

Giresun İlindeki Bazı Ortaokulların Hava Kalitesinin Ağır Metaller Yönünden Değerlendirilmesi

Hasan DEMİR¹ , Bahadır KOZ^{2*} 

Öz

Bu çalışmada, Giresun'daki bazı ortaokulların bahçesinden toplanan karayosunlarında ağır metal analizleri gerçekleştirilerek, okulların ağır metal kirliliği yönünden hava kalitesinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Karayosunlarında gerçek manada kök, gövde, yaprak bulunmamakta ve yaprak yapraklarında da kütikula ve epidermis tabakası olmadığından, havadaki ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilmektedirler, bundan dolayı çok iyi biyoindikatör bitkilerdir. Ağır metaller, çocuklar üzerinde de olumsuz etkilere neden olduklarından, çocukların önemli vakitlerini geçirdikleri okulların hava kalitesi bu açıdan önemlidir. Bu çalışmada; Giresun'daki dört ortaokul il merkezinde ve bir beldede olmak üzere beş ortaokuldan toplam onaltı karayosunu numunesi ve dört karayosunu numunesi de kontrol bölgesi olarak kulakkaya yaylasından toplandı. Toplanan karayosunu numunelerindeki ağır metaller Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS) cihazında analizler neticesinde belirlendi. Okul bahçelerinden toplanan karayosunlarının analizleri neticesinde ortalamaları; Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn ve Pb'un konsantrasyon değerleri sırasıyla 8214.67, 38.72, 16.76, 320.96, 10470.31, 4.65, 10.10, 33.69, 94.39 ve 23.80 olarak belirlendi. Kontrol bölgesinden toplanan karayosunlarının ortalama konsantrasyonları ise 3345.90, 11.00, 6.77, 2102. 2017.86, 1.39, 5.26, 7.91, 37.22 ve 3.17 olarak belirlendi. Analizler sonucunda, kontrol bölgesinden toplanan karayosunlarının ağır metal miktarlarının hepsi okul bahçelerinden toplanan numunelerin ağır metal miktarlarından az olduğu görülmüştür. Bu çalışma sonucunda; Okullarımızı, mümkün olduğunca insan kaynaklı kirlilikten uzak noktalara yapılması gerektiği bir kez daha ortaya konulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hava Kirliliği, Ağır Metal, Okul Bahçesi, Karayosunu.

Evaluation of Air Quality of Some Middle Schools in Giresun Province in Terms of Heavy Metals

Abstract

This study aims to evaluate the air quality of schools in terms of heavy metal pollution by performing heavy metal analyzes on mosses collected from the gardens of some secondary schools in Giresun. Since mosses do not have any real roots, stems or leaves, and since they do not have a cuticle or epidermis layer in their leafy structures, they can accumulate heavy metals in the air, therefore they are very good bioindicator plants. Since heavy metals also cause negative effects on children, the air quality of schools where children spend significant time is important in this respect. In this study; A total of sixteen moss samples were collected from five secondary schools, four in the city center and one in a town in Giresun, and four moss samples were collected from Kulakkaya plateau as a control region. Heavy metals in the collected moss samples were determined as a result of analysis on the Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS) device. As a result of the analysis of mosses collected from school gardens, the averages are; The concentration values of Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn and Pb were determined as 8214.67, 38.72, 16.76, 320.96, 10470.31, 4.65, 10.10, 33.69, 94.39 and 23.80, respectively. The average concentrations of mosses collected from the control region were determined as 3345.90, 11.00, 6.77, 2102. 2017.86, 1.39, 5.26, 7.91, 37.22 and 3.17. As a result of the analysis, it was seen that the heavy metal amounts of the mosses collected from the control area were less than the heavy metal amounts of the samples collected from the school gardens. As a result of this study; It is once again demonstrated that our schools should be built in locations as far away from human-induced pollution as possible.

Keywords: Air Pollution, Heavy Metal, School Garden, Mosses.

¹Millî Eğitim Bakanlığı, Aksu Ş.H.G Ortaokulu, Giresun, Türkiye, hasan-demir@msn.com

²Giresun Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Giresun, Türkiye, bahadirkoz@yahoo.com

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author

Geliş/Received: 14.02.2024

Kabul/Accepted: 09.05.2024

Yayın/Published: 18.06.2024

1. Giriş

Hava kirliliği, İnsanlığın önemli bir çevre sorunudur. Hava kirliliği, çevreyi ve canlıları olumsuz etkilerken, kirlletici kaynaklardan havaya karışan maddeler havanın doğal yapısını bozmaktadır (Akdur, 2009). Ağır metaller, volkanik patlamalardan, kozmik ve toprak kaynaklı tozlardan, orman yangınlarından ve okyanus kaynaklı tuzlardan doğal olarak çevreye verilirken aynı zamanda insanlar tarafından da çevreye verilmektedir. İnsanlar çevreye, demir çelik sanayii, petrokimya tesisleri, gübre fabrikaları, karbon kaynaklı yakıt tüketen termik santraller, trafik gibi kaynaklardan ağır metal vermektedirler. (U.S. Government, 2001) Çevredeki ağır metallerin çoğu insanlar tarafından çevreye verilmektedir (Markert ve ark., 2003). Ağır metaller, İnsan ve canlı yaşamında risk oluştururlar. İnsanların aldığı ağır metal miktarı, kalıtsal yapısı, bağışıklığı ve genel sağlık durumu, yaşı ve beslenme şekli gibi faktörler insanlarda kanser gibi birçok hastalığa sebep olabilmektedir. Ağır metaller, Besin zinciri haricinde de canlıların bünyesine geçerek ciddi hasarlar verebilmektedir. Bundan dolayı, Dünyadaki birçok ilkedde ağır metal monitörleme çalışmaları önem kazanmıştır.

