



Sağlık Açısından Deprem Sonrası Kahramanmaraş Kent Merkezi Tozlarının İncelenmesi İçin Elektron Mikroskobu Kullanılarak Bir Yöntem Tasarım Modellemesi Geliştirilmesi

Yakup ERMURAT^{1*}

Öz

Şubat 2023'teki Kahramanmaraş depremleri büyük yıkımlara ve can kaybına neden olmuştur. Yıkılan binaların molozları kentte hava kirliliği sorununa yol açmıştır. İnşaat faaliyetleriyle ortaya çıkan toz ve parçacıklar, hava kalitesini bozarak sağlık için tehdit oluşturmıştır. Bu çalışmada, deprem sonrası Kahramanmaraş kent merkezinden toplanan toz örnekleri, elektron mikroskobu kullanılarak sağlık açısından incelenmiştir. Analizler, tozun mineralojik yapısını ve kimyasal bileşimlerini ortaya koyulmuştur. Örnekte yüksek miktarda O, C, Si, Fe ve Cr tespit edildi. Si, O, Al, Ca, K ve Na elementleri silikat mineral grubunun baskın olduğunu, kuvars, feldspat, mika ve amfibol minerallerinin varlığını göstermiştir. Karbonatlar ve oksit maddeler de kalsit, dolomit, Fe, Al ve Ti minerallerinin bulunduğunu işaret etmiştir. Halojenürleri oluşturan Ca, Cl, Na ve K elementleri de tespit edildi. İncelemelerde asbest varlığına dair bulgular elde edilmiş, ancak Mg'nin düşük miktarı az miktarda asbest olabileceğini göstermiştir. Yapısal çözümlemelerdeki saydam görüntüler, kristal silika bileşenlerinin ve kömür, grafit ya da metalik bileşiklerin varlığını kanıtlamıştır. Bu inceleme, hava kalitesinin bozulmasındaki etmenleri daha iyi anlamamıza ve sağlık risklerini değerlendirmemize yardımcı olarak, canlı sağlığının korunması ve hava kalitesinin iyileştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kahramanmaraş şehir merkezi, deprem sonrası toz çözümlemesi, sağlık kaygısı, yöntem tasarımı modelleme geliştirme, Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM)

Development of a Method Design Modeling Using Electron Microscope for the Examination of Dust in Kahramanmaraş City Center Affected by Earthquake in Terms of Health

Abstract

The Kahramanmaraş earthquakes of February 2023 caused significant destruction and loss of life. The rubble from the collapsed buildings contributed to air pollution issues in the city. Dust and particulate matter generated by construction activities further degraded air quality, posing a threat to public health. In this study, the dust samples collected from the city center of Kahramanmaraş after the earthquake were examined for health risks using an electron microscope. The analysis revealed the mineralogical structure and chemical composition of the dust. High amounts of O, C, Si, Fe, and Cr were detected in the sample. The presence of Si, O, Al, Ca, K, and Na indicated the dominance of silicate minerals, with quartz, feldspar, mica, and amphibole minerals likely present. The identification of carbonates and oxides suggested the presence of minerals such as calcite, dolomite, Fe, Al, and Ti. Elements like Ca, Cl, Na, and K, which form halides, were also detected. In the examinations, evidence of asbestos presence was found; however, the low amount of Mg suggests that the asbestos might be in very small quantities. Structural analysis images showed the presence of crystalline silica components, as well as dark particles, which were identified as coal, graphite, or metallic compounds like iron and aluminum. This study is important for the protection of living health and the improvement of air quality by helping us better understand the factors that cause air quality deterioration and assess health risks.

Keywords: Kahramanmaraş city center, after the earthquake dust analysis, health concern, method design modeling Development, Transmission Electron Microscopy (TEM)

¹Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye, yakupermurat@ibu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-0159-5283>

1. Giriş

Şubat 2023'te gerçekleşen Kahramanmaraş depremleri, çevre illeri de etkileyerek çok sayıda binanın yıkılmasına ve binlerce can kaybına yol açmıştır. Yıkılan binaların molozları ile hasarlı yapıların yıkımı, Kahramanmaraş şehir merkezinde yüksek partikül yoğunluğuna sahip hava kirliliği sorunlarına neden olmuştur. İnşaat çalışmaları sırasında ortaya çıkan toz ve parçacıklar, hava kalitesini düşürerek insan sağlığını tehdit etmektedir. Yapılan araştırmalarda, yıkım ve inşaat süreçlerinde kullanılan malzemelerin parçalanması ve rüzgârla taşınması sonucu havaya salınan bu tozlarının sağlık için zararlı bileşenler taşıdığı tespit edilmiştir. (Taşdemir & Cuci, 2017; Adıgüzel, 2023).

