

KOCAELİ İLİ YOL TOZLARINDA POLİKLORLU BİFENİL SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Demet ARSLANBAŞ^(*), Mihriban CİVAN

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmit/Kocaeli

ÖZET

Yol tozu, geçirimsiz asfalt yüzey üzerinde biriken tozu ifade eden kompleks çevresel bir matriksdir. Yol tozu örneklemeinin birincil faydası kolay bulunabilirliği, çok çeşitli kaynaklardan gelen kirlilik seviyelerini yansıtabilmesi ve organik ve inorganik bileşiklerin çevresel akıbetleri ve geçiş yolları için bir indikatör özelliği göstermesidir.

Bu çalışmada yol tozu örneklerinde Poliklorlu Bifenillerin (PCB) seviyelerinin araştırılması amaçlanmıştır. Yol tozları Kocaeli ilinde 3 farklı bölgeden alınmıştır. Bölgeler trafik yoğunluğuna göre belirlenmiştir. Örnekler 3 farklı boyuta (63, 100, 250 µm) elenerek GC-MS cihazıyla analiz edilmiştir. En yüksek toplam PCB seviyesi araç yükü açısından en yoğun olan (45.000 araç/gün) otoyol bölgesinde bulunurken en düşük değerler araç yükü 4000 araç / gün olan Umuttepe’de belirlenmiştir. Ortalama değerler 1,70 µg/kg ile 310,16 µg/kg seviyeleri arasında bulunmuştur.

Analiz sonuçları 3 farklı boyut bazında değerlendirildiğinde en yüksek tutulumun 100 µm ve 250 µm boyutundaki tozlarda olduğu görülmüştür. Bu da bulunan kirlетici seviyelerinin lokal kaynak bazlı olduğunu göstermektedir.

ABSTRACT

Street dust as a complex environmental matrix refers to the load of deposited dust on an imperviously paved surface. Furthermore, the term street dust refers not only to dust that exists on surfaces on the road, but also to dust that accumulates on paved surfaces at industrial sites originating from processes taking place at those premises.

In the current study the occurrence of polychlorinated biphenyles (PCBs) in street dust sample was investigated. Street dust samples was taken from three different area in Kocaeli. Area was defined of traffic load. Samples were eliminated 3 different size (63, 100, 250 µm) and were analyzed with GC –MS system. The highest $\sum_{14}$ PCBs levels were found at highway. Awareness PCB concentration ranged 1,70 µg/kg to 310,16 µg/kg.

The highest involvement in different-sized powder was determined 100 and 250 µm sizes. This shows that the levels of pollutants based on available local resources.

* demetars@kocaeli.edu.tr

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Yol Tozu, Partikül Boyutu, PCB, GC-MS

1. GİRİŞ

Poliklorlu bifeniller (PCB), Kalıcı Organik Kirleticiler (KOK) sınıfına ait önemli bir kirleticisi olarak son yıllarda çokça araştırılan bir kirleticisi grubudur. Antropojenik faaliyetler sonucu havaya salınan bu kirleticiler toksik etkilerinin fark edilmesiyle birlikte 20. yy son çeyreğinden itibaren Amerika Birleşik Devletleri ve Bazı Avrupa ülkelerinde kullanımı kısıtlanmaya ve yasaklanmaya başlamıştır. Bu yasaklanma tedbirlerine rağmen kirlenmiş bölgelerden buharlaşma yoluyla ve atık yakma gibi nedenlerle atmosfere salınımları olabilmektedir. (Bozlaker vd., 2008; Breivik vd., 2002). Uzun yarılanma ömürlerine sahip olmaları PCB'lerin biyolojik olarak birikim yapmalarına, kalıcı olmalarına, toksik etki göstermelerine ve uzun mesafe taşınabilmelerine olanak sağlamaktadır.

Aromatik klorlu bileşik olarak kabul edilen PCB'ler, değişik karbon atomlarına bağlanmış iki benzen halkası ile tek bir zincirden oluşan kararlı organik kimyasallar arasında yer almaktadırlar. PCB'ler diğer organik kirleticilere göre toprakta daha çok birikim yapmaktadırlar (Batterman vd., 2009). PCB konsantrasyonlarının fazla olduğu bölgeler şehir merkezleri, sanayi alanları, yaşamsal bölgeler ve yeşil alanlardır (Wang vd., 2008).

