılan araştırmalarda ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde biyomonitor olarak kullanılan bitki türleri, organizmalar ve çalışma alanı ile ilgili örnek bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Biyomonitor olarak kullanılan bitki ve organizmalardan örnekler







Kaynak	Biyomonitor Olarak Kullanılan Bitkiler	Örnek Alınan Organizma	Çalışma Konusu
Tomasevic ve ark. (2004)	<i>Aesculus hippocastanum</i> L., <i>Tilia</i> sp. L.	Yaprak	Yeşil alan kirliliği
Madejon ve ark. (2006)	<i>Olea europaea</i> , <i>Quercus ilex</i>	Yaprak ve meyve	Mekânsal kirlilik
Mingorance ve Oliva (2006)	<i>Nerium oleander</i> L.	Yaprak	Mekânsal kirlilik
Yap ve ark. (2010)	<i>Centella asiatica</i> (Tıbbi bitki)	Kök, gövde ve yaprak	Toprak kirliliği
Ataabadi ve ark. (2011)	<i>Quercus brantii</i> , <i>Ligustrum vulgare</i>	Yaprak	Endüstriyel kirlilik
Abril ve ark. (2014)	<i>Tillandsia capillaris</i> (Epifit bitki)	Yaprak	Endüstriyel kirlilik/Trafik kirliliği
Karakoyun ve Osma (2015)	<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven	Yaprak ve dal	Mekânsal kirlilik
Cansaran ve ark. (2016)	<i>Maclura pomifera</i>	Yaprak	Trafik kaynaklı kirlilik
Mossi (2018)	<i>Ligustrum vulgare</i> , <i>Eonymus japonica</i> , <i>Biota orientalis</i> , <i>Juniperus sabina</i> , <i>Berberis thunbergii</i> , <i>Mahonia aquifolium</i> ve <i>Buxus sempervirens</i>	Yaprak ve dal	Trafik kaynaklı kirlilik
Türkyılmaz ve ark. (2018)	<i>Prunus cerasifera</i> , <i>Ailanthus altissima</i> , <i>Elaeagnus angustifolia</i> , <i>Tilia tomentosa</i> .	Yaprak	Trafik kaynaklı kirlilik
Yalaltidnova ve ark. (2018)	<i>Populus nigra</i> L.	Yaprak	Endüstriyel kirlilik
Arcak ve ark. (2019)	<i>Pinus slyverstris</i>	İbre, kabuk ve dal	Mesafeye bağlı trafik kirliliği
Ávila-Pérez ve ark. (2019)	<i>Fabriona ciliaris</i> , <i>Leskea angustata</i> (Yosun)	Yosun	Mekânsal kirlilik
Çobanoğlu (2019)	<i>Picea pungens</i> Engelm	İbre, kabuk ve dal	Bitki yaşına göre kirlilik barındırma
Jawed ve Aisha (2019)	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Yaprak, dal ve tohum	Trafik kaynaklı kirlilik
Sevik ve ark. (2019)	<i>Ailanthus altissima</i> , <i>Biota orientalis</i> , <i>Platanus orientalis</i> , <i>Pyracantha coccinea</i>	Tohum, dal ve yaprak	Trafik kaynaklı kirlilik
Zengin ve Yıldız (2019)	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Yaprak	Mekânsal kirlilik/ Trafik kaynaklı kirlilik
Alexandrino ve ark. (2020)	<i>Araucaria heterophylla</i>	İbre	Trafik kaynaklı kirlilik

Çizelge 1'e göre araştırmacılar tarafından farklı kaynaklı ağır metal kirlilik düzeylerinin belirlenmesinde bir veya daha fazla bitki, yosun veya likenlerden biyomonitor olarak yararlanıldığı görülmektedir. Bu araştırmada ise üç iğne yapraklı bitki (*Pinus slyverstris*, *Picea pungens*, *Thuja orientalis*) ve üç geniş yapraklı/yaprağını döken bitki (*Betula verrucosa*, *Robinia pseudoacacia*, *Syringa vulgaris*) olmak üzere altı bitki kullanılmıştır. Bu bitkilerle birlikte aynı bölgelerden alınan toprak örnekleri de trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Araştırma Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2020 yılı nüfus verilerine göre nüfus büyüklüğü bakımından Türkiye'nin 62. kenti olan Bingöl kent merkezinde yürütülmüştür. Kentte Ocak 2021 TÜİK verilerine göre toplam 17.530 motorlu karayolu taşıtı bulunmaktadır

(TÜİK, 2021). Türkiye karayolu ulaşımı açısından ulusal ve uluslararası öneme sahip D300 karayolunun kent merkezinden geçmesi araştırmayı önemli kılmaktadır. Araştırmada Bingöl kent merkezinde hem kent içi ulaşım hem de kent çevresi ulaşım aksı üzerinde trafik kaynaklı ağır metal kirlilik düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte bu kirliliğin belirlenmesinde bazı peyzaj bitkilerinin biyomonitor olarak kullanılabilme olanakları da araştırılmıştır. Bu amaçla kent merkezinde trafik yoğunluğu ve bağlantılı yol sayısına göre az, orta ve yoğun trafiği barındıran üç nokta belirlenmiş ve bu noktalarda bitki yaprak örnekleri ile toprak örnekleri üzerinde altı elemente (Pb, Cd, Ni, Cr, Co, Cu) ait birikim değerleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarının kent içi ve çevresi trafik planlamasına kaynak teşkil edeceği düşünülmektedir.