Hava kirliliğinin monitörlenmesinin önemi son yıllarda giderek artmıştır. Hava kirliliği örnekleme çalışmalarında 5 yöntem kullanılır. Bunlar; Pasif ve aktif örnekleyciler, otomatik analizörler, uzaktan algılayıcılar ve biyoindikatörlerdir. Karayosunu ve Likenler en çok kullanılan biyoindikatörlerdir. Likenler ve karayosunlarının gerçek manada kök, gövde ve yaprakları olmadığı için havayı absorblarlar. Karayosunları ve likenler geniş bir coğrafyada bulunurlar, kirliliğe karşı da duyarlı olduklarından dolayı ağır metal analizlerinde genellikle kullanılırlar (Çobanoğlu 2015).

Karayosunları, Biyoindikatör olarak ağır metal kirliliğinin tespitinde kullanılırlar ve ağır metalleri dokularında biriktirirler (Uyar ve ark., 2007). Karayosunları bazı özelliklerinden dolayı böyle çalışmalarda kullanılmaktadır: 1. Öncelikle Dünyanın birçok yerinde bulunurlar fakat Endüstri bölgeleri ve şehir merkezleri gibi yerlerde hava kirliliği açısından temiz bölgelere göre daha az bulunurlar 2. Yüksek bitkilerde olduğu gibi Kütikula ve epidermis tabakaları olmadığından metal iyonlarını kolayca emerler 3. Onlar buldukları substrat'dan mineralleri almak amacıyla organları bulunmaz, minerallerin çökmesi sonucunda birikim yaparlar. 4. Yüksek bitkilerde olduğu gibi gelişmiş bir iletim sistemi olmadığından dolayı minerallerin taşınması oldukça zayıftır. 5. Karayosunlarındaki metallerin birikmesi ve iyonların değişmesi pasif yollarla olmaktadır. 6. Karayosunlarında atmosferik birikimden dolayı çoğu metallerin fonksiyonlarına rastlanır (Rühling ve ark., 1998).

Hava kirliliğini ölçülmesinde alet kullanımı masraflı bir yöntemdir, bundan dolayı alternatifler bulunmuştur. Bu amaçla canlı organizmalar, biyoindikatörler kullanılmaya başlanmıştır ve bu yöntemleri de Wolterbeek tavsiye etmektedir (Wolterbeek, 2002).

Ağır metal kirliliğinin biyomonitörleme çalışmaları ülkemizde de son yıllarda hızla artmıştır ve bu çalışmalar daha çok şehir merkezlerinin kirlilik haritaları çıkartılmasında, trafik kaynaklı kirliliğin belirlenmesinde, fabrika ve enerji santrallerinin çevrelerinde yapılmaktadır. Okullarda ise bu tür çalışmalar genellikle iç ortam hava kalitesini belirlemek üzere yoğunlaşmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; Giresun'daki bazı ortaokulların bahçesindeki karayosunlarının ağır metal analizlerini gerçekleştirilerek okulların ağır metal kirliliği yönünden hava kalitesini belirlemektir. Böyle bir çalışma bölgemizde ve ülkemizde ilk defa yapılmaktadır. Ağır metaller, çocukların gelişmesinde olumsuz bir etkiye sahiptirler. Bu çalışmamız ile Giresun İlindeki bazı ortaokullardaki ağır metal kirliliğini tespit etmek için karayosunları biyomonitör olarak kullanılmıştır. Tablo1'de ise çalışma alanında bulunan istasyonlar ve bu istasyonlardan toplanan karayosunu türleri verilmektedir. Okul bahçelerinden alınan örnekler, ICP-MS cihazı ile analiz edilmek üzere SUBİTAM (Sinop Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı)'a gönderildi ve analizler sonucunda karayosunlarında Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb bu ağır metaller belirlendi ve hava kalitesi ağır metal kirliliği yönünden değerlendirildi.

