

Çevresel Etkileri Bakımından Bazı Mineral Beton Katkı Maddelerinin Ga, Ag ve B İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Examining the Chemical Compositions of Mineral Concrete Agents in Terms of Their Environmental Effects

Ibrahim Saleh Ibrahim Elajail¹,

¹Department of Material Science and Engineering, Institute of Science, Kastamonu University, Türkiye.

Hakan Şevik^{2*}

²Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Kastamonu University, Kastamonu, Türkiye.

*Corresponding Author: hsevik@kastamonu.edu.tr

Özet

Son yüzyılda dünya genelinde nüfus artışı ve nüfusun kentsel alanlarda yoğunlaşması, kentsel alanlarda yeni binaların yapılmasını zorunlu kılmıştır. Bu binalar büyük oranda betonarme binalar olup, temel yapıtaşını beton oluşturmaktadır. Beton ise çeşitli katkı maddelerinin bileşiminden oluşmaktadır. Günümüzde betonun yoğun kullanımından dolayı beton katkı maddeleri konusunda çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Ancak, bu katkı maddelerinin kimyasal içerikleri konusunda yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu katkı maddelerinin kimyasal içerikleri konusunda önemli bilgi eksikliği bulunmaktadır ve bu durum sektörde çalışan insanların sağlığı yanında inşaat faaliyetlerinin çevresel etkileri konusunda da bilgi eksikliği oluşmasına sebep olmaktadır.

Bu çalışmada, beton katkı maddesi olarak kullanılan bazı malzemelerde, insan ve çevre sağlığı açısından son derece zararlı olan ağır metallere Ga, Ag ve B konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları özellikle bazı çimentolar ile yüksek fırın cürufu ve bakır cürufu gibi bazı katkı maddelerinde çalışmaya konu ağır metallere Ga konsantrasyonunun 236,139 ppm'e, Ag konsantrasyonunun 7401,9 ppb'ye ve B konsantrasyonunun da 1390,689 ppm'e kadar çıkabildiği belirlenmiştir. Bu durum, sektörde çalışan kişiler ile çevre sağlığı açısından büyük risk teşkil edebilir.

Anahtar Kelimeler: Beton, Katkı maddesi, Galyum, Gümüş, Bor

Abstract

The increase in population throughout the world and the concentration of population in urban areas in the recent century necessitated the construction of new buildings in urban areas. These buildings are mainly the reinforced concrete buildings and the main component is concrete. Concrete consists of different additives. Nowadays, many studies are carried out on the concrete agents because of the extensive use of concrete. However, there are only very few studies carried out on the chemical contents of these additives. There is an important lack of information about the chemical content of these agents and it creates a lack of knowledge about the environmental effects of construction operations, as well as the health of individuals working in this industry.

In the present study, the concentrations of Ga, Ag and Li which are among the heavy metals that are very harmful to human health, in several additives used as concrete agents were investigated. The results achieved showed that, in several types of cement and several agents

such as blast furnace slag and copper slag, the concentrations of heavy metals could reach up to 236.139 ppm for Ga, 7401,9 ppb for Ag, and 1390.689 ppm for B. It might pose a significant danger to the individuals working in this industry and the environmental health.

Keywords: Concrete, Additive, Gallium, Silver, Boron

Giriş

İçinde bulunduğumuz yüzyılda dünyanın başetmek zorunda kaldığı, geri döndürülemez olarak tanımlanan iki sorun küresel iklim değişikliği (Canturk ve Kulaç, 2021; Varol vd., 2021) ve kentleşmedir (Cetin vd., 2018; Kilicoglu vd., 2021). Son yüzyıldaki sanayileşme, bu iki sorun yanında çevre kirliliğini de beraberinde getirmiş ve dünya genelindeki en büyük sorunlar haline gelen bu üç sorun, dünya gündeminde sürekli yer tutmaya başlamıştır (Cesur vd., 2021; Zeren Cetin vd., 2022).

