

ÇERKEZKÖY ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNDE POLİAROMATİK HİDROKARBON (PAH) VE AĞIR METAL SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Faruk DİNÇER(*), Özgen ERCAN, Özcan CEYLAN

TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Gebze/Kocaeli

ÖZET

Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi, farklı alanlarda faaliyet gösteren çok sayıda tesisi olması sebebiyle hava kirliliği problemleri yaşamaktadır. Bölgedeki hava kirliliğinin mekânsal dağılımı dış hava ortamında poliaromatik hidrokarbon (PAH) ve ağır metal (Pb, Cd, As, Ni) konsantrasyonlarının ölçülmesi ile incelenmiştir. PAH'ların ve ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla bölgede sekiz farklı noktadan 2011 – 2013 yılları arasında periyodik örneklemeler gerçekleştirilmiştir. PAH örneklemeleri için poliüretan köpük (PUF) içeren yüksek hacimli örnekleyiciler, ağır metal örneklemeleri için gravimetrik partikül madde örnekleme cihazları kullanılmıştır. Çalışma kapsamında toplanan PAH örnekleri gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC/MS), ağır metal örnekleri ICP/MS cihazları ile analiz edilmiştir. Analizlenen Σ_{16} -PAH bileşiği için dış hava konsantrasyonları 31 ile 153 ng/m³ (ortalama \pm standart sapma, 80 \pm 39 ng/m³) arasında değişmektedir. PAH konsantrasyonlarının dış havadaki mekânsal dağılımı, PAH kaynaklarının bölgede demir-çelik sektöründe faaliyet gösteren tesisler olduğunu göstermiştir. Örnekleme ve analizleri gerçekleştirilen ağır metaller arasında en yüksek konsantrasyona Ni sahiptir. Arsenik konsantrasyonu özellikle kömür kullanan dokuma-giyim sanayideki tesisler ile demir-çelik sektöründe faaliyet gösteren tesislere yakın ölçüm noktalarında Hava Kalitesinin Denetimi ve Yönetimi Yönetmeliğinde verilen hedef sınır değeri aşmaktadır.

ABSTRACT

Çerkezköy Industrial Organized District suffers air pollution problems due to the large number of plants operating in different sectors. The spatial distribution of air pollution is investigated by measuring ambient levels of polyaromatic hydrocarbons (PAHs) and heavy metals (Pb, Cd, As, Ni) in the region. PAHs and heavy metal concentrations are determined at 8 different sampling points between the years of 2011 and 2013. High-volume samplers containing polyurethane foam (PUF) are used for PAH sampling, gravimetric particulate matter sampling devices are used for heavy metals sampling. PAH analyses are conducted using gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS), heavy metals are analyzed by using ICP/MS. Total PAH (Σ_{16} -PAH) levels are found between 31 to 153 ng/m³ (avg. \pm std. 80 \pm 39 ng/m³). Spatial distribution of ambient air concentrations of PAH shows that the iron and steel industries in the region are the sources of PAH. Nickel has the highest concentration levels among the other heavy metals that are sampled and analyzed. Arsenic concentrations exceed the limit value targeted in the Regulation of Air Quality Assessment and Management

* faruk.dincer@tubitak.gov.tr

(HKDYY), especially at the points near to textile industries utilize coal and iron and steel industries.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

PAH, Ağır Metal, GC/MS, ICP/MS, As

1. GİRİŞ

Poliaromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) hem doğal hem de antropojenik kaynaklardan atmosfere yayılırlar. Orman yangınları, volkanik aktiviteler, bakteri ve bitkiler tarafından biyosentez yoluyla atmosfere yayılma PAH'ların başlıca doğal kaynaklarıdır. PAH bileşikleri doğal kaynaklara kıyasla daha çok insan aktiviteleri sonucu oluşmaktadır. Fosil yakıtlar, atık yakma, araç egzozları ve endüstriyel faaliyetlerde eksik yanma sonucu oluşan ara ürünler ise PAH'ların bilinen önemli antropojenik kaynaklarını oluşturmaktadır (Debastani ve Ivanov, 1999, Demircioğlu vd., 2011a). Bu kirleticiler, doğada uzun süre bozulmadan kalabilme, besin zinciri vasıtasıyla canlı yapısında birikme ve zehirli etkileri nedeniyle sağlık sorunlarına yol açmaktadırlar. PAH'ların çoğu mutajenik ve/veya kanserojenik özellik gösterir (Netto vd., 2007, Osgood vd., 2013).