Çizelge 2. Araştırmada kullanılan peyzaj bitkileri ve temel özellikleri

Kullanılan Bitki (Latince/Türkçe Adı)	Familiya	Temel Özellikleri	Bitkilere Ait Görünümler (Özgün 06.08.2021)
<i>Pinus slyverstris</i> (Sarıçam)	Pinaceae famiyasından iğne yapraklı/ yaprak dökmeyen ağaç	15 metreden fazla boya sahip, narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı, iğne yaprakları ikili, mavi-yeşil, kıvrık, sık dizilmiş, genellikle 4–5 cm uzunluğunda, uçları sivri, genellikle 2-3 yıl yıl ömrü vardır. Soğuk iklime, rüzgâra ve kirli havaya dayanıklı, bol güneş ister.	
<i>Picea pungens</i> (Mavi Ladin)	Pinaceae famiyasından iğne yapraklı/ yaprak dökmeyen ağaç	25–30 m'ye kadar boy, 1,5 m'ye kadar çapa sahip, yaz kuraklığından etkilenmeyen, zehirli gazlara karşı dayanıklı, toprak isteği bakımından kanaatkâr, kuru ve fakir topraklarda da yetişebilen dekoratif bir bitkidir. İbrelere 2-3 cm boyunda, dört köşeli, biraz kıvrık, uçları sivri ve batıcıdır. Yeşil, mavi-yeşil, gümüşü renklidir.	
<i>Thuja orientalis</i> (Doğu Mazısı)	Cupressaceae famiyasından pul yapraklı/ yaprak dökmeyen çalı	20 m'den daha fazla boy, 1 m çapa ulaşabilen, açık yeşil veya açık sarı-yeşil renkteki pul yapraklı, küçük sürgünler bir düzlem üzerinde ve yassı biçimde, pul yaprakların yarıkları içerisinde yağ bezeleri vardır, ezildiğinde reçine kokar. Odunu sık dokulu ve güzel kokuludur.	
<i>Betula verrucosa</i> (Huş)	Betulaceae famiyasından Geniş yapraklı/ yaprak döken Ağaç	30 m'ye kadar boylanabilen, 3-5 metre taç yapabilen, beyaz gövdeli, genç dallar ince, uzun ve sarkık yapılı ağaçtır. Yaprakları üç köşeli, yürek biçiminde, sivri uçlu, 3–7 cm uzunlukta, 2,5–4 cm genişliktedir. Yaprak sapı 2–3 cm'dir. Kenarları kaba ve katlı dişlidir. Yeni yaprak ve sürgünler elde ovuşturulunca güzel bir koku çıkar.	
<i>Robinia pseudoacacia</i> (Yalancı akasya)	Fabaceae famiyasından Geniş yapraklı/ yaprak döken Ağaç	20-30 metre boy, 4-6 metre çapa sahip, beyaz çiçekli ve batıcı dikenli bir ağaçtır. Genç yaştan itibaren çatlaklı olan gövde koyu gri-kahverengidir. 5-10 cm uzunluğunda, kahverengi ve bakla biçiminde meyveleri bulunmaktadır. Hava kirliliğine karşı dayanıklıdır.	
<i>Syringa vulgaris</i> (Leylak)	Oleaceae famiyasından Geniş yapraklı/ yaprak döken çalı	3-4 metre boy ve çapa sahip, salkım biçiminde güzel kokulu çiçekleri olan park ve bahçelerde sıklıkla kullanılan bir peyzaj bitkisidir. Yaprakları yumurta veya geniş yumurta biçiminde yuvarlakça, sivri uçlu, üst yüzü koyu, alt yüzü biraz mat ve tüysüzdür. Genç sürgünler, düzgün, gri veya zeytuni yeşil, önceleri kısa tüylü, sonraları çıplaktır. Hoş kokulu eterik yağ içerir, parfümeride önemlidir.	

Materyal ve Metot

Çalışma alanı/Kullanılan materyal

Araştırma Bingöl kent merkezinde yürütülmüştür. Araştırmada trafik yoğunluğu ve bağlantılı yol sayısına göre az, orta ve yoğun trafiği barındıran 3 noktadan alınan toprak ve bitki örnekleri kullanılmıştır. Yoğun trafik noktası olarak; Zeki Ergezen Bulvarı üzerinde hem kent içi hem de kent çevresi trafiğin kesişme noktası olan Gündoğdu Kavşağı, orta yoğun trafik noktası olarak Bingöl-Muş karayolu Diyarbakır yol ayrımında bulunan Organize Sanayi Kavşağı, az yoğun trafik noktası olarak ise sadece kısmi kent içi trafiği barındıran Hikmet Tekin Bulvarı belirlenmiştir. Bu üç noktada altı farklı bitki çeşidinden 18 bitki yaprak örneği ve 6 toprak örneği Bingöl Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında ICP-MS cihazı ile analiz edilmiştir. Araştırma kapsamında kullanılan peyzaj bitkileri ve temel özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Toprak ve Bitki Örneklerinin Alınması

Araştırma kapsamında üç noktadan Çizelge 2’de verilen ve rastgele belirlenen birer bitkinin tam olgunluğa erişmiş yaprak örnekleri toplanmıştır. Yaprak örnekleri toplanırken en alt ve en uç kısımları ile en üst noktalardan alınmamaya özen gösterilmiştir. Toprak örnekleri ise bitki örneklerinin yakınından ve toprağın 0-15 cm lik üst kısmından alınmıştır. Hem toprak hem de bitki örnekleri sonbahar yağışları öncesinde ve vejetasyon dönemi sonu olan Ekim 2019 tarihinde alınmıştır.