19. yüzyılın sonlarında dünya nüfusu 700 milyon civarında ve nüfusun %10'undan daha azı kentsel alanlarda yaşarken, 2020 yılında dünya nüfusu 8 milyara yaklaşmış, kentsel alanlarda yaşayan nüfus oranı da %50'yi aşmıştır (Elsunousi et al., 2021; Ghoma et al., 2022). 2030 yılına kadar dünya nüfusunun 8,5 milyarı aşacağı ve kentsel alanlarda yaşayan nüfus oranının % 90'a ulaşabileceği tahmin edilmektedir (Isinkaralar et al., 2022; Karacocuk et al., 2022).

Bu durum kentsel alanlarda birim alanda yaşayan insan sayısının önemli ölçüde artmasına sebep olmakta, buna bağlı olarak da kentsel alanlarda birim alanda daha çok insanın yaşayabileceği şekilde çok katlı binaların yapılmasını gerekli kılmaktadır (Kaplan vd., 2022). Bu amaçla inşaa edilen yüksek katlı binaların büyük bölümünün temel yapıtaşını beton oluşturmaktadır (Gencel vd., 2021). Beton, günümüzde o kadar yoğun kullanılmaktadır ki, dünyada sudan sonra en çok tüketilen yapı malzemesi olduğu belirtilmektedir (Bayraktar, 2021).

Beton, aynı zamanda inşaat maliyetlerinin en önemli gider kalemlerinden birisini oluşturmaktadır. Beton maliyetlerini düşürmek amacıyla çeşitli maddelerin beton katkı maddesi olarak kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır (Kaplan et al., 2021a,b). Son yıllarda, diğer sektörlerdeki üretim faaliyetleri sonucunda atık olarak ortaya çıkan ve beton katkı maddesi olarak kullanılma potansiyeli taşıyan çeşitli maddelerin beton katkı maddesi olarak kullanımına ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır (Bayraktar vd., 2019).

Birçoğu çevresel kirlenici olan bu maddelerin beton katkı maddesi olarak kullanımı, aynı zamanda çevre kirliliğinin azaltılmasına da önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Cetin vd., 2019; Gencel vd., 2022a,b). Günümüzde çevre kirliliği dünya genelinde en önemli problemlerin başında gelmektedir (Koç, 2021; Kuzmina vd., 2022). Öyle ki, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), nüfusun yaklaşık %90'ının kirliliği taşıyan hava soluduğunu belirtmektedir. Felç, akciğer kanseri, kalp rahatsızlıkları gibi sağlık açısından son derece tehlikeli sonuçlara yol açabilen hava kirliliğinin her yıl yaklaşık 7 milyon insanın ölümüne sebep olduğu (Cesur vd., 2022), hava kirliliğinin atmosferin bileşiminde meydana getirdiği değişikliklerden dolayı doğrudan veya dolaylı olarak da dünyanın ekosistemi üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu belirtilmektedir (Sevik vd., 2021; Varol vd., 2022a,b). Ayrıca kirlilik etmenleri bitkilerde strese sebep olmakta ve diğer bütün stres etmenleri gibi kirlilik de bitki gelişimini önemli ölçüde etkilemektedir (Özel vd., 2022; Key vd., 2022).

Kirlilik etmenleri arasında; doğada uzun süre bozulmadan kalabilen, canlı bünyelerinde biyobirikim yapan ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya kanserojen olabilen ağır metaller en tehlikeli bileşenler olarak gösterilmektedir (Pirinc Bayraktar vd., 2022; Koç vd.,

2022). Bundan dolayı birçoğu önemli çevresel kirletici olan atık maddelerin beton katkı maddesi olarak kullanımını hem beton maliyetini düşürmesi hem de ağır metaller başta olmak üzere bazı çevresel kirleticilerin geri dönüştürülmek suretiyle ortamdaki uzaklaştırılarak çevre kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlaması açısından büyük önem taşımaktadır (Bayrak et al., 2022; Kursuncu et al., 2022). Bu sebeple son yıllarda çeşitli atık maddelerin beton katkı maddesi olarak kullanımına yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır (Bayraktar., 2020a,b).