PCB'ler özellikle biyolojik birikim yapabilme ve kanserojen olmaları açısından çok önemlidir. Atmosfere atılan partikül veya gaz fazındaki PCB emisyonları, kısa veya uzun mesafeli taşınım ve ıslak yada kuru çökme ile atmosferden uzaklaşarak toprak, sucul ortam ve bitki örtüsünde birikirler. Sucul ortamda biriken bileşiklerin bir kısmı buharlaşarak sudan uzaklaşırken, bir kısmı sucul ortamda partiküllere tutunarak sedimentlerde birikir, bir kısmı da su canlılarında birikim gösterirler. Bitkilerde ve su canlılarında biriken bileşikler besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşabilmektedirler (ATSDR, 2000). Toprakta biriken PCB bileşikleri toprağın organik fraksiyonuna çok sıkı tutunur ve yağmur suyu gibi etkenler olsa da toprakta çok fazla hareket etmez ve yıllarca toprakta kalabilir (Çetindamar vd., 2014). Tüm bu özellikleri nedeniyle 2001 Stockholm sözleşmesi kapsamında Kalıcı Organik Kirleticiler içinde "Ek A Ortadan kaldırılması söz konusu maddeler" grubuna alınarak kullanımı yasaklanmıştır. Türkiye sözleşmeyi 2001'de imzalamıştır. 2006 da hazırladığı eylem planı kapsamında 2025 yılına kadar tüm sorumluluklarını yerine getirmekle yükümlüdür (Dönmez, 2012).

Yol tozu geçirimsiz asfalt yüzey üzerinde biriken tozu ifade eden kompleks çevresel bir matriksdir. Yol tozu örnekleme ve birincil faydası kolay bulunabilirliği, çok çeşitli kaynaklardan gelen kirlilik seviyelerini yansıtabilmesi ve organik ve inorganik bileşiklerin çevresel akıbetleri ve geçiş yolları için bir indikatör özelliği göstermesidir (Klees vd., 2015). Buna rağmen yol tozunda PCB seviyelerinin belirlenmesi konusunda yapılan çalışmalar çok az sayıdadır (Yang and Baumann, 1996; Irvine ve Loganathan, 1998). Bunu aksine birçok içortom ev tozu çalışması yayınlanmıştır (Harrad vd., 2006, 2010; Deizel vd., 2012).

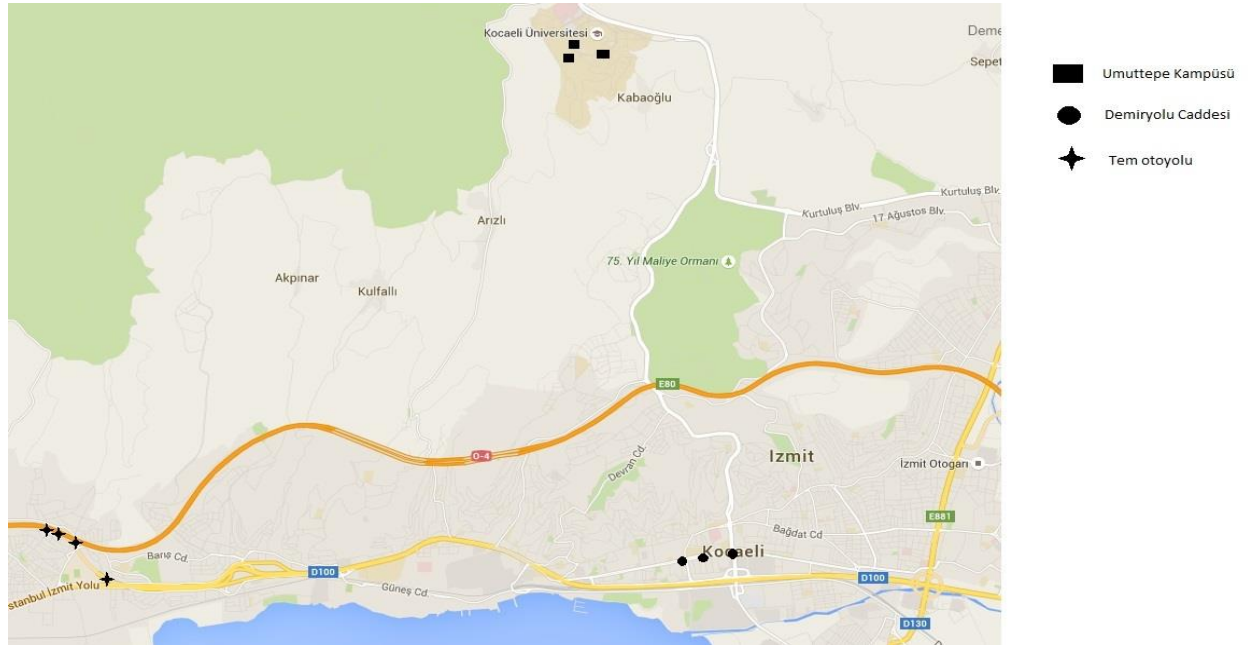
Bu çalışmada trafik yükü ve nüfus yoğunluğu açısından önemli bir metropol olan Kocaeli ilinde araç yoğunluğu açısından farklı özellik gösteren 3 ayrı bölgeden alınan yol tozları 3 ayrı boyuta ayrılarak PCB konsantrasyonları yönünden incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL METOD