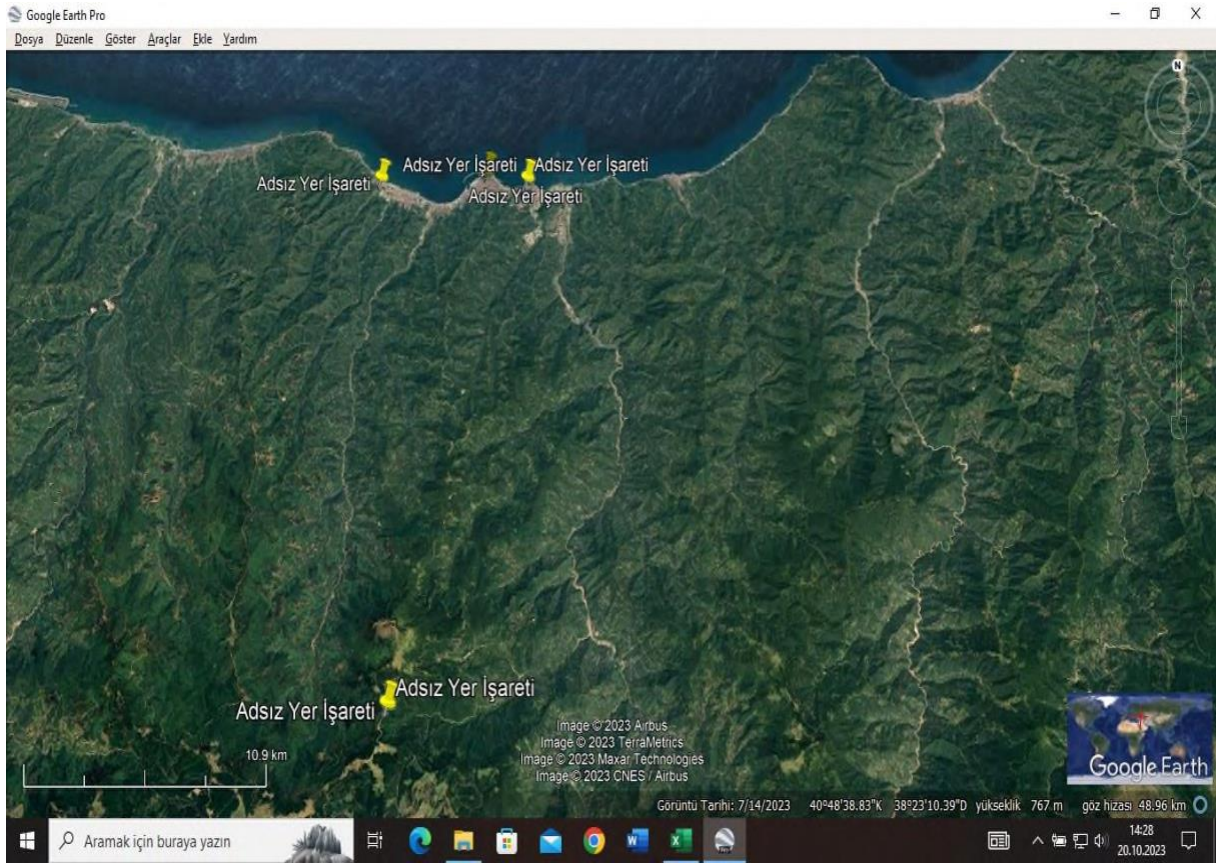
Tablo 1. ICP-MS çalışma koşulları ve ayarları.

| Parameters | Settings | Parameters | Settings |
|------------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Plasma flow | 18.0 (l/min) | Corner lens | -193 (volt) |
| Auxiliary flow | 1.80 (l/min) | Left mirror lens | 45 (volt) |
| Nebulizer flow | 0.90 (l/min) | Right mirror lens | 33 (volt) |
| Sheath gas | 0.15 (l/min) | Bottom mirror lens | 38 (volt) |
| CRI gas He | 160 (ml/min) | Entrance lens | -1 (volt) |
| CRI gas H2 | 100 (ml/min) | Fringe bias | 2.5 (volt) |
| RF power | 1.40 (kW) | Entrance plate | -39 (volt) |
| Sampling depth | 6.5 (mm) | Pole bias | 0 (volt) |
| Pump rate | 4 (rpm) | Scan mode | Peak hopping |
| Stabilization delay | 15 (s) | Dwell time | 20 (ms) |
| Spray chamber | 3 (°C) | Points per peak | 1 |
| First extraction lens | -1 (volt) | Scans/Replicate | 50 |
| Second extraction lens | -180 (volt) | Replicates/Sample | 3 |
| Third extraction lens | -226 (volt) | | |

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada kara yosunu numunesi alınacak ortaokullar belirlenmiştir. Bu kapsamda Giresun Merkez ilçesine bağlı Güre Ortaokulu, Cumhuriyet Ortaokulu ve Gedikkaya Ortaokulu seçilmiştir. Kontrol bölgesi olarak da insan kaynaklı kirlilikten uzak Dereli İlçesine bağlı Kulakkaya Yaylası seçilmiştir. Çalışma alanı haritası Şekil 1’de sunulmuştur. SO_x ve NO_x ‘ler, Karayosunlarının klorofillerini parçaladıkları için hava kirliliği olan bölgelerde karayosunlarına oldukça az rastlanır (Zechmeister ve ark., 2003).



Şekil 1. Çalışma Alanı Haritası1.

2.2. Örnekleme ve Hazırlama

23-24 Mayıs 2023 tarihlerinde arazi çalışmalarına çıkılmış ve belirtilen yerlerden kara yosunu numuneleri toplanmıştır. Toplanan numuneler kilitli polietilen torbalara konulmuş ve özellikleri not edilmiştir. Toplanan numuneler laboratuvara getirilerek, numuneler temizlendi, mikroskopla gerekli incelemeler gerçekleştirildi. The Moss Flora Britain and Ireland (Smith, 2004), Die Moos-und

Farnpflanzen Europas (Frey ve ark., 1985), Flora dei Muschi D'Italia (Pedrotti, 2001) gibi Flora kitapları kullanılarak karayosunu türleri belirlendi. Tablo 2'de Karayosunu türlerine ait bilgiler verilmektedir. Karayosunları daha sonra ağır metal analizleri yapılmak üzere Sinop Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarında bulunan ICP-MS spectrometre cihazına gönderildi.