Ancak, yapılan çalışmaların neredeyse tamamı, söz konusu katkı maddelerinin, beton özelliklerine etkisi konusunda yapılmaktadır (Gencil vd., 2021). Oysa, bu katkı maddelerinin kimyasal içerikleri konusundaki verilerin yeterli düzeyde olmaması, ağır metaller başta olmak üzere insan sağlığını tehdit edebilecek kimyasalları içermeleri riski, sektörde çalışan insanların sağlığı yanında inşaat faaliyetlerinin çevresel etkileri konusunda da bilgi eksikliği oluşmasına sebep olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada, beton katkı maddesi olarak kullanılan bazı katkı maddelerinde, insan ve çevre sağlığı açısından son derece zararlı olabilen Ag, Ga ve B element içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında bazı beton mineral katkı malzemelerinin Ag, Ga ve B içeriklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle betonun hammaddesi olan çimento başta olmak üzere, beton hammaddesi olarak en çok kullanılan mineral katkı malzemeleri belirlenmiş ve beton katkı maddesi olarak kullanılan geri dönüşüm agregası, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, kireç, odun külü, alçı, kırmataş, pomza, taban külü, silis kumu, tuğla tozu, silis dumanı, bakır cürufu, Cem I, Cem II, Cem II ve Cem IV Çimento, vermikülit, diatomit, lastik tozu, mermer tozu, zeolit, perlit ve kırmızı pomzadan numuneler alınmıştır.

Çalışma kapsamında temin edilen malzemeler, öncelikle ön analizler için hazırlanmıştır. Bu aşamada elde edilen malzemeler öğütüldükten sonra elenmiş, daha sonra iki hafta oda kurusu hale gelene kadar laboratuvar şartlarında bekletilmiş ve sonrasında da cam petri kaplarına alınarak iki hafta 45 °C etüvde kurutulmuştur. Kurutulan numunelerden 0,5 g örnek tartılarak mikrodalga için tasarlanmış tüplere konulmuş ve üzerine 10 ml %65'lik HNO₃ ve 2 ml %30'luk H₂O₂ ilave edilmiştir. Hazırlanan örnekler özel olarak tasarlanmış mikrodalga cihazında 280 PSI basınç ve 180 °C'de 20 dakika yakılmıştır. Mikrodalgadan çıkartılan tüpler soğuduktan sonra üzerine deiyonize su ilave edilerek 50 ml'ye tamamlanmıştır. Örnekler filtre kağıdından süzülerek ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektromesi) cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur. Bu yöntem son yıllarda element tayininde en sık kullanılan yöntemlerdendir (Sevik vd., 2020a,b; Isinkaralar, 2022a,b). Çalışmada bütün ölçümler üç tekrarlı olarak yapılmış, çalışma sonuçları hassasiyetin daha yüksek olması açısından ppb düzeyinde değerlendirilmiştir.

Elde edilen veriler SPSS paket programı kullanılarak varyans analizi ve Duncan testi uygulanarak değerlendirilmiş, Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları sadeleştirilerek tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

Bulgular

Çalışma kapsamında değerlendirilen Ga, Ag ve B elementlerinin konsantrasyonlarının ortalama değerleri ve istatistiki analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Katkı maddelerinin element içerikleri

Katkı Maddesi	Ga (ppb)	Ag (ppb)	B (ppb)
Geri dönüşüm agregası	7538,3 b	LA	14311,9 c
Yüksek fırın cürufu	236139,2 o	92,2 a	61551,4 f
Uçucu kül	15234,6 f	LA	32646,9 d
Kireç	10944,5 c	LA	6321,4 a
Odun külü	19710 g	LA	916398,3 h
Alçı	12161,8 cde	LA	17310,5 c
Kırmataş	13883,3 ef	LA	LA
Pomza	47811,3 i	205,4 ab	7069,8 a
Taban külü	20405,8 g	749,8 de	14713,6 c
Silis kumu	11404,8 cd	595,0 cd	LA
Tuğla tozu	113528,1 k	948,3 e	30948,3 d
Silis dumanı	13184,2 def	388,2 bc	13707,4 bc
Bakır cürufu	117615,8 l	7401,9 h	1390689,2 i
Cem II Çimento	46487,5 i	LA	30155,4 d
Vermikülit	46668,6 i	415,2 bc	12846,4 bc
Cem IV Çimento	45881,4 i	2023,5 f	37017,9 e
Diyatomit	39342,8 h	LA	9629,3 ab
Cem III Çimento	199499,4 n	2097,2 f	60757,8 f
Cem I Çimento	51578,6 j	4561,0 g	68124,5 g
Zeolit	13390,2 def	LA	LA
Perlit	4678,2 a	LA	LA
Kırmızı pomza	123637,6 m	423,1 bc	17472,4 c
F Değeri	8609,542***	624,622***	61762,921***