Ön Hazırlık

Toplanan bitki yaprak örnekleri önce toz ve topraktan arındırılmıştır. Etiketlererek kese kâğıtlarına konulan bitki örnekleri mikrodalga fırında 65C’de 24 saat kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutulan örnekler blenderle öğütülerek toz haline getirilmiş ve yakma işlemi için hazırlanmıştır. Toprak örnekleri ise kuru oda sıcaklığında bir ay süreyle kurutulmuş, daha sonra 2 mm’lik paslanmaz çelik elek ile elenmiştir. Ön hazırlık aşaması tamamlanan bitki ve toprak örnekleri 5 g tartılarak laboratuvar analizi için hazırlanmıştır.

Laboratuvar Aşaması

Analiz için hazırlanan bitki ve toprak örneklerinin Pb, Cd, Ni, Cr, Co, Cu elementlerinin içerik analizleri Bingöl Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometer (ICP-MS) cihazı aracılığı ile yapılmıştır. Öncelikle 1 gramlık toprak/bitki örnekleri mikro dalga fırının teflon kaplarına aktarılmış ve her bir numunenin üzerine derişik 10 ml nitrik asit eklenerek 20-25 dakikada 200 °C de 10 dk beklenerek yakma işlemi yapılmıştır. Her bir ölçümden önce ICP- MS kalibrasyonu yapılmıştır. Element analizlerinin kontrolü için 100 ppb ⁴⁵Sc, ⁸⁹Y internal standartı kullanılmıştır. Yapılan çalışmada numunelerin element analizleri için kuarz nebulizer (sisleştirici), cyclonic spraychamber (sisleştirme odası) ve entegre bir auto-sampler bulunduran ICP-MS NexION® 2000 C (PerkinElmer®Inc., USA) cihazı kullanılmıştır. Analizlerde ayarlama, veri toplama ve veri analizi dahil olmak üzere cihazı kontrol etmek için Syngistix for ICP-MS software version 2.2 cihaz yazılımı kullanılmıştır (Anonim, 2020).

İstatistik Analizi

Laboratuvardan alınan ham veriler SPSS paket programına aktarılarak analiz edilmiştir. Analizde temel istatistik değerlendirmelerin yanında Mann Whitney-U ve Kruskal-Wallis-H Testleri kullanılmıştır.

Bulgular

Araştırma bulguları araziden alınan toprak ve bitki örneklerinin laboratuvar ortamında analizinden elde edilen sonuçlara dayanmaktadır.

Toprak Analizi Sonuçları

Araştırma alanında trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin belirlenmesine yönelik 3 trafik noktasından toprak örnekleri alınmış ve 6 elemente (Pb, Cd, Ni, Cr, Co, Cu) ait birikim değerleri belirlenmiştir. Belirlenen örneklem noktaları şehirlerarası ulaşımı sağlayan ve Bingöl kent merkezinden geçen D300 ve D950 karayolları ile şehir içi ulaşım ağının kesişme noktasında yer almaktadır. Bu noktadan alınan toprak örneklerinin trafik yoğunluğuna göre ortalamalı sonuçları ve Türkiye için müsaade edilebilir sınır değerler Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Trafik yoğunluğuna göre toprak örneklerinin ağır metal içerik analizleri

Trafik Yoğunluğu	Cr 52 (mg/kg)	Co 59 (mg/kg)	Ni 60 (mg/kg)	Cu 63 (mg/kg)	Cd 111 (mg/kg)	Pb 208 (mg/kg)
Az Trafik	36.03	11	21.51	17.02	0.95	29.51
Az Trafik	22.12	8.43	25.5	11.73	0.41	20.7
Ortalama	29.08	9.72	23.51	14.38	0.68	25.11
Orta Trafik	39.31	13.45	43.98	20.79	0	70.91
Orta Trafik	22.29	9.11	27.29	19.75	0	68.93
Ortalama	30.80	11.28	35.64	20.27	0.00	69.92
Yoğun Trafik	23.09	10.48	34.61	14.6	0	50.25
Yoğun Trafik	47.56	17.64	62.81	25.56	1.45	205
Ortalama	35.33	14.06	48.71	20.08	0.73	127.63
Türkiye Standardı	100	80	75	100	3	300

Çizelge 3’de ki sonuçlar incelendiğinde trafik yoğunluğuna paralel olarak ağır metal değerlerinin arttığı görülmektedir. Özellikle Pb ve Ni değerlerinde diğer elementlere göre daha fazla bir artış söz konusudur. Pb’nin egzoz gazlarından, Ni ise motor aşınmalarından kaynaklandığı düşünüldüğünde bu sonuçların beklenen sonuçlar olduğu görülmektedir (Bilge ve Çimrin, 2013; Zengin ve Yıldız, 2019). Ancak bütün elementlerde Türkiye toprakları için müsaade edilebilir değerlerin altında sonuçların