2.1. Çalışma bölgesi

Çalışmanın gerçekleştirildiği Kocaeli ili coğrafi olarak kritik bir bölgede yer alan bir endüstri kentidir. Kocaeli, yüzölçümü en küçük olan iller arasında (Türkiye'nin 8.küçük ili, 3.626 km²) olmasına karşılık nüfus yoğunluğu (Türkiye'de 2.il) nedeniyle çevre kirliliği incelemelerinde öne çıkan bir bölge olma özelliği taşımaktadır.

Bu özelliğine bağlı olarak yoğun nüfus ve trafiğin iç içe olduğu bir ildir. Özellikle son 50 yılda görülen hızlı endüstriyel gelişimi nedeniyle Kocaeli, burada yaşayan insanların kirlenmeye maruziyetinin belirlenmesi için yapılacak çalışmalarda öncelikli bölge konumundadır. Anadolu ile Avrupa yakası arasındaki geçiş noktası olması nedeniyle trafik yükü ve günlük araç sayısı anlamında hava kirliliği açısından etkin bir kaynak olarak dikkat çekmektedir.



Şekil 1. Çalışma Bölgesi

2.2. Örneklerin alınması

Kocaeli ilinde trafik yoğunluğuna göre belirlenen 3 ayrı bölgeden (Umuttepe Kampüsü-A1, A2, A3, Demiryolu Caddesi-B1, B2, B3 ve TEM otoyolu tünel içi ve dışı-C1, C2, C3, C4) olmak üzere toplam 10 örnek yolun hemen kenarında belirlenen 1 m²'lik alandan uygun ekipmanlarla alınarak uygun saklama şartlarında laboratuvar ortamına getirilmiştir.

2.3. Numune hazırlama

Laboratuvar ortamına taşınan numunelerin hazırlığı için önce kalibrasyon çalışması yapıldı. Kalibrasyon için 15 izomerden oluşan PCB karışımı ve geri kazanım (recovery) standardı olarak sertifikalı 2,4,6-Triklorobifenil ve 2,2',3,4,4',5,5',6-Oktaklorobifenil izomerleri Absolute'dan temin edildi. Numuneler öncelikle kıl, çöp gibi maddeler temizlenerek üç farklı boyutta (63, 100 ve 250 µm) elendi ve amber cam şişelere konularak buzdolabı ortamında saklandı.

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

Ekstraksiyon için 2 gr tartılan numunelere recovery standard enjekte edilerek 15 ml aseton:hegzan karışımı ilave edilip bütün gece oda sıcaklığında bekletildi. Ertesi gün numuneler ultrasonik banyoda 1 saat boyunca işleminden geçirildi. Örneklerin sıvı fazı alınarak üzerine hegzan ilave edilerek solvent değiştirme yapıldı ve sonrasında azot gazı altında özenleştirme işlemi için miktarları 1-2 ml'ye kadar düşürüldü.

2.4. Clean-up (temizleme)

Temizleme kolonu için silika jel, alumina ve susuz sodyum sülfat kullanılmıştır. Bu kimyasalların kolon için hazırlanması aşağıdaki gibidir:

Silika jel, 130 C⁰'de etüvde bütün gece (16 saat) bekletilir. Desikatörde soğutulduktan sonra balon jojoye alınır. Daha sonra deiyonize su ile ıslatılıp iyice çalkalanarak % 5 oranında deaktive edilir. Her 3 gr silica gel için 140 µL deiyonize su koyulur. İyice çalkalanır. Oda sıcaklığında karanlıkta 1 saat bekletilir ve daha sonra 12 saat içinde kolonda kullanılır.