Kent merkezinden toplanan toz örneklerinin Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) ile incelenmesi, tozların içerdiği çeşitli zararlı bileşenlerin belirlenmesine olanak tanır. TEM, mikroskobik düzeyde toz partiküllerinin morfolojik özelliklerini ayrıntılı bir şekilde incelemeye imkân verir ve bu sayede tozlarda bulunan ağır metaller, organik bileşikler ve diğer kirleticiler tespit edilebilir. Özellikle, kurşun, arsenik, kadmiyum gibi ağır metallerin, uzun vadede insan sağlığı üzerinde kanserojen etkiler yaratabileceği ve solunum yollarında ciddi hastalıklara yol açabilecek ve kanser riskini artırabilecek maddelerdir. Bu tür detaylı analizler, hava kalitesini etkileyen faktörlerin daha derinlemesine anlaşılmasına yardımcı olur. Elde edilen veriler, bölgedeki hava kirliliği düzeyinin, sağlık üzerinde yaratabileceği olası etkilerle birlikte, canlı sağlığını korumak için atılması gereken adımların belirlenmesinde kritik bir temel sunar. Ayrıca, bu bilimsel bulgular, halk sağlığını tehdit eden faktörlerin ortadan kaldırılması ya da en aza indirilmesi için politika oluşturuculara ve yerel yönetimlere somut veriler sunarak etkili stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlar. Bununla birlikte hava kirliliğinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması için gerekli önlemlerin alınması adına, doğaya yönelik de koruyucu bir zemin oluşturulmuş olur. Bu, tozların içeriğini ve yayılma biçimlerini kontrol altına alacak düzenlemelerin yapılması, etkili hava filtreleme sistemlerinin kurulması ve inşaat ile yıkım süreçlerinde çevre dostu yöntemlerin benimsenmesi gibi uygulamaları içerebilir. Bu tür bilimsel araştırmalar, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve halk sağlığının korunması için bir yol haritası sunar ve çevreye duyarlı bir toplum oluşturulmasına katkı sağlar (Warren, 1987; Graham & Kyllönen, 2017; Baker & Schaefer 2018; Mendez & Boucher, 2018).

Yıkım ve inşaat faaliyetleri, araç emisyonları ve endüstriyel atıklar gibi çeşitli kaynaklardan gelen parçacık maddeler, hava kalitesinin kötüleşmesine ve şehir sakinlerinin sağlığının olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır. Kentsel alanlardaki toz bileşimi, insan sağlığına zararlı inorganik ve organik bileşenler içermekte ve bu durum canlı sağlığı için ciddi

sonuçlar doğurabilmektedir (Filippelli & Taylor, 2018; Wong & Kwan 2019; EPA, 2020; WHO, 2021).

Deprem sonrası bir yıl boyunca Kahramanmaraş'ta hava partikül düzeyinin çok yüksek olduğu ve hava kalitesinin sağlığa zararlı olarak ölçüldüğü kaydedilmiştir. Aşırı hava kirliliği, özellikle çocuklar, yaşlılar ve solunum sorunları olan bireyler için büyük riskler taşımaktadır. Kentsel alanlarda yüksek partikül içerikli toz solumak, toz bileşenlerine bağlı olarak solunum tahrişi, vücut tahrişi, kaşıntı, alerjiler, sa dökülmesi, burun tıkanıklığı ve burun kanaması, kulaklarda uğultu, işitme kaybı, görme ve koku almada bozukluklar ve diğer göz rahatsızlıkları gibi kısa vadeli etkiler yaratırken uzun vadeli maruz kalma ise astım ve bronşit gibi solunum yolu hastalıkları, kalp-damar hastalıkları ve hatta akciğer kanseri gibi daha ciddi rahatsızlıklara yol açabilir (Zatta et al., 2003; Bolt  et al., 2004; Pope & Dockery, 2006; Kurt-Karakus, 2012; Gardner et al., 2013; Fortoul et al., 2015; Peters et al., 2016). Kirli hava soluma ile sağlığın zarar görme riski, özellikle çocuklar, yaşlılar ve mevcut sağlık sorunları olan bireyler için çok yüksektir. Ayrıca, hava kirliliği yaşam kalitesini düşürmekte ve bireylerin günlük yaşamlarını olumsuz etkilemektedir. Havadaki partiküller toprağı mineral bakımından zenginleştirirken, uzun vadede artan hava kirliliği ekosistem üzerinde olumsuz etkiler oluşturmakta ve genel biyolojik çeşitlilik ile su kaynaklarını tehdit etmektedir (Cicero et al., 2017; Huat et al., 2019; Kumar & Kuhlbusch, 2019; Bell & Davis, 2020; Ericson et al., 2021; Isley et al., 2022).

Havadaki parçacık maddelerin boyutları ile sağlık üzerindeki etkileri arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Özellikle 10  m'den büyük partiküller burun ve nazofarenkste tutulurken, daha küçük partiküller akciğerlerin derin bölgelerine, yani bronşlara ve alveollere ulaşarak burada birikintilere yol açabilir. Bu durum, solunum sisteminin sağlığı üzerinde ciddi etkiler yaratabilir; çünkü büyük partiküller üst solunum yollarında kalırken, küçük partiküllerin akciğer dokusuna girmesi, iltihaplanma, alerjik reaksiyonlar ve kronik solunum hastalıkları gibi sağlık sorunlarına yol açabilir (Pope & Dockery, 2006). Bu nedenle, parçacık maddelerin boyutlarının yanı sıra kimyasal ve fiziksel yapılarının belirlenmesi, hava kalitesinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini anlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

Kentsel tozdaki kimyasal elementlerin kökenleri, insan faaliyetleri ve doğal süreçlerin karmaşık bir etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır. İnşaat alanları toz oluşumuna neden olurken, üretim tesisleri, sanayi süreçleri sırasında metal ve ametal içeren kimyasal bileşenler salınır. Araç emisyonları, özellikle trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde metal ve metal olmayan kimyasalların belirgin hale gelmesine yol açarak halk sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Kent hava kalitesini olumsuz etkileyen toz bileşimleri, hem metal hem de metal olmayan elementlerden oluşmaktadır. Kentsel toz, genellikle kurşun, kadmiyum ve cıva gibi