Bitki Örneklerinin Analizi

Araştırma kapsamında üç adet iğne-pul yapraklı/yaprağını dökmeyen ve üç adet geniş yapraklı/yaprağını döken bitkilerden alınan yaprak örnekleri ile trafik kaynaklı kirlilik yükü belirlenmiştir. Her iki grupta araştırma materyali olarak ele alınan bitkilerin ikisi ağaç,

alınması araştırma alanında günümüz için bir tehlike arz etmediğini göstermektedir. Bunun yanında trafik yoğunluğuna göre elde edilen sonuçlar arasında farkın önemli olup olmadığı ile ilgili yapılan Kruskal Wallis–H Testine göre aradaki fark bütün elementlerde önemli bulunmamıştır ($p>.05$). Ortalama değerlerde rakamsal farklılıklara rağmen test sonuçlarının önemsiz çıkmasında örneklem sayısının az olmasının etkisi olduğu düşünülmektedir.

biri çalı grubu bitkisidir. İğne-pul yapraklı bitkilerin yaprak yaşlarının bir yıldan fazla olduğu için 1-3 yıllık kirlilik yükünü, geniş yapraklı bitkilerin yaprak yaşlarının bir yıldan az olduğu için sezonluk kirlilik yükünü ifade etmektedir. Bu kapsamda trafik yoğunluğuna göre iğne yapraklı bitkilerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. İğne yapraklı bitki örneklerinin ağır metal içerikleri

BİTKİ ADI	TRAFİK YOĞUNLUĞU	Cr 52 (mg/kg)	Co 59 (mg/kg)	Ni 60 (mg/kg)	Cu 63 (mg/kg)	Cd 111 (mg/kg)	Pb 208 (mg/kg)
	Az	1.21	0.78	1.29	2.71	0.57	7.76
<i>Pinus slyverstris</i> (Sarıçam)	Orta	3.51	1.01	4.14	4.08	0.59	8.73
	Yoğun	3.04	1.13	5.94	8.49	0.56	11.72
	Ortalama	2.59	0.97	3.79	5.09	0.57	9.40
<i>Picea pungens</i> (Mavi Ladin)	Az	1.56	0	0	3.01	0	0
	Orta	1.51	0.44	1.71	2.6	0.21	5.52
	Yoğun	3.45	0.71	3.27	7.51	0.44	9.93
	Ortalama	2.17	0.38	1.66	4.37	0.22	5.15
<i>Thuja orientalis</i> (Doğu Mazısı)	Az	1.43	0.65	2.21	3.99	1.57	6.13
	Orta	1.49	0.54	1.41	2.54	0.53	5.93
	Yoğun	3.94	0.76	2.66	9.29	1.4	8.5
	Ortalama	2.29	0.65	2.09	5.27	1.17	6.85

Çizelge 4'e göre bazı değerler hariç olmak üzere trafik yoğunluğuna paralel olarak bitki yapraklarının ağır metal içeriklerinin artış gösterdikleri belirlenmiştir. Araştırmaya dâhil edilen üç konifer bitki içerisinde *Pinus slyverstris* (Sarıçam) diğer türlere göre daha yüksek oranda ağır metal biriktirme özelliği göstermektedir. Ortalama değerler bakımından Cr, Co, Ni ve Pb elementlerinde *Pinus slyverstris*, Cu ve Cd'da *Thuja orientalis* daha yüksek konsantrasyona sahiptir. Ancak *Thuja orientalis*'in trafik yoğunluğuna göre değerleri incelendiğinde az trafik değerlerinin orta trafik değerlerinden daha yüksek çıktığı görülmektedir. Bu durumun seçilen bitkilerin ve alınan yaprak örneklerinin yaş farkından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Genel bir

değerlendirme olarak *Pinus slyverstris*'in diğer iki bitkiye göre trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinde hem koruyucu hem de biyomonitor olarak daha iyi bir rol üstlendiği söylenebilir.

Trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin sezonluk birikimlerinin belirlenmesi için üç yaprağını döken bitki belirlenmiş ve yaprak örnekleri üzerinde analizler yapılmıştır. Bingöl şartlarında geniş yapraklı bitki yapraklarının 1-15 Mayıs tarihleri arasında tam olgunlaşmaya eriştiği düşünüldüğünde ortalama 4-5 aylık birikim değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Örnekleme olarak ele alınan *Betula verrucosa* (Huş), *Robinia pseudoacacia* (Yalancı akasya) ve *Syringa vulgaris* (Leylak) bitkilerine ait ağır metal birikim değerleri Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Geniş yapraklı bitkilerin ağır metal birikim değerleri

Bitki Adı	Trafik Yoğunluğu	Cr 52 (mg/kg)	Co 59 (mg/kg)	Ni 60 (mg/kg)	Cu 63 (mg/kg)	Cd 111 (mg/kg)	Pb 208 (mg/kg)
<i>Betula Verrucosa</i> (Huş)	Az	0.98	0.61	2.91	2.63	1.32	6.08
	Orta	0.97	0.56	2.1	4.05	0.26	6.35
	Yoğun	0.71	0.57	2.99	5.89	0.57	6.08
	Ortalama	0.89	0.58	2.67	4.19	0.72	6.17
<i>Robinia pseudoacacia</i> (Yalancı akasya)	Az	0.86	0.46	0.77	5.61	0.36	4.67
	Orta	1.33	0	3.13	7.53	0	0
	Yoğun	2.79	1.05	4.76	13.65	0.54	8.62
	Ortalama	1.66	0.50	2.89	8.93	0.30	4.43
<i>Syringa vulgaris</i> (Leylak)	Az	1.85	0.56	1.42	6.97	0.67	6.53
	Orta	1.47	0.69	3.38	9.78	0.3	7.19
	Yoğun	0.64	0.63	1.45	14.46	0.5	5.76
	Ortalama	1.32	0.63	2.08	10.40	0.49	6.49