İz elementler, doğal (deniz spreyi, toprak tozu, volkanik aktiviteler, vb.) ve antropojenik (sanayi tesislerinden, termik santrallerden, ısınma sistemlerinden, trafik kaynaklı, atık yakma sistemlerinden, vb.) kaynaklardan atmosfere yayılmaktadırlar. (Pereira vd. 2007; Sharma vd 2008; Kara vd., 2014). Atmosferik kirleticilerin emisyonlarını azaltma çabalarına rağmen atmosferde metal içeriği çevre ve insan sağlığı için potansiyel bir tehdit olarak kabul edilmektedir (Connan vd 2013).

PAH'ların kronik (uzun süreli) solunması akciğer, karaciğer ya da böbrek gibi organlara zarar verebilir. Buna ek olarak, bazı metallerin (krom, kadmiyum, berilyum ve arsenik) ve PAH bileşiklerinin (benzo(a)antrasen, krisen ve benzo(a)piren) kanserojen oldukları bilinmektedir (Gaga, 2004; Ke vd., 2007).

Çevresel politikalar farklı kirleticiler için sıkı emisyon limitleri getirmektedir. Bununla birlikte kirleticilerin dış hava ortamında izlenmesine yönelik çalışmalar; (1) baca gazı arıtma sistemlerinin düzgün çalışıp çalışmadığının belirlenmesi açısından, (2) kirleticilerin çevresel düzeylerinin belirlenmesi amacıyla, (3) çevresel maruziyet ve sağlık etkilerinin farklı kirletici kaynaklar ile ilişkisini değerlendirmek amacıyla ve (4) emisyon kaynaklarında çevre ve insan sağlığını korumak için gerekli önlemlerin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Bu bağlamda, hava kalitesi izleme çalışmaları büyük önem arz etmektedir (Raun vd., 2005).

Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi; Çerkezköy ve Kapaklı olmak üzere iki belediye sınırı içerisinde kalan yaklaşık 1234 ha alanı ile Türkiye'nin en büyük ve en köklü sanayi bölgelerinden biridir. Bölge dâhilinde toplam 362 sanayi parseli bulunmakta olup, bu parsellerden 272'si üretim, inşaat ve proje aşamasındadır. Bölge firmaları; tekstil, kimya, plastik, demir dışı metaller, demir ve çelik, lastik sanayi, elektrikli makineler, gıda sanayi, petrol ürünleri, orman sanayi, cam sanayi, elektronik sanayi, kâğıt sanayi, deri ve deri mamulleri sanayi, içki sanayi, tarım aletleri ve makineleri sanayi sektörlerinde faaliyetlerine devam etmektedirler.

Yukarıda belirtilen Organize Sanayi Bölgesinde 2011, 2012 ve 2013 yılları içerisinde 8 farklı noktada hava kalitesi izleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında belirlenen noktalarda PAH ve ağır metal örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı örnekleme çalışmaları gerçekleştirilen kirleticilerin dış ortam havasındaki seviyeleri ile mekansal değişimlerinin belirlenmesidir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Örnekleme noktaları

Çerkezköy OSB içinde belirlenmiş olan 8 farklı noktada farklı dönemlerde 24 saatlik sürelerle örnekleme yapılarak numuneler analiz edilmiştir. Örnekleme ve analiz çalışmaları gerçekleştirilen noktalara ait bilgiler Tablo 1 ve Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 1. PAH ve Ağır Metal Örnekleme Noktalarına Ait Bilgiler

Nokta No	Örnekleme Tarihi	Nokta Adı	Koordinatlar
1	12-13.07.2011	7. Sokak	41° 18.234'K; 27° 58.311'D
2	20-21.10.2011	Çerkezköy OSB Müdürlüğü	41° 18.896'K; 27° 58.689'D
3	22-23.02.2012	1. Sokak	41° 18.525'K; 27° 58.517'D
4	17-18.05.2012	Gaffar Okkan Caddesi	41° 17.930'K; 27° 59.089'D
5	27-28.07.2012	Yıldız Sokak	41° 17.199'K; 27° 57.930'D
6	20-21.11.2012	Fatih Bulvarı (BEKS Çorap Arsası)	41° 18.034'K; 27° 58.248'D
7	20-21.02.2013	9. Sokak	41° 18.099'K; 27° 58.005'D
8	21-22.05.2013	Fatih Bulvarı (HEMA Döküm Arsası)	41° 17.740'K; 27° 58.025'D