ağır metaller ile kükürt ve azot gibi metal olmayan elementler içermektedir. Yüksek değerlerde kükürt ve nitrojen bileşenleri, özellikle asidik yağışların oluşumuna katkıda bulunarak toprağı çoraklaştırmakta ve yaprakları tahrip ederek çevresel sorunları artırmakta ve solunum yolu hastalıkları gibi sağlık risklerini tetiklemektedir. Bu tür kirlilikler, özellikle kent yaşamında sağlık ve doğa açısından ciddi tehditler oluşturmakta, dolayısıyla bu bileşenlerin izlenmesi ve kontrol altına alınması büyük bir önem taşımaktadır. Kentin hava kalitesinin iyileştirilmesi için etkili stratejilerin geliştirilmesi, hem halk sağlığını korumak hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlamak adına gereklidir. Bu nedenle, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve bu zararlı bileşenlerin kontrol altına alınması, hem canlı sağlığı hem de doğanın korunması açısından büyük bir önem taşımaktadır (Sethi & Rathi 2020; Glorennec et al., 2021; Gulia et al., 2015).

Kent merkezi tozlarında birçok mineral bileşenleri bulunmaktadır. Karbonatlar (örneğin, kalsit ve dolomit), sülfidler (pirit ve galen), oksitler (hematit ve manyetit) ve halojenürler gibi çeşitli mineral grupları en yaygın minerallerdir. Halojenürler, halojen iyonları ile metal iyonlarının birleşiminden oluşan minerallerdir; kaya tuzu (halit) ve florit gibi örnekleri vardır. Asbest, lifsi kristal yapıya sahip silikat bileşiminde bir grup mineralden oluşur ve havaya karışan asbest liflerinin solunması, akciğer kanseri, mezotelyoma olarak literatüre geçen akciğer zarında oluşan kötü bir tümör türü ve diğer solunum yolu hastalıklarına yol açabilir (Atabey, 2014). Kahramanmaraş'ta, depremlerde yıkılan binaların inşası sırasında yalıtım maddesi olarak asbest kullanıldığı belirlenmiştir. Bu nedenle, toz partiküllerinde asbest bileşenlerinin varlığının en uygun yöntemler kullanılarak belirlenmesi önem taşımaktadır.

Kentsel tozdaki metal ve metal olmayan elementlerin bileşenlerini belirlemek, sağlık risklerinin değerlendirilmesi ve doğanın kirlenme koşullarını izleme açısından önem taşır. Kentsel tozun çözümü, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve insan sağlığının korunması açısından gerekli bir araştırmadır. Ancak, toz örneklerinde bulunan her bir elementin analizi, birçok kimyasal işlem gerektiren ve zaman alıcı, pahalı bir süreç taşımaktadır (Borai et al., 2002; Krystek & Ritsema, 2007; Moreno et al., 2011; Ščancar & Milačič, 2014). Bu analizler en verimli güvenilir bir şekilde elektron mikroskobu düzeneğiyle yapılabilmektedir. TEM düzeneğinin olağanüstü çözünürlükte yapısal görsel vermesi, araştırmacılara toz parçacıklarının karmaşık ayrıntılarını gözlemlene, morfolojilerini, boyutlarını ve yapısal özelliklerini ortaya çıkarma imkânı tanır. TEM düzeneğinde kimyasal bileşim analizleri EDS veya EDX sistemleri ile yapılır. EDS/EDX, elektron mikroskobunda kullanılan bir teknik olup, numunedeki elementlerin kimyasal çözümlemesini sağlar. Bu detektörler, numuneye atılan yüksek enerjili elektronların elementlere çarpmasıyla ortaya çıkan karakteristik X-ışınlarını tespit eder ve böylece her elementin kimyasal bileşimi hakkında bilgi verir (Scimeca et al., 2018). TEM ve

EDS/EDX birlikte kullanıldığında, bir numunenin hem yapısal hem de kimyasal analizini gerçekleştirmek mümkündür. Bu, özellikle kimya ve malzeme bilimi, nanoteknoloji ve çevre bilimleri gibi alanlarda çok önemli bir yöntemdir. Bu analitik teknik, element bileşiminin karakterizasyonunu kolaylaştırarak tozun bileşimini anlamak ve kökenlerini belirlemek için kritik bir öneme sahiptir. TEM düzeneği çözümülemesi ile genellikle 10 mg'a kadar az miktarda toz numuneleri hazırlanarak, tek tek bölekçiklerin şekil, boyut ve yüzey dokusu gibi morfolojik özellikleri, 50 nanometreden daha ince ölçeklerde gözlemlenebilmekte ve parçacıkların elementel bileşimi oransal olarak elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, kentsel toz örneklerinin sağlık açısından elektron mikroskobu kullanılarak verimli incelenmesi amacıyla kullanışlı bir yöntem tasarım modeli geliştirilmesi hedeflenmiştir (Mazzoli & Favoni, 2012).