LA: Limit altı, ***: $p < 0,001$

Çalışma sonucunda lastik tozu ve mermer tozunda çalışmaya konu bütün elementler belirlenebilir limitlerin altında kalmıştır. Bunun dışında B elementi kırmataş, silis kumu, zeolit ve perlitte, Ag elementi ise geri dönüşüm agregası, uçucu kül, kireç, odun külü, alçı, kırmataş, Cem II çimento, diyatomit, zeolit ve perlitte belirlenebilir limitlerin altında kalmıştır. Bunun dışında çalışmaya konu elementlerin tamamının malzemeler bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) olduğu belirlenmiştir.

Tablo değerleri incelendiğinde en yüksek değerlerin Ga'da yüksek fırın cürufu, Cem III çimento ve kırmızı pomzada, Ag'da bakır cürufu, Cem I çimento, Cem III çimento ve Cem IV çimentoda, B'da ise bakır cürufu, odun külü ve Cem I çimentoda elde edildiği görülmektedir. Çalışma sonucunda elde edilen en yüksek değerler ile en düşük değerler arasında Ga'da 50 kat, Ag'da 80 kat, B'da ise 220 kat kadar fark olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuç beton katkı maddesi olarak kullanılan atık malzemelerin kimyasal içeriklerinin ne kadar değişken olabildiğini göstermektedir.

Sonuç ve Tartışma

Çalışma kapsamında, bazı beton katkı maddelerindeki Ga, Ag ve B elementlerinin konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda bu elementlerin bazı beton katkı maddelerinde çok yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu tespit edilmiştir. Bu elementler, ağır metal sınıfında yer alan elementler olup, ağır metallerin birçoğu sağlık açısından düşük konsantrasyonlarda bile toksik, zararlı ve kanserojen olabilen elementlerdir (Sulhan vd., 2022). Canlı gelişimi için besin elementi olarak gerekli olan ağır metallerin dahi yüksek konsantrasyonlarda sağlık açısından zararlı olduğu belirtilmektedir (Yayla vd., 2022). Bundan dolayı ağır metallerin toprak (Cetin vd., 2022a,b), su (Ucun Ozel vd., 2019; Tokatli vd., 2021) ve havadaki (Sevik vd., 2019a,b; Cetin vd., 2020) konsantrasyonları yanında bitki (Turkyilmaz vd., 2019; Key ve Kulaç, 2022; Kravkaz Kuşçu vd., 2022), hayvan (Demir vd., 2021; Sun vd., 2022) ve hatta insan (Lotah vd., 2022) organlarındaki konsantrasyonları konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Ancak yapılan çalışmalar daha ziyade düşük konsantrasyonlarda dahi canlılar için zararlı olan Pb, Hg, Cd, Ni, Co gibi elementler üzerinde yoğunlaşmış, çalışmaya konu elementlerin de içerisinde olduğu çok sayıda element ihmal edilmiştir (Savas vd., 2021). Oysa bu elementlerin de sağlık açısından ciddi tehdit oluşturabildiği bilinmektedir. Örneğin galyum III klorür akut olarak maruz kalma durumunda boğazda tahrişe nefes alıp vermede zorluğa göğüs ağrısına ve dumanı ise akciğerlerde ödem ve kısmi felç gibi ciddi sorunlara neden olabilir. Benzer şekilde yüksek miktarda gümüş buharına kalmak baş dönmesi, nefes alma zorluğu, baş ağrısı ya da sinirliliğe sebep olabilir (URL-1). Ag tuzları insanlar için toksik özelliktedir ve bundan dolayı bazı cilt rahatsızlıklarına sebebiyet verebilmekte, bu durumda deri, gözler ve mukus tabakası mavi-gri bir renge dönmektedir. Ayrıca Ag takılar alerjik reaksiyonları tetiklemektedir (URL-2). Ag yüksek konsantrasyonlarda canlı organizmalar için toksik olması nedeniyle “Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Kurumu)” (ATSDR) 'nin öncelikli kirletici listesine dahil edilmiştir (Badea vd., 2018)