Şekil 1. PAH ve ağır metal örnekleme noktaları

PAH örneklemeleri 0.225 m³/dk çekiş hızına sahip Andersen marka yüksek hacimli PUF örnekleyiciler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gaz fazı örnekleri poliüretan köpük (PUF) kartuşlarında, partikül madde örnekleri quartz filtreler üzerinde toplanmıştır. Ağır metal örnekleme için quartz filtre üzerine düşük hacimli toz örnekleyiciler (MCS LVS16) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Filtrelerin ilk ve son tartımları şartlandırma odası koşullarında 48 saat bekletildikten sonra yapılmıştır.

2.2. Analitik prosedür

PAH konsantrasyonları Agilent Marka Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi kullanılarak belirlenmiştir. Analiz öncesinde örnekler 24 saat süreyle, ¼ diklorometan-petrol eteri karışımıyla Soxhlet sistemi kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Ekstrakte edilen örnekler Florisil kolonlardan geçirilerek girişim yapabilecek bileşenlerden arındırılmış ve hacimler saf azot altında 1ml'ye indirilerek analize hazır hale getirilmiştir. GC-MS sisteminde HP-5 MS kapiler kolon (30 m x 0.25 mm iç çap x 0.25 µm film kalınlığı) kullanılmış ve enjeksiyonlar 280°C'lik enjeksiyon noktasına seyreltmesiz olarak gerçekleştirilmiştir. Kromatografi fırını sıcaklık programı olarak "70 °C'de 4 dk bekle, 7 °C/dk artış ile 250 °C'a çık ve beklemeden 5 °C/dk artış ile 300 °C'ye çıkararak 8 dk bekle" kullanılmıştır. PAH bileşikleri, varış sürelerinin yanında, birincil ve ikincil niteleyici iyonlarının tanımlanmasıyla belirlenmiştir.

Ağır metal (Pb, Cd, As, Ni) analizleri İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) (Thermo X7) cihazında gerçekleştirilmiştir. ICP-MS cihazı ile analizden önce filtreler mikrodalga ile çözündürme işlemine tabi tutulmuştur. Filtreler teflon hücrelere alınarak üzerlerine belirli oranda HNO₃, HCl ve HF çözeltileri eklenmiş ve mikrodalga fırında 2-3 dk ısıtılarak çözündürme işlemi gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR

3.1. PAH sonuçları

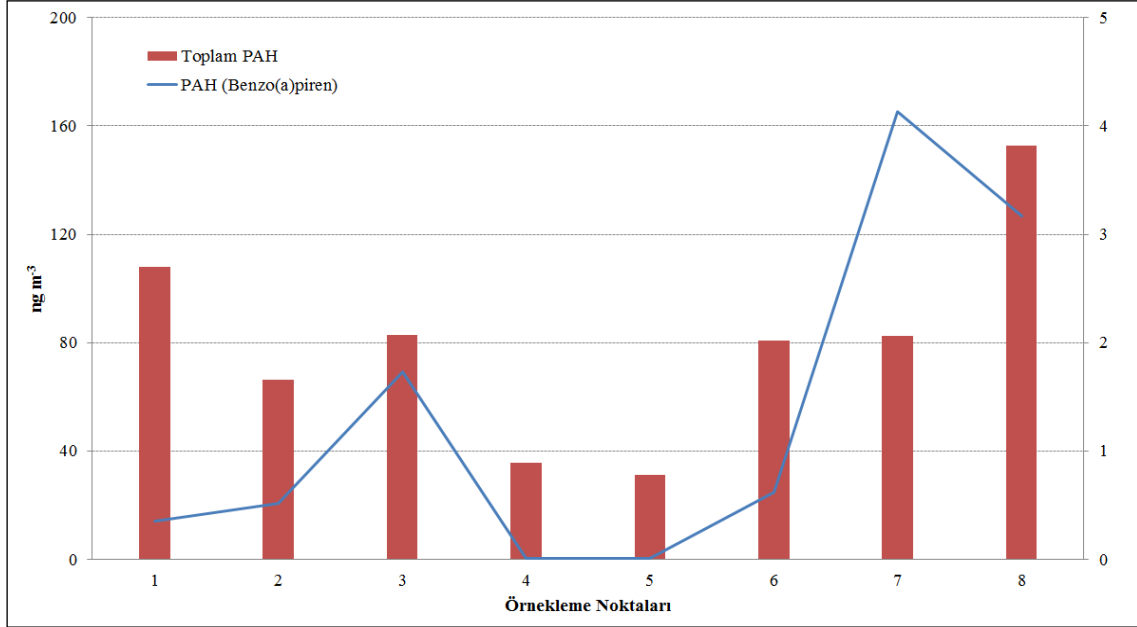
Çerkezköy OSB içerisinde farklı zamanlarda toplam 8 noktada örneklenen numunelerin PAH konsantrasyonları Şekil 2'de görülmektedir. En yüksek toplam PAH konsantrasyonu "8" numaralı noktada, en yüksek BaP konsantrasyonu ise "7" numaralı noktada ölçülmüştür.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde (2008) Benzo(a)piren (BaP) için 1 Ocak 2020 yılı için 1 ng m⁻³ sınır değeri verilmiştir. Şekil 2'de verilen BaP konsantrasyonları Yönetmelik kapsamında irdelendiğinde "3", "7" ve "8" numaralı örnekleme noktalarında bu sınır değerini aştığı görülmektedir. Diğer noktalarda ise sınır değeri aşılmamaktadır.