2. Materyal ve Metot

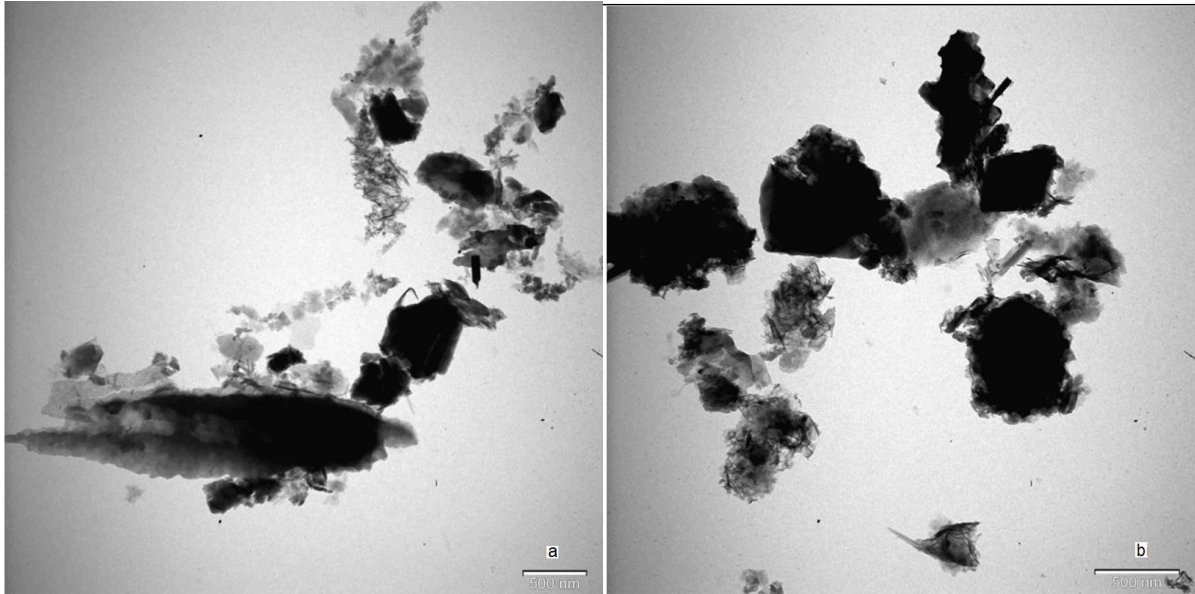
Depremden bir yıl sonra, Kahramanmaraş kent merkezindeki tozlar, herhangi bir örnekleme kabı kullanılmadan ve işlem yapılmadan doğrudan 2024 yaz döneminde, kentin doğu, merkez ve batı yakalarından toplanarak harmanlanmıştır. Bu süreç, tozun doğal durumunu koruyarak herhangi bir kimyasal veya fiziksel işlem yapılmadan gerçekçi bir analiz yapma imkânı sağlamak için takip edilmiştir. Toz örneği, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi - Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde yüksek çözünürlüklü moleküler ölçekte çözümüleme yapılması için hazırlanmıştır. Toplanan toz örneği, elektron mikroskobu incelemesi öncesinde etanolde süspansiyona alınmış ve ardından ultrasonik banyoda kısa bir süre bekletilmiştir. Bu aşama, toz parçacıklarının homojen bir şekilde dağılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Etanol ile yapılan TEM analizinin adımları, numunenin hazırlanmasından, sabitlenmesine, dehidrasyon ve infüzyona kadar bir dizi işlemde oluşmaktadır. Etanol, numune sabitleme ve dehidrasyon işlemleri için önemli bir çözücü olarak kullanılır. Bu işlemler, numunenin TEM çözümülemesi için uygun hale getirilmesini sağlar. Kurutma işleminin ardından, örnekler karbon film destekli bakır taşıyıcı üzerine damlatılmış ve çözücünün buharlaşması beklenmiştir. Çözümülemeler, JEOL JEM-1400 PLUS marka ve model Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) ile gerçekleştirilmiştir. Bu gelişmiş cihaz, toz bölekçiklerinin morfolojik, boyutsal ve yapısal özelliklerini yüksek çözünürlükte inceleyerek, 500-50 nm aralığında gözlemler yapma olanağı sunmuş olup elde edilen veriler, tozun yapısını ve bileşimini anlamak için önemli bilgiler sağlamıştır. Böylece, toz bileşenlerinin sağlık üzerinde olası etkilerinin değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması için gereken bilimsel veriler elde edilmiştir. Bu araştırma deprem sonrasında kent merkezi tozlarının takip edilen en