Çizelge 5'de ki veriler incelendiğinde trafik yoğunluğuna göre ağır metal içeriklerinin iğne yapraklı bitkilerde gerçekleştiği gibi olmadığı, birbirinden tutarsız değerlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Sadece Cu elementinde trafik yoğunluğuna paralel bir artış söz konusudur. Bunun yanında Cu konsantrasyonunda elde edilen değerlerin iğne yapraklı bitkilere göre daha yüksek olduğu

görülmektedir. Dolayısıyla Cu elementi için geniş yapraklı bitkilerin iğne yapraklılara göre daha iyi bir biyomonitor olduğu söylenebilir. İncelenen bitkiler içerisinde ise *Syringa vulgaris* diğer bitki türlerine göre bünyesinde daha fazla Cu elementi biriktirmektedir. Geniş yapraklı bitkiler içerisinde *Syringa vulgaris* Pb, Cu, Co elementlerini, *Robinia pseudoacacia* Cr, Ni elementlerini *Betula verrucosa* ise Cd

elementini diğer bitkilerine göre daha yüksek oranda barındırmaktadırlar.

Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Araştırma kapsamında toprak ve bitki örneklerinin trafik yoğunluğuna göre ortalamaları arasında ki farkın anlamlı olup olmadıkları analiz edilmiştir. Analizlerde örneklem sayısının düşük olması nedeniyle parametrik olmayan testler kullanılmıştır. Buna göre toprak örneklerinde trafik yoğunluğuna paralel olarak ağır metal birikim değerleri artmasına karşılık bu artışın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir (Kruskal Wallis-H Testi Sonucu Chi-Square: 1,14-3,43 Aralığında, $p>0,05$). Ortalama değerleri arasında ki farka rağmen istatistiki olarak önemsiz bulunmamasında örneklem sayısının oldukça sınırlı olmasının rolü olabileceği düşünülmektedir. Örneğin ortalama Pb değeri az trafikte 25,11 mg/kg iken yoğun trafikte 127,63 mg/kg'dir. Benzer durum Ni elementi için de geçerlidir. Ni elementinin birikim değeri

az trafikte 23,51 mg/kg, yoğun trafikte ise 48,71 mg/kg olarak ölçülmüştür.

Trafik yoğunluğuna göre bitki örneklerinin ağır metal içeriklerinin değişimleri Kruskal Wallis-H Testi kullanılarak analiz edilmiştir (Çizelge 6). Yapılan analiz sonucuna göre Ni ve Cu elementlerinin trafik yoğunluğuna göre değişimleri istatistiksel bakımdan önemli/anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Bunun yanında genel bir değerlendirme olarak trafik yoğunluğuna paralel olarak ortalama değerlerde yükselme dikkat çekmektedir.

Yapılan bir başka analizde araştırmaya dâhil edilen 6 bitki arasında belirlenen ağır metal içerik değerleri arasında farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Ancak bu sonuç kullanılan 6 bitkinin ağır metal biriktirme ve dolayısıyla biyomonitor olarak kullanılamayacağını ifade etmez. Örneklem sayısının fazla olması ve buna paralel olarak parametrik testlerin kullanımı durumunda farklılıklar ortaya koyacağı düşünülmektedir.

Çizelge 6. Bitki örneklerinin trafik yoğunluğuna göre değişim analizi

	Cr 52 (mg/kg)	Co 59 (mg/kg)	Ni 60 (mg/kg)	Cu 63 (mg/kg)	Cd 111 (mg/kg)	Pb 208 (mg/kg)
Az trafik sıra ort.	7.83	7.83	5.17	6.33	11.50	7.50
Orta yoğun trafik sıra ort.	9.67	7.33	10.50	7.83	6.08	8.25
Yoğun trafik sıra ort.	11.00	13.33	12.83	14.33	10.92	12.75
χ^2	1.06	4.67	6.53	7.61	3.73	3.42
p	.58	.09	.03*	.02*	.15	.18

* $p<0,05$

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Araştırma trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin toprak ve bitki örnekleri ile belirlenmesi üzerine yapılmıştır. Az, orta ve yoğun trafiği barındıran üç noktadan 6 toprak örneği ve 18 bitki örneği üzerinde ağır metal kirlilik değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Örneklem sayısının kısıtlı olmasına karşılık trafik yoğunluğuna paralel olarak 6 elementin kirlilik değerlerinde önemli tespitler elde edilmiştir.