Mekansal olarak bakıldığında dokuma ve giyim sanayi sektöründeki tesisler ile demir-çelik sanayi alanında faaliyet gösteren tesislere yakın olan ölçüm noktalarında ölçülen konsantrasyonların daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum kuşkusuz PAH bileşenleri için önemli bir kaynak olan fosil yakıt yakılmasının söz konusu tesislerde gerçekleştirilmesi ile ilişkilidir.

Bu çalışmada bulunan PAH konsantrasyon değerleri literatürde verilen diğer konsantrasyon seviyeleri ile benzerlik göstermektedir. Demircioğlu ve arkadaşları (2011b) İzmir'de yapmış oldukları çalışmada toplam PAH konsantrasyonlarını kentsel alan için 144.2 ng/m³, yarıkürsal alan için 35.8 ng/m³ olarak rapor edilmiştir. ABD'nin Şikago kentinde yapılmış olan diğer bir

çalışmada ise toplam PAH konsantrasyon seviyeleri 428 ng/m^3 olarak bulunmuştur (Odabaşı vd., 1999).



Şekil 2. PAH ve BaP ölçüm sonuçları (ng m^{-3})

3.2. Ağır metal analiz sonuçları

Çerkezköy OSB içerisinde farklı zamanlarda toplam 8 noktada örneklenen numunelerin ağır metal analiz sonuçları Tablo 2 ve Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Ağır metal analiz sonuçları

Parametre	Birim	Örneklem Noktaları				Sınır Değer
		1	2	3	4	
PM ₁₀ içinde Pb	(μg/m ³)	0.0160	0.0172	0.0376	0.0093	1.4 ^a / 1.2 ^b
PM ₁₀ içinde Cd		0.0004	0.0006	0.0011	0.0002	0.028 ^a / 0.024 ^b
PM ₁₀ içinde As	(ng/m ³)	12.25	5.18	11.41	3.45	6 ^c
PM ₁₀ içinde Ni		12.24	<0.89	14.91	17.32	20 ^c

^a SKHKKY, Tablo 2.2 Tesis Etki Alanında Uzun Vadeli, Kısa Vadeli Sınır Değerler ve Kademeli Azaltım Tablosu, 2011 yılı için verilen sınır değer

^b SKHKKY, Tablo 2.2 Tesis Etki Alanında Uzun Vadeli, Kısa Vadeli Sınır Değerler ve Kademeli Azaltım Tablosu, 2012 yılı için verilen sınır değer

^c HKDYY Ek-I C 01 Ocak 2020 için verilen hedef değerler

Tablo 3. Ağır metal analiz sonuçları

Parametre	Birim	Örnekleme Noktaları				Sınır Değer
		5	6	7	8	
PM ₁₀ içinde Pb	(µg/m ³)	0.0160	0.0172	0.0376	0.0093	1.2 ^a / 1.0 ^b
PM ₁₀ içinde Cd		0.0004	0.0006	0.0011	0.0002	0.024 ^a / 0.020 ^b
PM ₁₀ içinde As	(ng/m ³)	12.25	5.18	11.41	3.45	6 ^c
PM ₁₀ içinde Ni		12.24	<0.89	14.91	17.32	20 ^c