Alumina ve sodium sulfate 450 C⁰'lik fırında 6-7 saat yakılarak aktive edilir: Her 2 gr alumina için 125 µL deiyonize su koyulur ve %6 oranında deaktive edilmiş olur. Cam yünü ise hegzan ile yıkanıp süzildikten sonra etüvde kurutulur.

Temizleme kolonunda (L: 20 cm, D:1 cm) sırasıyla 1 gr cam yünü, 3 gr silica jel, 2 gr alumina ve en üstte sodyum sülfat ile hazırlanır. Kolonlar GC derece saflığında 20 ml Diklorometan ve arkasından 20 ml Petrolyum Eteri ile ön yıkama yapılarak solvent akış hızı 0,1 ml/sn olarak ayarlanır. Daha sonra özenleştirilme yapılmış örnek (2 ml) gas-tight şırınga ile kolona verilir. Örnek kolona verildikten sonra kolondan 50 ml petrolyum eteri geçirilerek PCB ve PBDE örneklerinin ayrılması sağlanır. Kolondan geçirilmiş olan PBDE ve PCB örnekleri önce rotary ile hacmi 5 ml düşürülür daha sonra azot gazı altında miktarları azaltılıp hegzan solventi ilav edilir. Örnekler 250 µl'ye kadar uçurulur, 250 µl kalan örnek viallerde GC analizi için buzdolabında bekletilir

2.5. Analiz

Temizleme işlemi ile hazır hale getirilen örnekler, konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla GC-ECD (Agilent Technologies 5977A) cihazında analiz edilmiştir. Cihazın kalibrasyonu 15 hedef PCB bileşiği (Absolute 94567) ve 2 recovery standard için 6 farklı konsantrasyonda hazırlanmış kalibrasyon çözelti karışımları ile yapılmıştır. Kalibrasyon çözeltisi kondantrasyonları 25, 50, 100, 250 ve 500 µg/ml olarak hazırlanmıştır. Fırın sıcaklığı 80 C⁰'de 2 dakika bekleme, 30 C/dak'lık artışla 200 C'ye çıkıp en son 10 C/dakikalık artışla 310 C'ye çıkmıştır. 320 C⁰'de 10 dakika beklemiştir. Enjeksiyon port sıcaklığı 300 C'dir. Analiz için HP-5MS kolon (30 m×250 µm×0.25 µm) kullanılmıştır.

Ekstraksiyon ve temizleme işlemleri sonucunda PCB izomerlerinin geri kazanım oranları %80-%120 aralığında hesaplanmıştır. LOD değerinin belirlenebilmesi için şahit kütlesi 3 ile çarpılarak hesaplamalar yapılmıştır.

3. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

3 ayrı bölgeden toplanan 10 örneğin 3 boyuta elenmesi sonucu elde edilen numunelerde 13 adet PCB izomeri için (PCB18, PCB31-28, PCB20, PCB52, PCB44, PCB101, PCB149-118, PCB105, PCB153, PCB138, PCB180, PCB170, PCB194) sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