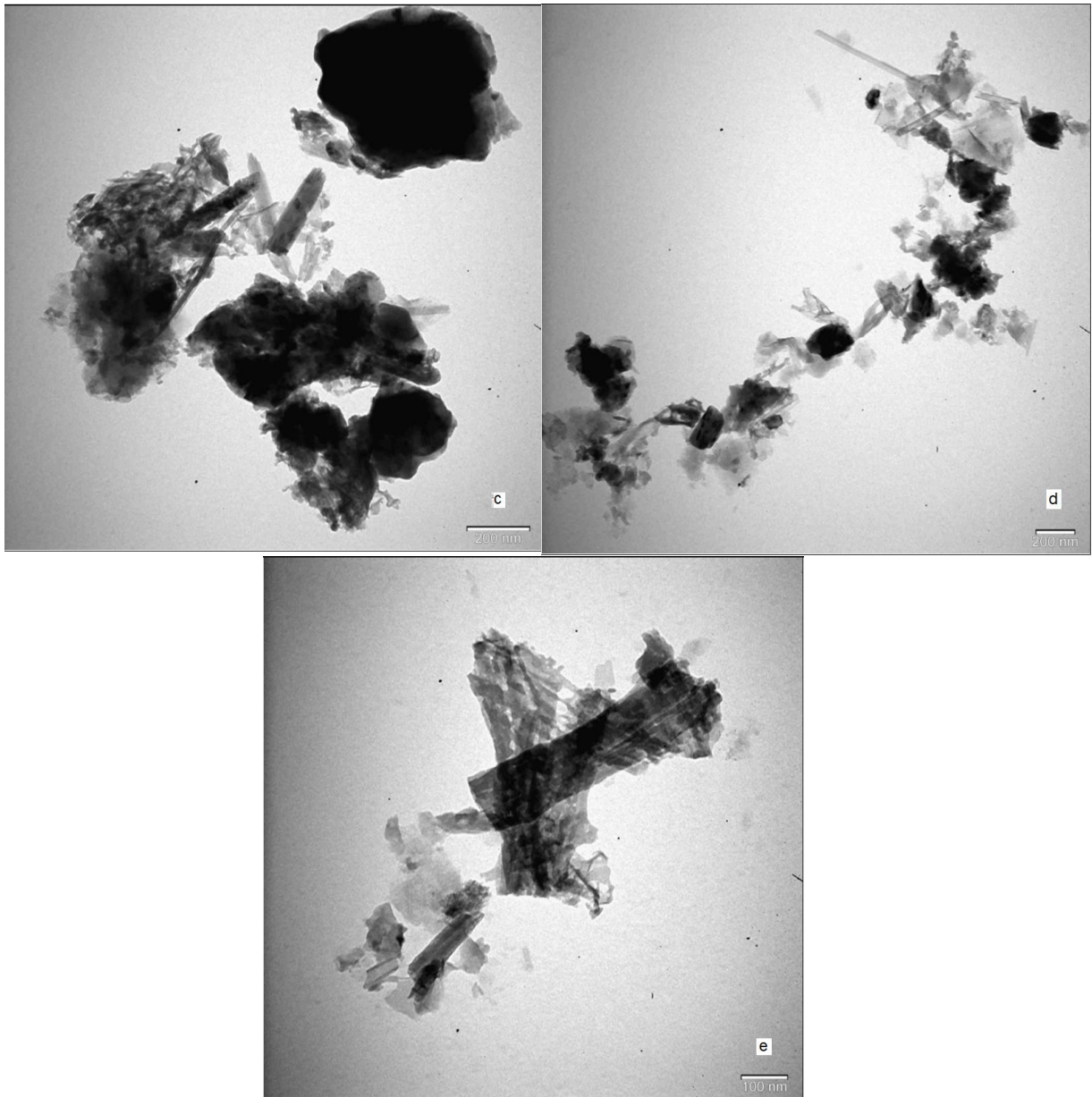
etkin yöntem ile analizinin yapılması ve sonuçlardan elde edilen veriler ışığında canlı sağlığı ve doğanın korunması açısından önlem almaya yönelik bir katkı sunmayı hedeflemektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

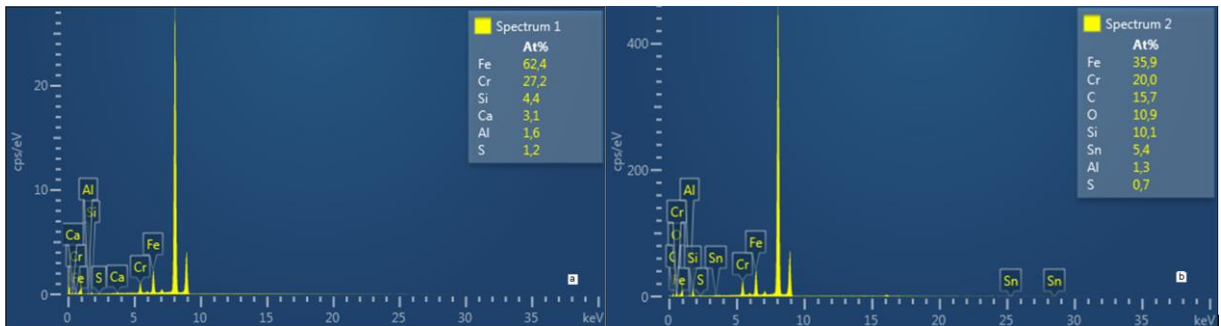
Kahramanmaraş depreminden bir yıl sonra kent merkezinden toplanan toz örneklerinin sağlık açısından incelenmesi amacıyla en verimli deney yöntem tasarımı modelini geliştirmek için gerçekleştirilen bu araştırmadan elde edilen TEM düzeneği inceleme sonuçları, toz analiz yöntemi modellemesini geliştirmek için yeterli yapısal ve elementel bulguları sağlamıştır. Elde edilen veriler, tozun yapısının ve bileşiminin sağlık üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek açısından kritik bir rol oynamaktadır.