Tablo 2. Çalışma alanı istasyonları ve Karayosunu Türleri.

| Örnek Numarası | Lokasyon | Karayosunu Türleri |
|----------------|------------------------------------|---|
| 1 | Güre Ortaokulu | <i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw. |
| 2 | Güre Ortaokulu | <i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw.)B,S,G, |
| 3 | Güre Ortaokulu | <i>Plagiothecium succulentum</i> (Wils,)Lindb, |
| 4 | Cumhuriyet Ortaokulu | <i>Eurhynchium hians</i> (Hedw,)Lac, |
| 5 | Cumhuriyet Ortaokulu | <i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw,)B,S,G, |
| 6 | Cumhuriyet Ortaokulu | <i>Tortella fragilis</i> (Hook & Wilson) Limpr. |
| 7 | Gedikkaya Ortaokulu | <i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw,)B,S,G, |
| 8 | Gedikkaya Ortaokulu | <i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw,)Warnst, |
| 9 | Gedikkaya Ortaokulu | <i>Tortella fragilis</i> (Hook & Wilson) Limpr. |
| 10 | Teyyaredüzü Ortaokulu | <i>Pleurozium schreberi</i> (Brid,)Mitt, |
| 11 | Teyyaredüzü Ortaokulu | <i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw, |
| 12 | Teyyaredüzü Ortaokulu | <i>cleropodium purum</i> (Hedw,)Limpr, |
| 13 | Yavuzkema1 YİBO | <i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Schimp. |
| 14 | Yavuzkema1 YİBO | <i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw,) Schimp, |
| 15 | Yavuzkema1 YİBO | <i>Tortella tortuosa</i> (Hedw,)Limpr. |
| 16 | Yavuzkema1 YİBO | <i>Rhynchostegium murale</i> (Hedw,)Schimp. |
| 17 | Kulakkaya Yaylası- Kontrol Bölgesi | <i>Brachythecium albicans</i> (Hedw,)B,S,G, |
| 18 | Kulakkaya Yaylası- Kontrol Bölgesi | <i>Racomitrium canescens</i> (Hedw.) Brid. |
| 19 | Kulakkaya Yaylası- Kontrol Bölgesi | <i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw,) Schimp, |
| 20 | Kulakkaya Yaylası- Kontrol Bölgesi | <i>Hypnum resupinatum</i> Tayl, |

2.3. Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy (ICP-MS) Analizleri

Mikrodalga çözme sisteminde 2 ml hidrojen peroksit ve 6 ml nitrik asit ile 1 gr numune çözüldü (CEM MARSX, 240/50, USA). Daha sonra 10 ml saf su ile seyreltildi (Turkmen ve Dura, 2016). Örnekler, 0.45 µm'lik filtrelerden geçirildi ve kalibrasyon standartları multi element standartları baz alınarak hazırlandı (Merck, Darmstadt, Almanya). Geri kazanım yüzdesi Ni için 93, Cu için 104, Cr için 113, Zn için 102, Cd için 91 ve Pb için 115. Numuneler, mgkg-1 yaş ağırlıkla bir ICP-

MS(BRUKER 820-MS, Almanya) kullanılıp 3 kez analizleri gerçekleştirildi (Turkmen ve Dura, 2016). Burada kullanılan ICP-MS'in çalışma koşulları Tablo 1'de verildi.

3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 3'te, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb'un ortalama konsantrasyonları sırasıyla 8214.67, 38.72, 16.76, 320.96, 10470.31, 4.65, 10.10, 33.69, 94.39 ve 23.80 mg.kg⁻¹'dir. Tablo 4'te ise, Kontrol bölgesi karayosunlarının ortalama konsantrasyonları görülmektedir ve bu değerler sırasıyla 3345.90, 11.00, 6.77, 2102.47, 2017.86, 1.39, 7.01, 7.91, 37.22 ve 3.17 mg.kg⁻¹ şeklindedir. Çalışma bölgesindeki karayosunlarından elde edilen sonuçlar, kontrol bölgesinden elde edilen sonuçlara göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Çalışma bölgesi olarak belirlenen, Güre Ortaokulu, Cumhuriyet ortaokulu, Gedikkaya ortaokulu, Teyyaredüzü ortaokulu şehir merkezinde yer almakta ve etraflarındaki araç trafiği son derece yoğundur. Yavuz Kemal YİBO (Yatılı İlköğretim Bölge Okulu) ise Dereli ilçesine bağlı Yavuz kemal beldesindedir ve araç trafik yoğunluğu son derece azdır. Tablo 5'teki ortalama konsantrasyon sonuçlarına bakıldığında, Şehir merkezindeki okulların ortalama konsantrasyon sonuçlarının, Yavuz Kemal YİBO'daki ortalama konsantrasyon değerlerinden ve Kontrol bölgesindeki ortalama konsantrasyon değerlerinden oldukça yüksek olduğu net bir şekilde görülmektedir. Bu sonucun çıkmasındaki temel etken; Okulların çevresindeki araç trafiği ve insan kaynaklı kirliliktir.

Araç trafiği; Partikül büyüklüğü ve ağır metal kirliliği açısından havanın kirletilmesinde önemli bir kirleticidir (Thorpe ve Harrison, 2008) Araçların sebep olduğu ağır metaller; petrol kaynaklı yakıtlar, dizel motorları, lastiklerin kaplamaları, fren balataları, yüzey aşınması gibi çeşitli kaynaklardan çevreye verilmektedir.

Bunlarla birlikte; trafikteki sürekli dur-kalk hareketi de önemli bir ağır metal kirliliğine sebep olmaktadır. Bu hareket sebebiyle çevreye verilen Cu ve Pb 5 ile 9 kat arasında artmaktadır (Westerlund ve Johansson, 2002).

Okul bahçelerinden toplanan bütün karayosunu örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları, kontrol bölgesinden toplanan karayosunu numunelerindeki ağır metal konsantrasyonlarının hepsinden daha yüksektir. Bu durumun temel nedenini şehirleşme, trafik yoğunluğu, araç sayısı, nüfus gibi çeşitli sebepler oluşturmaktadır. Bununla birlikte kurşunun esas kaynağını araçlardan çevreye verilen kurşunlu benzin oluşturur. Kurşun; Çocukların zeka gelişimini etkilerken, yetişkinlerde ise kardiyovasküler hastalıklara neden olmaktadır (Communities of the European Commission, 2002).