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

Tablo 1. PCB izomerlerine ait ortalama, ortanca, en düşük ve en yüksek değerleri

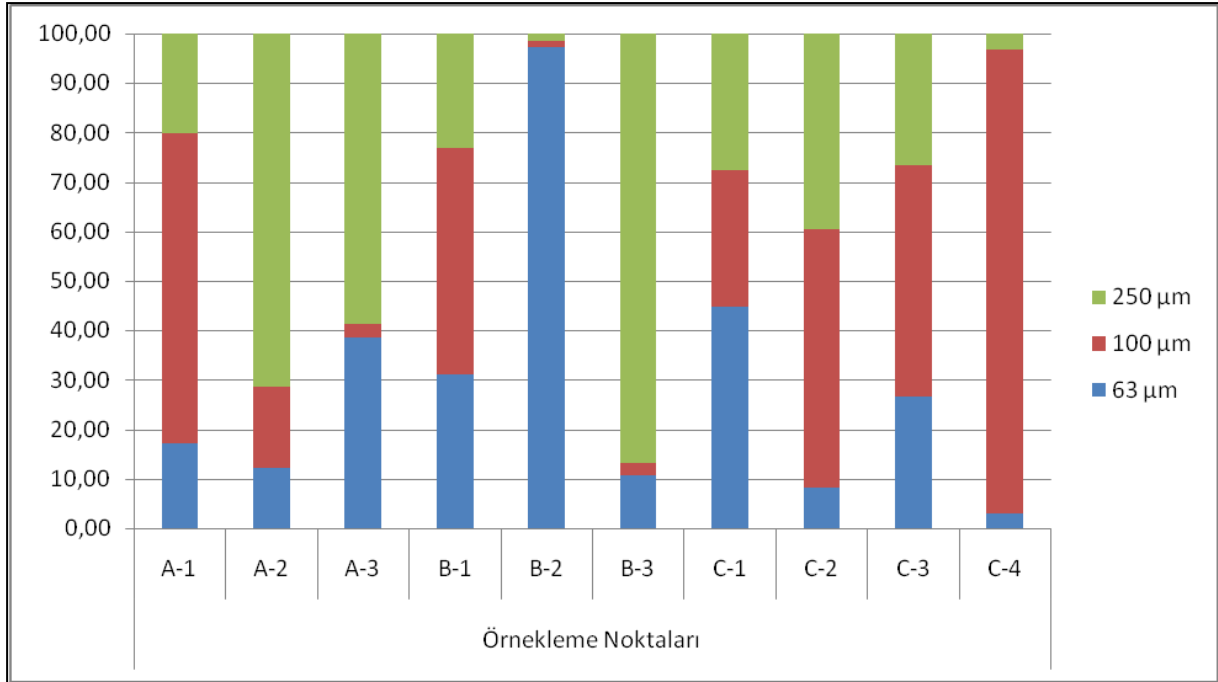
	Umuttepe Kampüsü-A			Demiryolu Caddesi-B			TEM Otoyol Tünel-C		
	$\mu\text{g/kg}$			$\mu\text{g/kg}$			$\mu\text{g/kg}$		
	Ort. $\pm$ Std Sap.	Ortanca	Min/Max	Ort. $\pm$ Std Sap.	Ortanca	Min/Max	Ort. $\pm$ Std Sap.	Ortanca	Min/Max
PCB_18	0,70 $\pm$ 0,59	0,64	0,08/1,73	0,62 $\pm$ 0,74	0,23	0,10/1,92	199,97 $\pm$ 298	47,68	0,31/864
PCB_31_28	0,47 $\pm$ 0,37	0,34	0,09/1,04	0,64 $\pm$ 1,07	0,11	0,001/2,74	81,50 $\pm$ 181	3,15	1,06/598
PCB_20	0,24 $\pm$ 0,26	0,13	0,01/0,68	0,68 $\pm$ 1,20	0,08	0,02/3,05	88,15 $\pm$ 208	2,67	0,54/692
PCB_52	0,60 $\pm$ 0,37	0,48	0,25/1,07	0,72 $\pm$ 0,90	0,34	0,13/2,49	268,54 $\pm$ 515	4,77	1,28/1557
PCB_44	0,50 $\pm$ 0,58	0,28	0,07/1,57	3,78 $\pm$ 8,49	0,16	0,01/21,09	301,16 $\pm$ 646	6,34	0,92/2071
PCB_101	0,26 $\pm$ 0,23	0,19	0,05/0,56	1,17 $\pm$ 2,04	0,18	0,02/5,19	5,67 $\pm$ 5,73	4,40	0,79/19,46
PCB_149_118	0,48 $\pm$ 0,52	0,36	0,04/1,49	2,41 $\pm$ 4,49	0,20	0,09/11,37	4,40 $\pm$ 2,92	3,73	1,33/12,27
PCB_105	0,50 $\pm$ 0,53	0,34	0,02/1,44	1,17 $\pm$ 1,85	0,17	0,001/4,61	3,45 $\pm$ 3,45	2,08	0,57/11,39
PCB_153	0,25 $\pm$ 0,21	0,18	0,03/0,53	1,44 $\pm$ 2,17	0,09	0,001/4,67	3,17 $\pm$ 3,31	2,31	0,46/12,65
PCB_138	0,59 $\pm$ 0,53	0,57	0,03/1,24	2,40 $\pm$ 4,55	0,18	0,01/11,48	4,28 $\pm$ 2,42	3,62	0,45/7,72
PCB_180	0,65 $\pm$ 1,00	0,14	0,05/2,57	5,50 $\pm$ 11,7 7	0,25	0,05/29,43	5,56 $\pm$ 7,05	4,21	0,58/26,58
PCB_170	0,14 $\pm$ 0,12	0,10	0,03/0,35	1,31 $\pm$ 2,57	0,14	0,001/6,49	1,70 $\pm$ 1,17	1,62	0,51/4,61
PCB_194	2,11 $\pm$ 4,29	0,27	0,08/10,82	1,83 $\pm$ 3,58	0,35	0,05/9,12	2,94 $\pm$ 2,38	2,18	0,48/8,47