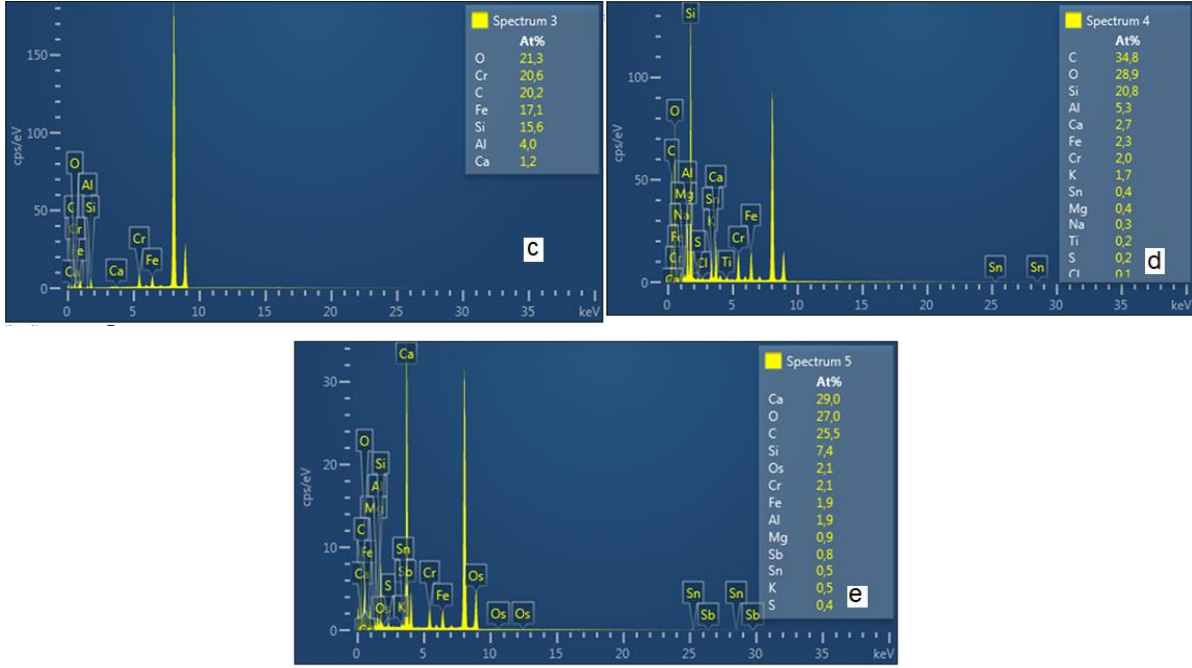
Toz örneği, doğrudan ve herhangi bir kimyasal veya fiziksel değişime uğramadan yüksek çözünürlüklü incelemelere tabi tutulmuştur. Bu yaklaşım, tozun doğal ve bozulmamış durumunu koruyarak elde edilen verilerin doğruluğunu artırmıştır. İnceleme sonucunda, 500-50 nm ölçeğinde elde edilen mikro yapısal görüntülemeler, Şekil 1'de detaylı bir şekilde sunulmuştur. Bu görüntülemeler, toz parçacıklarının morfolojik ve yapısal özelliklerini anlamak için önemli görselleri oluşturmaktadır. Toz örneklerinin elementel çözümleme değerleri ise grafikler ve oransal bileşenleri olarak Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu elementel analizler, tozun kimyasal bileşimini ve mineral yapısını anlamak adına önemli bulgular sağlamıştır.





Şekil 1 (a-e). Toz örneğinin 500, 200, 100 ve 50 nm ölçekte elde edilen mikro yapısal görselleri





Şekil 2 (a-e). Toz örneğinin elementel çözümleme değerleri.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Kahramanmaraş depremleri sonrası toplanan toz örneklerinin sağlık açısından incelenmesi amacıyla bir elektron mikroskobu kullanımı ile bir yöntem tasarım modellemesi uygulanmıştır. Bu çalışma, yıkılan binaların molozları ve inşaat faaliyetlerinden kaynaklanan hava kirliliği bileşenlerini kolaylıkla her yönüyle incelemeyi hedeflemiş ve inceleme sonuçları, toz çözümleme yöntem modellemesini geliştirmek için yeterli yapısal ve elementel bulguları sağlamıştır. Bu toz örneklerinin yapısal ve elementel analizlerinin sonuçlarına göre bu partiküllerin canlı sağlığı üzerindeki etkileri konusunda yeterli bilgi ortaya çıkmıştır. Bu bulgular, tozların insan sağlığı üzerindeki dokuncalı etkilerini daha iyi anlamamıza yardımcı olmakta ve hava kirliliğine yönelik gerekli önlemlerin alınması için bilimsel bir temel oluşturmaktadır. Özellikle, toz bökçüklerinde bulunan ağır metaller ve organik bileşiklerin sağlık üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği tespit edilmiştir.

Elde edilen yapısal görüntüler, toz örneklerinde çok miktarda saydam kristal silika bileşenlerinin varlığını, koyu parçacıkların ise grafit veya demir gibi metalik bileşikler bulunduğunu göstermektedir. Şekil 1 (a-e) de gösterildiği gibi, bökçük boyutlarının 50 nm boyutuna kadar çok küçük yapıda olduğunun belirlenmesi, bökçüklerin özellikle akciğerlerde bronşlara ve alveollere kadar ulaşarak burada birikintilere yol açabileceği bilgisini vermektedir. Mineraller, silikatlar, karbonatlar, sülfürler, oksitler, halojenler, sülfatlar ve fosfatlar gibi belirli bir kimyasal bileşime ve kristal yapıya sahip inorganik maddelerden oluşmaktadır. Toz örneğinin elementel çözümleme değerlerinin Şekil 2 (a-e) de görüldüğü gibi belirlenen