^a SKHKKY, Tablo 2.2 Tesis Etki Alanında Uzun Vadeli, Kısa Vadeli Sınır Değerler ve Kademeli Azaltım Tablosu, 2012 yılı için verilen sınır değer

^b SKHKKY, Tablo 2.2 Tesis Etki Alanında Uzun Vadeli, Kısa Vadeli Sınır Değerler ve Kademeli Azaltım Tablosu, 2013 yılı için verilen sınır değer

^c HKDYY Ek-I C 01 Ocak 2020 için verilen hedef değerler

Tablo 2 ve Tablo 3’de verilen analiz sonuçları incelendiğinde;

- “1”, “3” ve “6” numaralı ölçüm noktalarında “As” parametresinin HKDYY Ek-1 C’de 01 Ocak 2020 için verilen sınır değerinin üzerinde olduğu, diğer parametrelerin sınır değerlerinin altında olduğu,
- “2”, “4”, “5”, “7” ve “8” numaralı ölçüm noktalarında tüm parametrelerin sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Dış ortam havasında arsenik, metal eritme ve ergitme yapılan tesislerden ve fosil yakıt (özellikle kömür) yakılmasından kaynaklanmaktadır (EC, 2001). “1”, “3” ve “6” numaralı ölçüm noktalarında yüksek arsenik konsantrasyonlarının bulunması bu noktaların çevresinde bulunan kömür yakan dokuma ve giyim sanayi sektöründeki tesisler ile demir-çelik sanayi alanında faaliyet gösteren tesislerden kaynaklanmaktadır.

Cd ve Pb antropojenik kaynaklı emisyonlarda bulunan elementlerdir. Bu çalışmada bulunan Cd ve Pb seviyeleri İzmir’de Kemalpaşa (sırasıyla 36 ng/m³ ve 154 ng/m³) ve Sanayi Bölgesi (sırasıyla 24 ng/m³ ve 433 ng/m³) (Yatkın ve Bayram, 2008) ile Yeşildere (şehir) (sırasıyla 2 ng/m³ ve 115 ng/m³) ve Tınaztepe (sırasıyla 2 ng/m³ ve 61 ng/m³) (yarıkır) (Yatkın ve Bayram, 2007) bölgelerinde yapılan çalışmalarda bulunan konsantrasyon değerlerinden daha düşüktür.

Ni yakıt yakılmasından kaynaklı bir elementtir. Bu çalışmada bulunan Ni seviyeleri bazı noktalarda İzmir’de yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermekte, bazı noktalarda ise daha düşüktür.

Bu çalışmada bulunan As konsantrasyonları İspanya’da atık yakma tesisi etki alanında yapılmış olan çalışmadan daha yüksektir. Mari ve arkadaşları (2008) Adria de Besos’da (İspanya) bulunan bir katı atık yakma tesisi etki alanında yaptıkları çalışmada As konsantrasyonunu 0.6 ng/m³ olarak rapor etmişlerdir.

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesindeki hava kirliliğinin mekânsal dağılımı dış hava ortamında poliaromatik hidrokarbon (PAH) ve ağır metal (Pb, Cd, As, Ni) konsantrasyonlarının ölçülmesi ile incelenmiştir. PAH'ların ve ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla bölgede sekiz farklı noktadan 2011 – 2013 yılları arasında periyodik örneklemeler gerçekleştirilmiştir. PAH konsantrasyonları literatürde bulunan diğer çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Metal konsantrasyonları ülkemizde yapılan diğer çalışmalarda bulunan seviyelerden daha düşük bulunmuştur.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde Benzo(a)piren (BaP) için 1 Ocak 2020 yılı için 1 ng m^{-3} , As için 6 ng m^{-3} sınır değerleri verilmiştir. Mekansal olarak sonuçlar değerlendirildiğinde OSB içindeki bazı noktalarda söz konusu kirleticilerin sınır değeri aştığı görülmektedir.

DF, PAH ve metal sonuçlarına bakıldığında tesisin güney kısmında bulunan İtfaiye noktasında sonuçların daha yüksek oldukları görülmektedir. DF ve PAH seviyeleri kış aylarında artış göstermektedir. Metal seviyelerinde mevsimsel bir farklılık bulunamamıştır.