Çalışmanın asıl amacının en doğru biyomonitor bitkisinin belirlenmesi üzerinedir. Bu amaçla kentte en sık kullanılan üçü iğne-pul yapraklı, üçü geniş yapraklı peyzaj bitkisi belirlenmiş ve bu bitkilerden yaprak örnekleri alınarak analiz edilmiştir. Toprak örnekleri ise trafiğe bağlı kirlilik için referans değer olarak ele alınmıştır. Çalışmada iğne yapraklı bitkiler ile geniş yapraklı bitkiler ayrı ayrı incelenmiştir. Bu kapsamda trafik yoğunluğuna göre toprak ve bitki örneklerinin ortalama değerleri özetle Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Örneklem grubuna göre analiz sonuçlarının özeti

Örneklem	TRAFİK YOĞUNLUĞU	Cr 52 (mg/kg)	Co 59 (mg/kg)	Ni 60 (mg/kg)	Cu 63 (mg/kg)	Cd 111 (mg/kg)	Pb 208 (mg/kg)
Geniş Yapraklılar	Az	1.23	0.54	1.70	5.07	0.78	5.76
	Orta	1.26	0.42	2.87	7.12	0.19	4.51
	Yoğun	1.38	0.75	3.07	11.33	0.54	6.82
	Ortalama	1.29	0.57	2.55	7.84	0.50	5.70
İğne Yapraklılar	Az	1.40	0.48	1.17	3.24	0.71	4.63
	Orta	2.17	0.66	2.42	3.07	0.44	6.73
	Yoğun	3.48	0.87	3.96	8.43	0.80	10.05
	Ortalama	2.35	0.67	2.52	4.91	0.65	7.14
Toprak Örnekleri	Az	29.08	9.72	23.51	14.38	0.68	25.11
	Orta	30.80	11.28	35.64	20.27	0.00	69.92
	Yoğun	35.33	14.06	48.71	20.08	0.73	127.63
	Ortalama	31.74	11.69	35.95	18.24	0.47	74.22

Çizelge 7'ye göre trafik yoğunluğuna göre toprak örneklerinde Cd, iğne yapraklı bitki örneklerinde Cu ve Cd, geniş yapraklı bitki örneklerinde ise Co ve Cd elementleri hariç bütün elementlerin ağır metal içeriklerinde düzenli bir artış söz konusudur. Birikim değerleri bakımından ise Cd hariç tüm elementlerde toprak örnekleri iğne ve geniş yapraklı bitki örneklerinin çok üzerinde olduğu görülmektedir. Bunda çok sayıda etkenin rol oynayabileceği yapılan çeşitli araştırmalarla da ortaya konulmaktadır. Bu etkenlerden bazıları; toprağın doğal yapısında bazı elementlerin yer alması, yapılan gübreleme, sulama gibi bitki bakım hizmetleri ile çeşitli elementlerin toprağa dışardan taşınması, bitkiler üzerinde bulunan metallerin yıkanma ile toprağa karışması ve toprağın daha uzun süreli kirlenmeye maruz kalabilmesi sayılabilir. Bitki örneklerinin ortalama değerlerine göre ise Cr, Co, Cd ve Pb iğne yapraklı bitkilerde, Ni ve Cu ise geniş yapraklarda daha yüksek bulunmuştur. Trafik yoğunluğuna göre artış da göze alındığında Cu hariç diğer elementlerde iğne yapraklı bitkilerin daha iyi biyomonitor rolü üstlenebilir.

Araştırmada bitkilerin trafik kaynaklı ağır metalleri bünyelerinde bulundurma kapasitesi ve dolayısıyla biyomonitor olarak kullanılabilme olanakları da belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda örneklem olarak ele alınan altı bitki

içerisinde Cr, Co, Ni ve Pb elementlerini *Pinus slyverstris*, Cu elementini *Syringa vulgaris* ve Cd elementini *Thuja orientalis* en yüksek oranda biriktirmektedir. Dolayısıyla bu bitkilerin belirtilen element için en iyi biyomonitor olabileceği öngörülmektedir. Ancak bu araştırmanın sınırlılıkları göz önünde bulundurulduğunda örneklem sayısının daha fazla olacağı başka araştırmalarında yapılmasının doğru olacağı kanaatindeyiz. Her şeyden önce bir bitkinin biyomonitor olabilmesi için o bölgenin doğal bitki örtüsü içerisinde yer alması gerekmektedir. Bunun yanında bitkinin genetik yapısı, stres düzeyi, formu, alt tür ve varyetesi gibi çok sayıda faktör etkilemektedir (Mossi, 2018; Türkyılmaz ve ark., 2018; Jawed ve Aisha, 2019; Sevik ve ark., 2020).

Yurt içinde ve yurt dışında yapılan çok sayıda araştırmada farklı bitkilerin biyomonitor olabileceği öne sürülmektedir. Birkaç örnek vermek gerekirse Türkyılmaz ve ark. (2018), *Tilia tomentosa*'nın Pb ve Cd, *Prunus cerasifera*'nın Cu ve Ni elementlerinin ölçülmesinde, Zengin ve Yıldız (2019), *Elaeagnus angustifolia* L.'nin Ni, Fe, Mn, Cu ve Zn elementlerinin ölçülmesinde, Madejon ve ark. (2006), *Quercus ilex*'nin Zn, As, Pb ve Cu elementlerinin ölçülmesinde, Cansaran ve ark. (2016), *Maclura pomifera*'nın Co, Cr, Ni ve Pb elementlerinin ölçülmesinde, Tomasevic ve ark. (2004), *Aesculus hippocastanum* L.'nin Cu, Pb

ve Cd elementlerinin ölçülmesinde, Koç (2021), *Cedrus atlantica*'nın Ni elementinin ölçülmesinde, Alexandrino ve ark. (2020), *Araucaria heterophylla*'nın karayolu trafiği ile ilişkisi olan tüm elementlerin ölçülmesinde ideal bitki olabileceklerini öne sürmektedirler. Bu çalışmada kullanılan bitkilerle ilgili yapılan çalışmalarda ise Arıca ve ark. (2019), *Pinus sylvesteris*'nin özellikle Cd başta olmak üzere Cu ve Pb elementlerinin ölçülmesinde, Dadea ve ark. (2017), *Robinia pseudoacacia* ve *Betula pendula*'nın fitoremediasyon olarak kullanılabilmesinde, Çobanoğlu (2019), *Picea pungens*'in farklı elementlerin ölçülmesinde, Karakoyun ve Osma (2015), *Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven'in Ni, Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Cr elementlerinin ölçülmesinde biyomonitör materyali olarak ele alınmışlardır.