Trafiğin sebep olduğu Bakır ve Çinko ise araba frenleri ve araba lastiklerinden çevreye verilmektedir (Zechmeister ve ark., 2005). Hulskotte ve arkadaşları da, Hollanda'daki trafik kaynaklı

Bakır kirliliğinin %80'inin araçların fren balatalarından kaynaklandığını gösterdiler (Hulskotte ve ark., 2007).

Trafik kaynaklı, Cu, Zn ve Co'da arabalar ve kamyonlar tarafından çevreye verilmektedir (Garg ve ark., 2000). Krom, Mangan, Demir ve Nikel ise Dünyanın yer kabuğunda da buluna elementlerdir. İnsanlar, ağır metaller bulunan tehlikeli kimyasal atıkların yakınında yaşamaktadırlar. Kobalt'ın akut toksisitesi, astım ve pneumonia gibi akciğer rahatsızlıklarına sebep olabilmektedir. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı, Kobalt ve Krom'un kanserojen olduğunu belirtmektedirler (IARC, 1993). Yüksek miktarda Krom solunursa Akciğerlere, mideye ve bağırsaklara zarar vermektedir. Nikel ise insanlarda alerjilere neden olabilmektedir. Bütün bu ağır metaller çevreye ayrıca gübreler, endüstriyel atıklar, oto egzostları ve araç akaryakıtlarından verilebilmektedir (Koz ve ark., 2008).

Sonuçlar Tablo 6'de Literatürdeki bazı çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Tablo 6'dan da görüldüğü gibi Avrupa'daki diğer ülkelerle kıyaslandığında bizim çalışmamızdan elde edilen sonuçların oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum Türkiye'de önemli çevre problemlerin varlığını göstermektedir.

Türkiye'de 2007 yılında kurşunlu benzin kullanımı yasaklandı ve akabinde sonra karayollarındaki kurşun konsantrasyonlarında önemli bir düşüş olduğu 2006 ve 2017 yıllarında yapılan çalışmalarla ortaya konuldu (<http://www.ekonomihaber7.com>; 8.Mart.2018)). Doğadaki kurşun kirliliğinin ana kaynağı kurşunlu benzindir. Kurşun kirliliği nüfus, şehirleşme ve araç sayısı ile ilişkili olup hem çocukların hem de yetişkinlerin sinir sistemini etkiler. Kurşuna yüksek oranda maruz kalmak çocukların beyin ve böbreklerine zarar verirken yetişkinlerin ölümüne neden olabilmektedir (ATSDR, 2003).

Vanadyum, beyin sınırlarını ve kan damarlarını geçebilen bir ağır metaldir (Mukherjee ve ark., 2004). Krom, karbonhidratlar ve lipid metabolizmasının temel elementi olması ile birlikte, eksikliği durumunda kardiyovasküler hastalıklar ortaya çıkabilmektedir (World Health Organization, 1988). Mangan ile kirlenmiş bir çevrede, mongolizm ve nörolojik hastalıklar görülebilmektedir (World Health Organization, 1980).

Kadmiyum insan tarafından çevreye verilen bir toksik elementtir. İnsanlar sigara dumanından veya yiyeceklerden kadmiyuma maruz kalabilirler. Aşırı Bakır'ın sebep olduğu toksite oldukça nadir görülmektedir, kadmiyum ise gastrointestinal sıkıntılara sebep olabilmektedir (World Health Organization, 1992).

Nikel toksisitesi gelişimi yavaşlatabilir ve anemiye sebep olabilir (World Health Organization, 1991). Aşırı çinko çevre kirliliğine sebep olur. (World Health Organization, 2001).

Ozaki ve arkadaşları da fren balatalarından, trafikteki dur-kalk hareketlerinden, lastik kaplamalarından ve asfaltlardan çevreye Zn, Cd, Ni emisyonları verildiğini belirtmektedirler (Ozaki ve ark., 2004).

Hava yoluyla taşınan ağır metaller, ekosisteme girerler ve bu ekosistemlerin bileşenleri için az veya çok bir tehdit oluşturabilirler. Herpin ve ark., (1996)'da yaptıkları çalışmada, ağır metallerin topraktaki canlı organizmalar üzerinde zararlı bir etkiye sahip olabileceğini gösterdiler.

Vanderpoorten ve goffinet (2009), Briyofitlerin çevre koşullarına dayanarak morfolojik karakterlerinin değiştiğini söylemektedirler. Substrat konsantrasyonlarını da dikkate alarak, analiz edilen karayosunu örneklerinin konsantrasyonlarında değişiklikler gözlenmektedir. Böyle bir varyasyon, karayosunlarının yaprak yüzey alanlarından, karayosunlarının morfolojik ve anatomik yapılarından, rüzgar yönünden, element konsantrasyonlarından ve havadaki nem gibi diğer çevresel faktörlerden etkilenebilmektedir (Koz ve ark., 2008).