Çalışmanın devamı olarak, kirleticilerin mevsimsel farklılıklarının ortaya konulması için zamansal ölçümlerin yapılması ayrıca alıcı ortam modelleri ve istatistiksel yöntemler kullanılarak örnekler ve kirleticiler arasında bir ilişki olup olmadığının araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Connan, O., Maro, D., Hébert, D., Roupsard, P., Goujon, R., Letellier, B., Le Cavalier, S., 2013. Wet and dry deposition of particles associated metals (Cd, Pb, Zn, Ni, Hg) in a rural wetland site, Marais Vernier, France. *Atmospheric Environment* 67, 394-403.

Dabestani, R., Ivanov, I.N., 1999. A compilation of physical, spectroscopic and photophysical properties of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Photochemistry and Photobiology* 70, 10-34.

Demircioğlu, E., Sofuoğlu, A., Odabaşı, M., 2011a. Particle-phase dry deposition and air-soil gas exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Izmir, Turkey. *Journal of Hazardous Materials* 186, 328-335.

Demircioğlu, E., Sofuoğlu, A., Odabaşı, M., 2011b. Atmospheric Concentrations and Phase Partitioning of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Izmir, Turkey. *Clean – Soil, Air, Water* 39, 319-327

European Communities, 2001. Ambient Air Pollution by As, Cd and Ni Compounds, Office for Official Publications of the European Communities, No. KH-41-01-349-EN-N.

Gaga, E. O., 2004. *Investigation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Deposition in Ankara*. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

Kara, M., Dumanoglu, Y., Altiok, H., Elbir, T., Odabasi, M., Bayram, A., 2014. Seasonal and spatial variations of atmospheric trace elemental deposition in the Aliaga industrial region, Turkey. *Atmospheric Research* 149, 204-216.

Ke, Q., Costa, M., Kazantzis, G., Gunnar, F.N., Bruce, A.F., Monica, N., Lars, T.F., 2007. Carcinogenicity of Metal Compounds, Handbook on the Toxicology of Metals, Burlington, pp. 177-196.

Mari, M., Nadal, M., Schuhmacher, M., Domingo, J.L., 2008. Monitoring PCDD/Fs, PCBs and metals in the ambient air of an industrial area of Catalonia, Spain. *Chemosphere* 73, 990-998.

Netto, A.D.P., Barreto, R.P., Moreira, J.C., Arbilla, G., 2007. Spatial distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in *Terminalia catappa* L. (Combretaceae) bark from a selected heavy road traffic area of Rio de Janeiro City, Brazil. *Journal of Hazardous Materials* 142, 389-396.

Odabaşı, M., Vardar, N., Sofuoğlu, A., Taşdemir, Y., Holsen, T.M., 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs) in Chicago air. *Science of the Total Environment* 227, 57-67.

Osgood, R.S., Upham, B.L., Hill, T., Helms, K.L., Velmurugan, K., Babica, P., Bauer, A.K., 2013. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon-Induced Signaling Events Relevant to Inflammation and Tumorigenesis in Lung Cells Are Dependent on Molecular Structure. *Plos One* 8, e65150.

Pereira, P.P.A., Lopes, W.A., Carvalho, L.S., Rocha, G.O., Bahia, N.C., Loyola, J., Quiterio, S.O., Escaleira, V., Arbilla, G., Andrade, J.B., 2007. Atmospheric Concentration And Dry Deposition Fluxes Of Particulate Trace Metals In Salvador, Bahia, Brazil. *Atmospheric Environment* 41, 7837-7850.

Raun, L.H., Correa, O., Rifai, H., Suarez, M., Koenig, L., 2005. Statistical investigation of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans in the ambient air of Houston, Texas. *Chemosphere* 60, 973-989.

Sharma, R.K., Agrawal, M., Marshall, F.M., 2008. Atmospheric deposition of heavy metals (Cu, Zn, Cd and Pb) in Varanasi City, India. *Environmental Monitoring Assessment* 142, 269-278.

Yatkin, S., Bayram, A., 2008. Kemalpaşa bölgesinde partikül madde ve element kaynaklarının CMB (Chemical Mass Balance) modeli kullanılarak belirlenmesi. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 22-25 Ekim 2008, Hatay, Türkiye.

Yatkin, S., Bayram, A., 2007. Elemental composition and sources of particulate matter in the ambient air of a metropolitan city. *Atmospheric Research* 85, 126-139.