Ağır metal kirliliğinin izlenmesinde hangi bitkinin kullanılacağı gibi hangi organın kullanılması gerektiği konusunda da farklı sonuçlar öne sürülmektedir. Jawed ve Aisha, (2019), yaprak, dal ve tohum örnekleri üzerinde Ba, Al, B, Ca, K ve Mg konsantrasyonlarının organel bazında istatistik olarak değiştiğini, Mossi (2018), Cu, Ni, Pb, Cd ve Ca konsantrasyonlarının dallarda, Mn konsantrasyonunun yapraklarda daha yüksek düzeyde olduğunu, Sevik ve ark. (2019), en yüksek Ni konsantrasyonunun tohumlarda, Pb ve Cd konsantrasyonunun yapraklarda olduğunu, Sevik ve ark. (2020), Ni ve Co elementlerinin konsantrasyonlarının yaprak, dal ve kabuğa göre meyvelerde daha yüksek olduğunu öne sürmektedirler. Bu çalışmada ise sadece yaprak örnekleri incelendiği için organel bazında karşılaştırma yapılamamıştır. Ancak yukarıdaki sonuçlar hangi organelden örnek alınmasından ziyade özellikle tekrarlanan çalışmalarda aynı organelden veri alınmasının daha doğru olacağını göstermektedir.

Sonuç olarak araştırma alanında hem toprak örneklerinde hem de bitki örneklerinde trafik yoğunluğuna bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir. Topraktaki ağır metal birikim değerleri bitkilere göre oldukça yüksek seyretmektedir. Bunun yanında Cr, Co, Cd ve Pb elementlerinde iğne yapraklı bitkiler geniş yapraklı bitkilere göre, Ni ve Cu elementlerinde ise geniş yapraklı bitkiler iğne yapraklı bitkilere göre daha fazla metal biriktirme eğilimindedir. Elde edilen sonuçlar araştırma alanında daha önce benzer çalışmanın yapılmamış olması nedeniyle referans çalışma olarak kabul edilmeli ve belirli

periyotlarda aynı bitkiler kullanılarak kirlilik izlenmelidir.

Araştırma sonuçları Bingöl trafiğinin ağır metal kirliliği bakımından günümüz için risk oluşturacak düzeyde olmadığını göstermektedir. Ancak bu olumlu durumun sürdürülebilir olması ve kentsel çevre kalitesi için trafik yükünün daha fazla artmasının önlenmesi gerekmektedir. Ayrıca kent içi ulaşımda yeni ve eski yerleşim bölgelerini bağlayan alternatif ulaşım güzergâhlarının planlanarak trafik yoğunluğunun azaltılması önerilmektedir. Bunun yanında D950 karayolunun kirlenici etkisinin azaltılmasına yönelik ekolojik tampon bölge oluşturulması, ulusal ve uluslararası transit geçişlerin yapıldığı D300 karayolunun kentin çevresinden geçirilmesi ve bu yola yakın mesafelerde yapılaşmaya izin verilmeyerek ekolojik koridorlarla desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca bisikletli ulaşım alışkanlığının kazandırılmasına yönelik bilinçlendirme faaliyetleri yapılmalı ve fiziki alt yapının iyileştirilmesi sağlanmalıdır.

&r: Bu araştırma 11-12 Ağustos 2021 tarihleri arasında düzenlenen "EURO ASIA 9th. INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES" kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özet bildiri olarak yayınlanmıştır.

Kaynaklar

- Abril, G. A., Wannaz, E. D., Mateos, A. C., Invernizzi, R., Plá, R. R. ve Pignata, M. L. 2014. Characterization of atmospheric emission sources of heavy metals and trace elements through a local-scale monitoring network using *T. capillaris*. *Ecological indicators*, 40, 153-161.
- Alexandrino, K., Viteri, F., Rybarczyk, Y., Andino, J. E. G. ve Zalakeviciute, R. 2020. Biomonitoring of metal levels in urban areas with different vehicular traffic intensity by using *Araucaria heterophylla* needles. *Ecological Indicators*, 117, 106701.
- Anonim, 2020. *ICP- MS analiz raporu*. Bingöl Üniversitesi Merkezi Laboratuvarı, 3 sayfa, Bingöl/Türkiye.
- Arıca, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H. ve Cometen, H. 2019. The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*)

- depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 6723-6734.
- Ataabadi, M., Hoodaji, M. ve Najafi, P. 2011. Biomonitoring of some heavy metal contaminations from a steel plant by above ground plants tissue. *African Journal of Biotechnology*, 10(20), 4127-4132.
- Ávila-Pérez, P., Ortiz-Oliveros, H. B., Zarazúa-Ortega, G., Tejeda-Vega, S., Villalva, A. ve Sánchez-Muñoz, R. 2019. Determining of risk areas due to exposure to heavy metals in the Toluca Valley using epiphytic mosses as a biomonitor. *Journal of Environmental Management*, 241, 138-148.
- Bilge, U. ve Çimrin, K. M. 2013. Heavy metal pollution in soils adjacent to the Kızıltepe – Viranşehir road. *Journal of Agricultural Sciences* 19, 323-329.
- Cansaran, A., Yildirim, C., ve Karavin, N. 2016. Availability of *Maclura pomifera* (Rafin.) Schneider as a biomonitor for the heavy metal pollution. *Bangladesh J. Bot.*, 45(3), 723-726.
- Çetin, M. 2017. Change in Amount of Chlorophyll in Some Interior Ornamental Plants. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 3 (1), 11.
- Çobanoğlu, O. 2019. *The Possibilities of Using Blue Spruce (Picea Pungens Engelm) as a Bio-Monitor By Measuring the Recent Accumulation of Heavy Metals in Its Leaves*. Kastamonu University Institute of Science, Msc. Thesis. Kastamonu.
- Dadea, C., Russo, A., Tagliavini, M., Mimmo, T. ve Zerbe, S. 2017. Tree species as tools for biomonitoring and phytoremediation in urban environments: A review with special regard to heavy metals. *Arboriculture & Urban Forestry*, 43(434), 155-167.
- Işınkaralar, O., Işınkaralar, K., Ekızler, A. ve İlkdoğan, C. 2017. Changes in the Amounts of CO₂ and Particulate Matter in Kastamonu Province Depending on Weather Conditions and Locations. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 7 (3), 643.
- Koç, İ. 2021. Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-7.
- Jawed, A.A. ve Aisha, A. 2019. Usability of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) as biomonitor for monitoring some heavy metal concentrations caused by traffic. *International Journal of Engineering, Design and Technology*, 1(1): 16-23.
- Karakoyun, G. ve Osma, E. 2015. Erzincan'da hava kirliliğine bağlı olarak sarı çamlarda (*Pinus sylvestris* L.) ağır metal birikimi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 67-77.
- Koedrith, P., Kim, H., Weon, J.I. ve Seo, Y.R. 2013. Toxicogenomic approaches for understanding molecular mechanisms of heavy metal mutagenicity and carcinogenicity. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 216(5), 587–598. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2013.02.010>.
- Madejón, P., Marañón, T. ve Murillo, J. M. 2006. Biomonitoring of trace elements in the leaves and fruits of wild olive and holm oak trees. *Science of the Total Environment*, 355(1-3), 187-203.
- Mingorance, M. D. ve Oliva, S. R. 2006. Heavy metals content in *N. oleander* leaves as urban pollution assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 119(1), 57-68.
- Mossi, M.M.M. 2018. *Determination of Heavy Metal Accumulation in the Some of Landscape Plants for Shrub Forms*. Ph.D. Thesis, Kastamonu University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering.
- Sevik, H., Çetin, M., Özel, H. B., Özel, S. ve Çetin, İ. Z. 2020. Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 1-9.
- Sevik, H., Özel, H. B., Cetin, M., Özel, H. U. ve Erdem, T. 2019. Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(2), 189-195.

- Shaban, N., Abdou, K. ve Hassan, N.E.H. 2016. Impact of toxic heavy metals and pesticide residues in herbal products. *Beni-Suef Uni. J. Basic Appl. Sci.*, 5 (1), 102–106.
<https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2015.10.001>.
- Tomašević, M., Rajšić, S., Đorđević, D., Tasić, M., Krstić, J. ve Novaković, V. 2004. Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas. *Environmental Chemistry Letters*, 2(3), 151-154.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2021). *TÜİK Veri Portalı*, 04.08.2021 tarihinde <http://tuik.gov.tr/Start.do> adresinden erişilmiştir.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M. ve Saleh, E.A.A.2018. Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Pol J. Environ. Stud.*, 27(5), 2277-2284. DOI: 10.15244/pjoes/78620.
- Ward, N.I., Brooks R.R. ve Roberts, E. 1977. Heavy metal pollution from automotive emission and its effect on roadside soils and pasture species in New Zealand. *Environ. Sci. Technol.*, 11(9): 917-920.
- Yalaltdinova, A., Kim, J., Baranovskaya, N. ve Rikhvanov, L. 2018. *Populus nigra* L. as a bioindicator of atmospheric trace element pollution and potential toxic impacts on human and ecosystem. *Ecological Indicators*, 95, 974-983.
- Yap, C. K., Fitri, M., Mazyhar, Y. ve Tan, S. G. 2010. Effects of Metal contaminated soils on the accumulation of heavy metals in different parts of *Centella asiatica*: A Laboratory Study. *Sains Malaysiana*, 39(3), 347-352.
- Zeng, X., Xijin, X., Boezen, M.H. ve Huo, X. 2016. Children with health impairment by heavy metals in an e-waste recycling area. *Chemosphere*, 148, 408–415. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.10.078>.
- Zengin, M. ve Yildiz, N. 2019. Heavy metal accumulation in leaf samples of "*Elaeagnus angustifolia* L.": example of Erzurum. *KSU J. Agric Nat*, 22(4): 517-525, DOI:10.18016/ksutarimdogavi.527475.