B ise toksik etki oluşturabileceği için insan sağlığı açısından son derece tehlikeli ve önemlidir. B bileşikleri; insan vücuduna solunum ve sindirim yollarıyla veya mukoz membranlar aracılığı ile girmekte ve en fazla kemiklerde birikmektedir. İnsanlarda borik asit ve boraksın etkisi, mide bulantısı, şiddetli kusma, karın ağrısı ve ishal ile kendini göstermektedir (Bakırcı, 2019). B çocuklar için 5-6 g, yetişkinler için ise 10-25 g aralığında ölümcüldür (Baykut vd., 1987).

Çalışmaya konu katkı maddelerinin, beton katkı maddesi olarak kullanımları esnasında, işçiler tarafından solunarak vücut içerisine alınması, önemli sağlık risklerine sebep olabilir. Çalışmaya konu katkı maddelerinin kullanımı esnasında solunarak insan vücuduna alınması durumunda sağlık riskinin daha da artacağı öngörülebilir. Çalışmaya konu ağır metallerin solunum yolu ile vücuda alınmasının insan sağlığı açısından ne kadar tehlikeli olabileceği 1952 yılı Aralık ayında Londra’da yaşanan ve “smoggy” olarak isimlendirilen olayda anlaşılmıştır. Bu olayda 5-9 aralık 1952 tarihleri arasında hava kirliliği ile bağlantılı sebeplerden dolayı yaklaşık 4000 kişi hayatını kaybetmiş, sonraki aylarda hayatını kaybedenlerle birlikte toplam ölü sayısı 12000’i bulmuştur. Yapılan incelemeler kurbanların akciğerlerinin çeşitli ağır metalleri içeren çok yüksek seviyedeki çok küçük partiküller ile kontamine olduğunu göstermiştir (Cesur vd., 2022). Dolayısıyla yüksek konsantrasyonlardaki ağır metaller, insan ve çevre sağlığı açısından büyük tehdit oluşturmaktadır ve bundan dolayı ağır metaller günümüzde en tehditkar çevre kirliliği bileşenleri olarak görülmektedir (Aricak et al., 2020).

Çalışma sonuçları insan ve çevre sağlığı açısından son derece zararlı olabilen bazı ağır metallerin, bazı beton katkı maddelerindeki konsantrasyonlarının oldukça yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu durum pek çok açıdan büyük önem taşımaktadır. Örneğin

havadaki ağır metal kirliliğinin insan ve ekosistem üzerindeki katkısının, ortamdaki partikül madde miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu pek çok çalışmada ortaya konulmuştur (Arıcak vd., 2019; Turkyılmaz vd., 2020). Özellikle kent merkezlerinde inşaat faaliyetlerinin hem yapım hem de yıkım aşamasında havadaki partikül madde miktarını en çok etkileyen faktörlerden birisi olduğu belirtilmektedir (Elajail vd., 2022). Ayrıca bu partikül maddelerin kimyasal yapısı da havada, sonrasında ise toprak ve sudaki ağır metal kirliliğini büyük oranda etkileyebilir. Dolayısıyla beton katkı maddesi olarak kullanılan malzemeler, hem yapım aşamasında inşaat faaliyetlerinde çalışan işçiler, hem kullanım esnasında konutlarda yaşayan insanlar, hem de yıkım aşamasında bütün çevre açısından tehdit oluşturabilir.

Öneriler

Çalışma sonucunda ağır metal konsantrasyonlarının yüksek düzeyde olduğu belirlenen beton katkı maddelerinin kullanımında dikkatli olunmalı, bu maddelerin riskleri konusunda çalışanlar uyarılmalı ve gerekli tedbirler alınmalıdır. Ayrıca yüksek fırın cürufu, bakır cürufu gibi malzemeler endüstriyel tesislerin atıklarıdır ve bundan dolayı inşaat sektörü dışındaki bazı sektörlerde çalışan kişiler de bu malzemelerin tozlarına maruz kalmaktadır. Bu malzemelerin kullanıldığı diğer sektörler de çalışan kişiler de uyarılmalı ve gerekli tedbirlerin alınması sağlanmalıdır.