Tablo 3. Karayosunlarındaki ağır metal konsantrasyonları (mg/kg).

| Örnek numarası | Al (mg/kg) | V (mg/kg) | Cr (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Fe (mg/kg) | Co (mg/kg) | Ni (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | Pb (mg/kg) |
|--------------------------|----------------------|------------|------------|--------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------|
| 1 | 11229.59 | 51.27 | 18.54 | 558.06 | 17278.43 | 7.42 | 11.66 | 41.18 | 159.66 | 39.09 |
| 2 | 13359.42 | 82.94 | 17.64 | 906.65 | 26915.66 | 1.08 | 11.46 | 41.71 | 140.43 | 47.37 |
| 3 | 14812.79 | 84.30 | 19.87 | 797.12 | 24901.72 | 9.82 | 12.00 | 55.53 | 159.70 | 43.84 |
| 4 | 4735.38 | 24.15 | 12.61 | 59.79 | 7344.98 | 2.05 | 5.96 | 39.01 | 16.85 | 45.65 |
| 5 | 6175.90 | 28.26 | 15.90 | 173.14 | 8916.65 | 3.57 | 10.21 | 56.07 | 207.58 | 42.89 |
| 6 | 9898.86 | 49.82 | 27.21 | 116.38 | 15506.00 | 5.02 | 11.16 | 55.40 | 158.63 | 57.97 |
| 7 | 12806.87 | 57.13 | 26.22 | 546.04 | 17635.79 | 8.05 | 15.32 | 43.88 | 90.47 | 12.73 |
| 8 | 4790.90 | 20.21 | 13.55 | 162.72 | 6072.60 | 2.87 | 6.44 | 25.92 | 80.84 | 9.37 |
| 9 | 8758.22 | 38.62 | 43.15 | 320.37 | 11461.64 | 4.93 | 11.88 | 34.90 | 99.69 | 18.61 |
| 10 | 5510.11 | 25.04 | 9.37 | 229.49 | 7104.94 | 2.95 | 6.89 | 25.88 | 68.26 | 12.18 |
| 11 | 5310.93 | 23.47 | 8.45 | 137.70 | 6248.07 | 2.45 | 5.84 | 21.96 | 60.65 | 11.57 |
| 12 | 2666.20 | 14.37 | 5.92 | 140.67 | 4452.95 | 2.01 | 4.95 | 32.94 | 59.96 | 11.90 |
| 13 | 2231.78 | 8.83 | 4.08 | 70.64 | 2250.45 | 11.35 | 22.49 | 32.72 | 61.65 | 10.18 |
| 14 | 11162.19 | 40.52 | 16.83 | 347.30 | 1059.64 | 5.24 | 13.18 | 15.22 | 48.07 | 9.34 |
| 15 | 14386.67 | 56.61 | 23.81 | 465.87 | 8687.36 | 3.93 | 10.61 | 14.46 | 47.95 | 5.05 |
| 16 | 3598.93 | 14.11 | 5.01 | 103.43 | 1688.11 | 1.79 | 1.57 | 2.35 | 49.90 | 3.09 |
| Ortalama | 8214.67 | 38.72 | 16.76 | 320.96 | 10470.31 | 4.65 | 10.10 | 33.69 | 94.39 | 23.80 |
| Max,- Min Değerler | 14812.79- 2231.78 | 84.30-8.83 | 43.15-4.08 | 906.65-59.79 | 26915.66- 1059.64 | 11.35- 1.08 | 22.49- 1.57 | 56.07- 2.35 | 207.58-16.85 | 57.97-3.09 |

N,D,= Dedekte edilmeyenler

Tablo 4. Kontrol bölgesindeki Karayosunlarındaki ağır metal konsantrasyonları (mg/kg).

| Örnek numarası | Al (mg/kg) | V (mg/kg) | Cr (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Fe (mg/kg) | Co (mg/kg) | Ni (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | Pb (mg/kg) |
|--------------------------|---------------------|------------|------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|-------------|------------|
| 17 | 1532.14 | 5,86 | 3.77 | 1310.25 | 1740.83 | 1.33 | 4.81 | 7.71 | 29.77 | 3.70 |
| 18 | 4245.71 | 14.15 | 8.69 | 4590.41 | 2374.05 | 1.93 | 6.09 | 8.49 | 49.81 | 3.18 |
| 19 | 4470.04 | 13.98 | 8.56 | 1344.21 | 2230.20 | 1.29 | 5.70 | 8.43 | 39.63 | 3.83 |
| 20 | 3135.72 | 10.04 | 6.06 | 1165.04 | 1726.37 | 1.03 | 4.45 | 7.02 | 29.68 | 1.98 |
| Ortalama | 3345.90 | 11.00 | 6.77 | 2102.47 | 2017.86 | 1.39 | 5.26 | 7.91 | 37.22 | 3.17 |
| Max,- Min Değerler | 4470.04- 1532.14 | 14.15-5.86 | 8.69-3.77 | 4590.41- 1165.04 | 2374.05- 1726.37 | 1.93- 1.03 | 6.09- 4.45 | 8.49- 7.02 | 49.81-29.68 | 3.83-1.98 |

Tablo 5. Okul Bahçeleri ve Kontrol bölgesinden toplanan karayosunlarının ortalama, en büyük ve en küçük değerleri.