elementlere ve oranlarına göre b lek iklerde bulunan minerallerin kimyasal bileşimlerinin öngörüsü yapılabilmektedir. Elde edilen elementel analiz sonuçlarına göre Si, Ca, O, Al, K ve Na elementlerinin varlığı, doğada en bol bulunan silikat mineral grubunu olu turdu unu göstermektedir.   z mlleme sonuçlarına göre kurşun, kadmiyum ve cıva gibi ağır metaller ile kar ıla ılmaması dikkat çekici bir bulgudur. Bu durum yanında, aşırı miktarı canlı ve doğaya karşı dokuncalı olan kükürt ve nitrojen gibi metal olmayan elementlerden kükürt az miktarda bulunmuş, azot ise gözlemlenmemiştir. Bu modellemeye göre, toz örneklerinde silikat minerallerinden kuvars, feldspat, mika ve amfibol varlığının tahmin edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Karbonatlar modellemesine uygun olarak O, C, Ca, Fe ve Mg elementlerin varlığı; kalsit, dolomit ve siderit minerallerinin varlığını öngörmektedir. Ayrıca, hematit, manyetit ve korindon gibi oksit maddeler de Fe, Al ve Ti elementlerini içerir ve bu incelemede elde edilen bu elementler oksitlerin varlığı öngörüsüne uygunluk göstermektedir. Fe metalinin yanı sıra, Al, Ti ve Cr gibi metallerin oldukça nadir bulunduğu görülmektedir. Toz örneklerinde bulunan Ca, Cl, Na ve K gibi elementler, halojenleri oluşturan halid minerallerinin varlığını işaret etmektedir. Bu durum, halit, florit ve silvit minerallerinin bulunma ihtimalini güçlendirmektedir. S ve Ca elementleri ise jips, barit ve anhidrit gibi sülfatların varlığını düşündürmektedir. Ayrıca element analizi, O, C, Si, Ca, Fe ve Cr elementlerinin yüksek miktarlarda bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu elementler, yüksek oranları ile dikkat çekerken, Al, C ve K oranları eser olarak bulunmuştur. Mg, S, Na ve Ti gibi diğer minerallerin yüzde değerleri de oldukça düşük bulunmuştur. Bu  alı ma, toz parçacıklarının çoğunluğunun Fe, C ve O içerdiğini, ayrıca az miktarda Cr, Al, Ca ve Na bulundurdu unu ortaya koymaktadır.   z mllemelerde düşük miktarda Mg elementi gözlemlenmiş ve bu sonca göre toz partiküllerinde az miktarda asbest olabileceğine dair bulgular elde edilmiştir. Ancak, bu sonuçlar asbestin varlığına işaret etse de, bu miktarın çok düşük olduğu ve ciddi tehlike olu turmadı ını göstermiştir.

Bu araştırma, hem canlı sağlığı açısından hem de doğa koruması açısından önlem almaya yönelik önemli bir katkı sunmayı hedeflemiştir. Sağlık açısından deprem sonrası Kahramanmaraş kent merkezi tozlarının incelenmesi için takip edilen bu yöntem tasarım modellemesi hava kalitesini etkileyen kirleticilerin tanımlanması ve sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinin anlaşılması açısından aydınlatıcı veriler ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler, hava kalitesini etkileyen kirleticilerin tanımlanması ve sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinin anlaşılması açısından aydınlatıcı bir rol oynamaktadır. İ aat alanlarında toz kontrol önlemlerinin alınması, temiz ulaşım seçenekleri ve yeşil alanların iyileştirilmesi gibi uygulamalar yanında hava kalitesinin düzenli izlenmesi, kamuoyunun bilinçlendirilmesi ve

zararlı toza maruziyetin azaltılmasının teşvik edilmesi, bu çalışmanın işaret ettiği yaklaşımlardır. Bu bilgiler, etkili stratejiler geliştirmesine yardımcı olarak, kirliliğin azaltılması ve halk sağlığının korunması için gerekli adımların atılmasını sağlamaya ışık tutmakta, sürdürülebilir bir yaşam için toplumsal bilinçlenmeyi artırmayı amaçlamaktadır. Böylece, hem canlıların hem de doğal ekosistemlerin korunması yönünde somut eylemler gerçekleştirilebilmesi için bir temel oluşturulmaktadır. Araştırmanın bulguları, sadece Kahramanmaraş özelinde değil, benzer kentsel alanlarda da hava kalitesi ve halk sağlığına yönelik önemli çıkarımlar yapma fırsatı sunmaktadır.

Bu çalışma, deprem sonrası çevresel etmenlerin sağlık üzerindeki etkilerini anlamada kullanılan verimli ve hassas yöntemlerin geliştirilmesi ve uygulanması açısından önemli bir model oluşturabilir. Sadece afet sonrası sağlık risklerini belirlemekle kalmaz, aynı zamanda yoğun hava kirliliği olan kentlerin çevresel etkilerini önceden tahmin etmek ve bu tür durumlara karşı sağlık önlemleri geliştirmek için de referans oluşturabilir. Böylece, benzer senaryolarda kullanılacak yöntemler ve stratejiler için güvenilir ve verimli bir çalışma yöntemi temeli sağlanabilir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

Adıgüzel, F. (2023). 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık 7.7 mw. ve Elbistan 7.6 mw.) depremleri sonrası Kahramanmaraş şehrinde yaşanan partikül madde kirliliğinin incelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi* (83), 35-43. <https://doi.org/10.17211/tcd.1354765>

Atabey, E. (2014). *Tuberk Toraks*, 63(3), 199–219. <https://doi.org/10.5578/tt.8966>

Baker, K. R., & Schaefer, K. (2018). The role of dust in urban air quality and health effects: A review. *Environmental Pollution*, 237, 819–830. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.007>

Bell, M. L., & Davis, D. L. (2020). Health effects of air pollution: A comprehensive review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 132. <https://doi.org/10.3390/ijerph170100132>

Borai, E. H., El-Sofany, E. A., Abdel-Halim, A. S., & Soliman, A. A. (2002). Speciation of hexavalent chromium in atmospheric particulate samples by selective extraction and ion chromatographic determination. *Trends in Analytical Chemistry*, 21, 741–745.

Bolté, S., Normandin, L., Kennedy, G., & Zayed, J. (2004). Human exposure to respirable manganese in outdoor and indoor air in urban and rural areas. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 67, 459–467.

Cicero, C. E., Mostile, G., Vasta, R., Rapisarda, V., Signorelli, S. S., Ferrante, M., Zappia, M., & Nicoletti, A. (2017). Metals and neuro-degenerative diseases: A systematic review. *Environmental Research*, 159, 82–94. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.07.048>

Ericson, B., Hu, H., Nash, E., Ferraro, G., Sinitsky, J., & Taylor, M. P. (2021). Blood lead levels in low-income and middle-income countries: A systematic review. *The Lancet Planetary Health*, 5, e145–e153.