Çalışma kapsamında 3 adet ağır metal ile 24 adet katkı maddesi değerlendirilmiştir. Ancak, çalışmaya konu edilmeyen ve insan sağlığı açısından çok daha büyük riskler taşıyan ağır metaller bulunmaktadır. Bundan dolayı konu ile ilgili çalışmaların çeşitlendirilip artırılarak devam ettirilmesi, diğer ağır metaller, farklı katkı maddeleri gibi faktörlerin de çalışmalara konu edilmesi önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Programı kapsamında hazırlanan “Çevresel Etkileri Bakımından Bazı Mineral Beton Katkı Maddelerinin Kimyasal İçeriklerinin Karşılaştırılması” isimli doktora tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Arıcak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & 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.

Arıcak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2020). The usability of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic-originated heavy metal concentrations in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2), 1051-1057.

Badea, M., Luzardo, O. P., González-Antuña, A., Zumbado, M., Rogozea, L., Floroian, L., Alexandrescu, D., Moga, M., Gaman, L., Radoi, M., Boada, L.D. & Henríquez-Hernández, L. A. (2018). Body burden of toxic metals and rare earth elements in non-smokers, cigarette smokers and electronic cigarette users. *Environmental research*, 166, 269-275.

Bakırcı, S. (2019). Aydın İlinde Üretimi Yapılan Bazı Arı Ürünlerindeki Ağır Metal Düzeylerinin Karşılaştırılması, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü (Veteriner) Biyokimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 108 s.

Baykut F, Aydın A, Baykut S. (1987). Çevre Sorunları ve Korunma, İstanbul Teknik Üniversitesi, 3449, 419.

Bayrak, B., Öz, A., Kavaz, E., Kaplan, G., Çelebi, O., Alcan, H. G., & Aydın, A. C. (2022) Synergic Effect of Some Waste Pozzolans on the Mechanical and Shielding Properties of Geopolymer Concretes. Available at SSRN 4060026.

Bayraktar, O. Y., Sağlam-Citoglu, G., Belgin, C. M., Cetin, S., & Cetin, M. (2019a). Investigation of effect of brick dust and silica fume on the properties of portland cement mortar. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(11), 7823-7832.

Bayraktar, O. Y., Sağlam-Citoglu, G., Belgin, C. M., & Cetin, M. (2019b). Investigation of the mechanical properties of marble dust and silica fume substituted portland cement samples under high temperature effect. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(5), 3865–3875.

Bayraktar, O.Y. (2020a). Risk management in construction sector. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 8(2), 237-243.

Bayraktar, O. Y. (2020b). Use of geosynthetics in road construction. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 6(2): 107-113

Bayraktar, O.Y. (2021). Possibilities of disposing silica fume and waste glass powder, which are environmental wastes, by using as a substitute for portland cement. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-7

Pirinc Bayraktar, E., Isinkaralar, O., & Isinkaralar, K. (2022). Usability of several species for monitoring and reducing the heavy metal pollution threatening the public health in urban environment of Ankara. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 14(3), 276-283.

Canturk, U., & Kulac, S. (2021). The effects of climate change scenarios on *Tilia* spp. in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, doi:10.1007/s10661-021-09546-5

Cesur, A., Zeren Cetin, I., Cetin, M., Sevik, H., Ozel, H. B. (2022). The use of *Cupressus arizonica* as a biomonitor of Li, Fe, and Cr pollution in Kastamonu. *Water Air Soil Pollut.* 233, 193. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05667-w>

Cesur, A., Zeren Cetin, I., Abo Aisha, A. E. S., Alrabiti, O. B. M., Aljama, A. M. O., Jawed, A. A., Cetin, M., Sevik, H., Ozel, H. B. (2021). The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research* 28(27), 35642-35648. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13166-4>

Cetin, M., Altera, A. Z. A., & Bayraktar, O. Y. (2019). Advanced road materials highway infrastructure and features. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences* 5(1), 36-42.