| | Al (mg/kg) | V (mg/kg) | Cr (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Fe (mg/kg) | Co (mg/kg) | Ni (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | Pb (mg/kg) |
|-------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------------|------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| Güre Ortaokulu Ortalama | 13133.93 | 72.83 | 18.68 | 753.94 | 23031.81 | 6.10 | 11.70 | 46.14 | 153.26 | 43.43 |
| En büyük-En küçük değer | 14812.79-11229.59 | 84.30-51.27 | 19.87-17.64 | 906.65-558.06 | 26915.66-17278.43 | 9.82-1.08 | 12.00-11.46 | 55.53-41.18 | 159.70-140.43 | 47.37-39.09 |
| Cumhuriyet Ortaokulu Ortalama | 6936.71 | 34.07 | 18.57 | 116.43 | 10589.21 | 3.54 | 9.25 | 50.16 | 127.68 | 48.83 |
| En büyük-En küçük değerler | 9898.86-4735.38 | 49.82-24.15 | 27.21-12.61 | 376.33-212.37 | 15506.00-7344.98 | 5.02-2.05 | 11.16-5.96 | 56.07-39.01 | 207.58-16.85 | 57,97-42.89 |
| Gedikkaya Ortaokulu Ortalama | 8785.33 | 38.65 | 27.64 | 343.04 | 11723.34 | 5.28 | 11.21 | 34.9 | 90.31 | 13.57 |
| En büyük-En küçük değerler | 12806.87-4790.90 | 57.13-20.21 | 43.15-13.55 | 546.04-162.72 | 17635.79-6072.60 | 8.05-2.87 | 15.32-6.44 | 43.88-25.92 | 99.69-80.84 | 18.61-9.37 |
| Teyyaredüzü Ortalama | 4495.74 | 20.96 | 7.91 | 169.28 | 5934.66 | 2.47 | 5.89 | 26.92 | 62.33 | 11.88 |
| En büyük-En küçük değerler | 5510.11-2666.20 | 25.04-14.37 | 9.37-5.92 | 229.49-137.70 | 7104.94-4452.95 | 2.95-2.01 | 6.89-4.95 | 32.94-21.96 | 68.26-59.96 | 12.18-11.57 |
| Yavuz kemal YİBO Ortalama | 7844.25 | 30.01 | 12.43 | 246.81 | 3421.39 | 5.57 | 11.96 | 16.18 | 51.89 | 6.91 |
| En büyük-En küçük değerler | 14386.67-2231.78 | 56.61-8.83 | 23.81-4.08 | 465.87-70.64 | 8687.36-1059.64 | 11.35-1.79 | 22.49-1.57 | 32.72-2.35 | 61.65-47.95 | 10.18-3.09 |
| Kontrol bölgesi Ortalama | 3345.90 | 11.00 | 6.77 | 2102.47 | 2017.86 | 1.39 | 7.01 | 7.91 | 37.22 | 3.17 |
| En büyük-En küçük değer | 4470.04-1532.14 | 14.15-5.86 | 8.69-3.77 | 4590.41-1165.04 | 2374.05-1726.37 | 1.93-1.03 | 6.09-4.45 | 8.49-7.02 | 49.81-29.68 | 3.83-1.98 |

Tablo 6. Literatürdeki bilgilerle mevcut çalışmanın elementel konsantrasyon sonuçlarının kıyaslanması (mg/kg).

| | V(mg/kg) (Harmens ve ark., 2007) | Cr(mg/kg) (Harmens ve ark., 2007) | Mn(mg/kg) (Harmens ve ark., 2007) | Fe(mg/kg) (Harmens ve ark., 2007) | Co(mg/kg) (Harmens ve ark., 2007) | Ni(mg/kg) (Harmens ve ark., 2007) | Cu(mg/kg) (Harmens ve ark., 2007) | Zn(mg/kg) (Harmens ve ark., 2007) | Cd(mg/kg) (Harmens ve ark., 2007) | Pb(mg/kg) (Harmens ve ark., 2008) | Yıl | Kaynaklar |
|------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|----------------------------|
| Finlandiya | 3,36 | 1,47 | N,D | 357 | N,D | 1,70 | 5,07 | 35,9 | 0,26 | 9,9 | 1990 | (Harmens ve ark., 2007) |
| Finlandiya | 1,24 | 1,06 | N,D | 210 | N,D | 1,38 | 3,38 | 27,6 | 0,12 | 3,0 | 2000 | (Harmens ve ark., 2007) |
| Fransa | 2,46 | 3,16 | N,D | 549 | N,D | 1,94 | 5,30 | 32,4 | 0,20 | 8,8 | 1995 | (Harmens ve ark., 2007) |
| Fransa | 2,89 | 1,69 | N,D | 654 | N,D | 2,30 | 6,40 | 40,4 | 0,20 | 5,7 | 2000 | (Harmens ve ark., 2007) |
| Almanya | 2,87 | 1,83 | N,D | 561 | N,D | 2,38 | 9,13 | 50,2 | 0,31 | 12,9 | 1990 | (Harmens ve ark., 2007) |
| Almanya | 1,06 | 0,91 | N,D | 343 | N,D | 1,13 | 7,14 | 41,0 | 0,21 | 4,6 | 2000 | (Harmens ve ark., 2007) |
| Romanya | 12,53 | 10,85 | N,D | 5114 | N,D | 8,41 | 18,42 | 69,1 | 1,02 | 35,1 | 1990 | (Harmens ve ark., 2007) |
| Romanya | 7,99 | 8,46 | N,D | 2518 | N,D | 3,35 | 21,56 | 79,6 | 0,46 | 14,4 | 2000 | (Harmens ve ark., 2007) |
| Sarp- Samsun otoyolu | | 52,2 | 790,5 | 40090 | 11,6 | 17,2 | 267,5 | 175,5 | 0 | 39,1 | 2006 | (Koz ve ark., 2008) |
| Sarp- Giresun Otoyolu | 27,00 | 18,19 | 333,58 | 5413,12 | 8,21 | 55,45 | 42,46 | 101,15 | 0,36 | 23,26 | 2017 | (Koz ve ark., 2017) |
| Giresun Okul Bahçeleri | 38,72 | 16,76 | 320,96 | 10470,31 | 4,65 | 10,10 | 33,69 | 94,39 | N,D | 23,80 | 2023 | Mevcut çalışma |

N,D,= Dedekte edilmeyenler

4. Sonuçlar ve Öneriler

Okul bahçelerinden toplanan numunelerde ağır metal konsantrasyonlarının, trafik yoğunluğundan uzak kontrol bölgesine göre oldukça yüksek olduğu belirlendi. Bu durum, trafik yoğunluğunun okul bahçelerine ağır metal verdiğini göstermiştir. Okullar trafik yoğunluğunun az olduğu bölgelere yapılmalıdır. Karayolları ile okul bahçeleri arasına birkaç sıra halinde ağaç bariyerleri yerleştirilmelidir. Okul bahçeleri daha yeşil ve daha büyük alanlardan oluşmalıdır.