Fortoul, T. I., Rodriguez-Lara, V., Gonzalez-Villalva, A., Rojas-Lemus, M., Colin-Barenque, L., Bizarro-Nevarés, P., & Cano-Rodríguez, M. C. (2015). Health Effects of Metals in Particulate Matter. InTech. <https://doi.org/10.5772/59749>

Filippelli, G. M., & Taylor, M. P. (2018). Addressing pollution-related global environmental health burdens. *GeoHealth*, 2, 2–5.

Gardner, R. M., Kippler, M., Tofail, F., Bottai, M., Hamadani, J., Grandér, M., Nermell, B., Palm, B., Rasmussen, K. M., & Vahter, M. (2013). Environmental exposure to metals and children's growth to age 5 years: A prospective cohort study. *American Journal of Epidemiology*, 177, 1356–1367.

Glorennec, P., Shendell, D. G., Rasmussen, P. E., Waeber, R., Egeghy, P., Azuma, K., Pelfrène, A., Le Bot, B., Esteve, W., Perouel, G., et al. (2021). Toward setting public health guidelines for chemicals in indoor settled dust? *Indoor Air*, 31, 112–115.

Graham, H. K., & Kyllönen, K. (2017). Urban air quality and health effects: A systematic review of the evidence. *Environmental Research Letters*, 12(5), 053001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6d36>

Gulia, S., Nagendra, S. M. S., Khare, M., & Khanna, I. (2015). Urban air quality management—A review. *Atmospheric Pollution Research*, 6(2), 286–304. <https://doi.org/10.5094/APR.2015.033>

Huat, T. J., Camats-Perna, J., Newcombe, E. A., Valmas, N., Kitazawa, M., & Medeiros, R. (2019). Metal toxicity links to Alzheimer's disease and neuroinflammation. *Journal of Molecular Biology*, 431(9), 1843–1868. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.01.018>

Isley, C. F., Fry, K. L., Liu, X., et al. (2022). International analysis of sources and human health risk associated with trace metal contaminants in residential indoor dust. *Environmental Science & Technology*, 56(2), 1053–1068.

Kurt-Karakus, P. B. (2012). Determination of heavy metals in indoor dust from Istanbul, Turkey: Estimation of the health risk. *Environmental International*, 50, 47–55. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04494>

Krystek, P., & Ritsema, R. (2007). Monitoring of chromium species and 11 selected metals in emission and immission of airborne environment. *International Journal of Mass Spectrometry*, 265, 23–29.

Kumar, P., & Kuhlbusch, T. A. J. (2019). The health impacts of particulate matter from urban sources. *Environmental Health Perspectives*, 127(12), 126001. <https://doi.org/10.1289/EHP4867>

Mazzoli, A., & Favoni, O. (2012). Particle size, size distribution and morphological evaluation of airborne dust particles of diverse woods by scanning electron microscopy and image processing program. *Powder Technology*, 225, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2012.03.033>

Mendez, M., & Boucher, O. (2018). The impact of urbanization on air quality and public health: A review. *Environmental Science & Policy*, 84, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.004>

Moreno, T., Pandolfi, M., Querol, X., Lavín, J., Alastuey, A., Viana, M., & Gibbons, W. M. (2011). Manganese in the urban atmosphere: Identifying anomalous concentrations and sources. *Environmental Science and Pollution Research*, 18, 173–183.

Peters, T. L., Beard, J. D., Umbach, D. M., Allen, K., Keller, J., Mariosa, D., Sandler, D. P., Schmidt, S., Fang, F., Ye, W., & Kamel, F. (2016). Blood levels of trace metals and amyotrophic lateral sclerosis. *Neurotoxicology*, 54, 119–126.

Pope, C. A., & Dockery, D. W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. *Journal of Air & Waste Management Association*, 56(6), 709–742. <https://doi.org/10.1080/10473289.2006.10464485>

Scimeca, M., Bischetti, S., Lamsira, H. K., Bonfiglio, R., & Bonanno, E. (2018). Energy Dispersive X-ray (EDX) microanalysis: A powerful tool in biomedical research and diagnosis. *European Journal of Histochemistry*, 62(1), 2841. <https://doi.org/10.4081/ejh.2018.2841>

Sethi, V., & Rath, S. (2020). Urban air quality: Sources and mitigation strategies. *Atmosphere*, 11(3), 240. <https://doi.org/10.3390/atmos11030240> Ščancar, J., & Milačič, R. (2014). A critical overview of Cr speciation analysis based on high performance liquid chromatography and spectrometric techniques. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 29, 427–443.

Taşdemir, S., & Cuci, Y. (2017). Kahramanmaraş ın Kuru Çökelme Durumunun İncelenmesi. *KSÜ Journal of Engineering Sciences*, 20(3), 56–67.

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2020). Particulate matter (PM) basics. Retrieved from <https://www.epa.gov/pmpollution/particulate-matter-pm-basics>

Warren, R. (1987). Heavy metals in urban street surface sediments. Middlesex Polytechnic. <https://repository.mdx.ac.uk/item/84w93>

World Health Organization (WHO). (2021). Air quality and health. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/air-quality-and-health>

Wong, P. K., & Kwan, H. S. (2019). Sources and characteristics of urban dust in relation to health risks. *Atmospheric Environment*, 203, 195–205. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.02.019>

Zatta, P., Lucchini, R., van Rensburg, S. J., & Taylor, A. (2003). The role of metals in neurodegenerative processes: Aluminum, manganese, and zinc. *Brain Research Bulletin*, 62, 15–28.