Cetin, M., Onac, A. K., Sevik, H., Canturk, U., & Akpınar, H. (2018). Chronicles and geoheritage of the ancient Roman city of Pompeiopolis: a landscape plan. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(24), 1-12.

Cetin, M., Sevik, H., & Cobanoglu, O. (2020). Ca, Cu, and Li in washed and unwashed specimens of needles, bark, and branches of the blue spruce (*Picea pungens*) in the city of Ankara. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(17), 21816-21825.

Cetin, M., Aljama, A. M. O., Alrabiti, O. B. M., Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022a). Determination and mapping of regional change of Pb and Cr pollution in Ankara city center. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(5), 1-10.

Cetin, M., Aljama, A. M. O., Alrabiti, O. B. M. Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022b). Using topsoil analysis to determine and map changes in Ni Co pollution. *Water Air Soil Pollut* 233, 293 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05762-y>

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(11), 1-15.

Elajail, I.S.I., Sevik, H., Ozel, H.B., Isik, B. (2022). Examining The Chemical Compositions of Mineral Concrete Agents in Terms of Their Environmental Effects, *Feb-fresenius environmental bulletin*. (InPress).

Elsunousi AAM, Sevik H, Cetin M, Ozel HB, Uzun Ozel H (2021) Periodical and regional change of particulate matter and CO2 concentration in Misurata. *Environ Monit Assess* 193: 707 (2021). DOI: 10.1007/s10661-021-09478-0

Gencil, O., Kazmi, S. M. S., Munir, M. J., Kaplan, G., Bayraktar, O. Y., Yazar, D. O., ... & Ahmad, M. R. (2021). Influence of bottom ash and polypropylene fibers on the physico-mechanical, durability and thermal performance of foam concrete: An experimental investigation. *Construction and Building Materials*, 306, 124887.

Gencil, O., Bayraktar, O. Y., Kaplan, G., Arslan, O., Nodehi, M., Benli, A., ... & Ozbakkaloglu, T. (2022a). Lightweight foam concrete containing expanded perlite and glass sand: Physico-mechanical, durability, and insulation properties. *Construction and Building Materials*, 320, 126187.

Gencil, O., Sarı, A., Kaplan, G., Ustaoglu, A., Hekimoğlu, G., Bayraktar, O. Y., & Ozbakkaloglu, T. (2022b). Properties of eco-friendly foam concrete containing PCM impregnated rice husk ash for thermal management of buildings. *Journal of Building Engineering*, 58, 104961.

Ghoma, W., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Quality Atmosphere Health*, 15, 415-424. <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01146-z>

Isinkaralar K. (2022a). Some atmospheric trace metals deposition in selected trees as a possible biomonitor. *Romanian Biotechnological Letters*, 27(1), 3227-3236. <https://doi.org/10.25083/rbl/27.7/3227-3236>.

Isinkaralar, K. (2022b). Atmospheric deposition of Pb and Cd in the *Cedrus atlantica* for environmental biomonitoring. *Landscape and Ecological Engineering*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11355-022-00503-z>

Isinkaralar, K., Koc, I., Erdem, R., & Sevik, H. (2022). Atmospheric Cd, Cr, and Zn deposition in several landscape plants in Mersin, Türkiye. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(4), 1-10.

Kaplan, G., Bayraktar, O. Y., & Memis, S. (2021b). Effect of high volume fly ash and micro-steel fiber on flexural toughness and durability properties in self-compacting lightweight mortar (SCLM). *Construction and Building Materials*, 307, 124877.

Kaplan, G., Gulcan, A., Cagdas, B., & Bayraktar, O. Y. (2021a). The impact of recycled coarse aggregates obtained from waste concretes on lightweight pervious concrete properties. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(14), 17369-17394.

Kaplan, G., Turkoglu, M., Bodur, B., & Bayraktar, O. Y. (2022). Usage of recycled fine aggregates obtained from concretes with low w/c ratio in the production of masonry plaster and mortar. *Environment, Development and Sustainability*, 24(2), 2685-2714.

Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., Cetin, M (2022). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape and Ecological Engineering*, 18, 75-83. <https://doi.org/10.1007/s11355-021-00483-6>

Key, K., & Kulaç, Ş. (2022). Proof of concept to characterize historical heavy metal concentrations from annual rings of *Corylus colurna*: determining the changes of Pb, Cr, and Zn concentrations in atmosphere in 180 years in North Turkey. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1-11.

Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year change of Cd, Fe, and Al concentrations in the air by using annual rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 1-13.

Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., Sevik, H. (2021) Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 143, 379–388. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03439-2>

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*, 28(27), 35880–35886. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13272-3>

Koç, İ., Cantürk, U., & Çobanoğlu, H. (2022). Changes of plant nutrients K and Mg in several plants based on traffic density and organs. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 54-59.

Kravkaz Kuşçu, İ. S., Kılıç Bayraktar, M., & Tunçer, B. (2022). Determination of Heavy Metal (Cr, Co, and Ni) Accumulation in Selected Vegetables Depending on Traffic Density. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(6), 1-10.

Kursuncu, B., Gencil, O., Bayraktar, O. Y., Shi, J., Nematzadeh, M., & Kaplan, G. (2022). Optimization of foam concrete characteristics using response surface methodology and artificial neural networks. *Construction and Building Materials*, 337, 127575.

Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H.B., Aricak, B., Onat, S.M., Sevik, H. (2022). Change of Aluminum Concentrations in Specific Plants by Species, Organ, Washing, and Traffic Density. *BioResources*, (InPress)

Lotah, H. N. A., Agarwal, A. K., & Khanam, R. (2022). Heavy metals in hair and nails as markers of occupational hazard among welders working in United Arab Emirates. *Toxicological Research*, 38(1), 63-68.

Özel, H. B., Şevik, H., Onat, S. M., & Yigit, N. (2022). The effect of geographic location and seed storage time on the content of fatty acids in stone pine (*Pinus pinea* L.) seeds. *BioResources*, 17(3), 5038-5048.

Savas, D.S., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A. & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environmental Science Pollution Research*, 28(39), 55446-55453. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14826-1>

Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Akarsu, H., & Cetin, I. Z. (2020a). Analyzing of usability of tree-rings as biomonitors for monitoring heavy metal accumulation in the atmosphere in urban

area: a case study of cedar tree (*Cedrus sp.*). *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(1), 23.

Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Ozel, S., & Cetin, I. Z. (2020b). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 78.

Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Erbek, A., & Cetin, I. Z. (2021). The effect of climate on leaf micromorphological characteristics in some broad-leaved species. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 6395-6407.

Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019a). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12843-12857.

Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019b). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(8), 983-991.

Sulhan, O.F., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environ Dev Sustain* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02647-2>

Sun, Q., Li, Y., Shi, L., Hussain, R., Mehmood, K., Tang, Z., & Zhang, H. (2022). Heavy metals induced mitochondrial dysfunction in animals: molecular mechanism of toxicity. *Toxicology*, 153136.

Tokatli, C., Mutlu, E., & Arslan, N. (2021). Assessment of the potentially toxic element contamination in water of Şehriban Stream (Black Sea Region, Turkey) by using statistical and ecological indicators. *Water Environment Research*, 93(10), 2060-2071.

Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh, E. A. A. (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 22(3), 2385-2398.

Turkyilmaz, A., Sevik H., Isinkaralar K., & Cetin M. (2019). Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(5), 5122-5130.

Ucun Ozel, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Gemici, B. T., & Varol, T. (2019). Base alteration of some heavy metal concentrations on local and seasonal in Bartın River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(9), 594.

URL-1, 2019. <https://www.doktorix.com/agir-metal-zehirlenmesi-ve-testi-nedir/>

URL-2, 2022. <https://doajewellery.com.tr/gumus-insan-sagligina-zararli-mi/>

Varol T, Canturk U, Cetin M, Ozel HB, Sevik H (2021) Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*. *Forest Ecology and Management* 491 (2021) 119199. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119199

Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022a). Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-11.

Varol, T., Cetin, M., Ozel, H.B., Sevik, H., Zeren Cetin, I. (2022b). The Effects of Climate Change Scenarios on *Carpinus betulus* and *Carpinus orientalis* in Europe. *Water Air Soil Pollution* 233, 45. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05516-w>

Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 1-10.

Zeren Cetin, I., Varol, T., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2022). The effects of climate on land use/cover: a case study in Turkey by using remote sensing data. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.