Çevre kontrolü için karayosunlarının ideal indikatör canlılar olduğu bir kez daha ortaya konulmuştur.

Teşekkür

Bu çalışma Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FEN-BAP-C-230123-10 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Akdur, R. (2009). Hava Kirliliği ve Çözümler. Halk Sağlığı ile İlgili Güncel Sorunlar ve Yaklaşımlar” Ankara Tabipler Odası, Ankara, 151.
- U.S. Government. Control of emissions of hazardous air pollutants from mobile sources; final rule. Federal register 40, CFR parts 80 and 86. US Government Printing Office, Washington, DC; 2001.
- Markert, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G. Bioindicators&Biomonitoring, Principles, Concepts and Applications. London, 334; 2003.
- Çobanoğlu, G. (2015). The use of lichens for biomonitoring of atmospheric pollution. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 33(4), 591-613.
- Uyar, G., Oren, M. and Dnce, M., 2007. Atmospheric Heavy Metal Deposition in Duzce Province by Using Mosses as Biomonitoring. Fresenius Environmental Bulletin, 16, 145-153.

- Koz, B., Cevik, U., Ozdemir, T., Duran, C., Kaya, S., Gundogdu, A., Celik, N., 2008. Analysis of Mosses along Sarp-Samsun Highway in Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, 153, 1-2, 646-654.
- Rühling, Å., & Steinnes, E. (Eds.). (1998). Atmospheric heavy metal deposition in Europe 1995-1996. Nordic Council of Ministers.
- Wolterbeek, B., 2002. Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. *Environmental Pollution*, 120 (1); 11–21.
- Zechmeister, H.G., Hohenwallner, D., Riss, A., Hanus-Illnar, A., 2005. Estimation of element deposition derived from roadtraffic sources by using mosses. *Environmental Pollution*, 138; 238-249.
- Smith, A. J. E. The moss flora of Britain and Ireland. Edinburgh: Cambridge University Press; 2004.
- Frey, W., Frahm, J. P., Fischer, E., Lobin, W. Die Moosund Farnpflanzen Europas. Stuttgart: G. Fischer; 1985.
- Pedrotti, C. C. Flora Dei Muschi D'Italia. Rome: Antonia Delfino Editore; 2001.
- Turkmen, M., Dura, N., 2016. Assessment of heavy metal concentrations in fish from south western black sea. *Indian Journal of Geo-Marine Science*, 45(11); 1552-1559.
- Thorpe A., Harrison, R.M., 2008. Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: a review, *Science of the Total Environment*, 400; 270-282.
- Westerlund, K.G., Johansson, C. Emissions of metals and particulate matter due to wear of brake linings in Stockholm. In: Brebbia, C.A., Martin-Duque, J.F.(Eds), *Air Pollution X*. WIT Press, Southampton, pp793-802; 2002.
- Communities of the European Commission, 2002. Commission Regulation (EC) 221/2002 of 6 February 2002 amending regulation (EC) No.466/2002 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official journal of the European Communities*. Brussels, 6 February 2002; 2008.
- Hulskotte, J.H.J., Denier van der Gon, H.A.C., Visschedijk, A.J.H., Schaap, M., 2007. Brake wear from vehicles as an important source of diffuse copper pollution. *Water Science & Technology*, 56; 223-231.
- Garg, B.D., Cadle, S.H., Mulawa, P.A., Groblicki, P.J., Laroo, C. and Parr, G.A., 2000. Brake wear particulate matter emissions. *Environmental Science Technology*, 34; 4463-4469.
- IARC., 1993. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 58, Lyon, France. <http://www.ekonomihaber7.com> (8.Mart.2018)
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Division of Toxicology, Clifton Road, NE, Atlanta, GA, available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/>.
- Mukherjee, B., Patra, B., Mahapatra, S., Banerjee, P., Tiwari, A., Chatterjee, M., 2004. Vanadium-An element of atypical biological significance. *Toxicology Letters*, 150; 135-143.
- World Health Organization. Environmental Health Criteria 58- Chromium. Geneva: WHO; 1988a. World Health Organization. Environmental Health Criteria-Manganese. Geneva: WHO; 1980b World Health Organization. Environmental Health Criteria- Cadmium. Geneva: WHO; 1992 World Health Organization. Environmental Health Criteria- Nickel. Geneva: WHO; 1991a
- World Health Organization. Environmental Health Criteria- Zinc. Geneva: WHO; 2001a
- Ozaki, H., Watanabe, I., Kuno, K., 2004. Investigation of the heavy metal sources in relation to automobiles. *Water, Air&Soil Pollution*, 157; 209-223.
- Herpin, U., Berlekamp, J., Markert, B., Wolterbeek, B., Grodzinska, K., Sievers, U., Lieth, H., Weckert, V., 1996. The distribution of heavy metals in a transect of the three states Netherlands, Germany and Poland determined with the aid of moss monitoring. *Science of the Total Environment*, 187; 185-198.
- Vanderpoorten, A., Goffinet, B. Introduction to bryophytes. New York: Cambridge University Press; 2009.