Örnekleme noktası olarak belirlenen 3 alanda da hedeflenen tüm PCB kirleticilerine rastlanmıştır. Trafik yoğunluğu açısından diğer bölgelere göre daha az araç yüküne sahip (≈ 4000 araç / gün) Umuttepe bölgesinde 3 örnekleme noktasının ortalama değerleri diğer bölgelere oranla oldukça düşük bulunmuştur.

Demiryolu caddesi (≈ 8000 araç/gün) örnekleme noktaları araç yükünün yanı sıra dur kalk ve trafik sıkışıklığının yoğun olduğu noktalar dikkate alınarak belirlenmiş tek bir hat üstünde olan 3 örnekleme noktasının ortalama değerleri Umuttepe bölgesine göre nispeten daha yüksek bulunmuştur. Bu bölge trafik yükünün yanı sıra yerleşim alanı özelliği de göstermektedir. Bu özelliği nedeniyle trafik kaynaklarının dışında da PCB kaynakları olduğunu göz önüne alınmalıdır.

Karayolları genel müdürlüğünün yıllık olarak hazırladığı istatistiksel verilere göre 2014 yılı için 45000 araç/gün olarak yoğun bir araç sayısına sahip Tem otoyolu verileri diğer bölgeler içinde en yüksek konsantrasyonlara rastlanan bölge olmuştur (www.kgm.gov.tr). Bu bölgede girişler ve yaklaşık 1 km sonrasında yer alan 1 km uzunluğunda tünelin girişi, ortası ve çıkışı, örnekleme noktaları olarak belirlenmiştir. 4 ayrı elde edilen PCB seviyelerinin ortalamaları Tablo 1 de verilmektedir. En yüksek değer olarak PCB44 bileşiği 301,16 $\mu\text{g/kg}$ olurken en düşük değer PCB170 bileşiği için 1,70 $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Tünelin bulunduğu mevkiide yolun yapısında bulunan %3 eğimli rampa nedeniyle tünele hızla giren ve tünel çıkışındaki virajdan kaynaklı yavaşlayan araç egzoz çıkışlarındaki değişkenlik nedeniyle bu bölgelerde daha yüksek PCB konsantrasyonlarına rastlanıldığı düşünülmektedir.

Çalışmanın başında da belirtildiği gibi her bir örnekleme noktasından alınan örnekler elenerek 3 ayrı boyuta (63, 100, 250 μm) ayrılmış ve bu boyutlar bazında sonuçlar Şekil 1 deki grafikte sunulmuştur.



Şekil 1. Örneklerin farklı boyutlar içerisindeki yüzde dağılımları

Örneklerin farklı boyutlardaki analiz sonuçları değerlendirildiğinde çoğunlukla 100 ve 250 µm boyutlarında daha yüksek tutulumlara rastlandığı belirlenmiştir. Irvine ve Loganathan (1998) yılında yaptıkları çalışmada PCB6 için 250 µm'den küçük boyutlar için çalışma yapmış ve bu boyutlarda 90 - 984 µg/kg arasında elde edildiğini belirtmiştir. Yang ve Baumann 1996 yılı çalışmasında ise yine PCB6 için >100 µm boyutundaki yol tozu için 190 – 3600 µg/kg konsantrasyon değerleri ifade edilmiştir. Literatür çalışmaları göstermektedir ki 250 µm ve altındaki boyutlar PCB tutulumları açısından önem taşıyan boyutlardır. Bu çalışmada 250 µm altındaki 3 boyut için değerlendirme yapılarak tutulumun yüksek olduğu boyutlar tercih edilmiştir. 63 µm altındaki tozların uzun mesafe taşınımı için uygun boyuttaki partikül olarak kabul edildiğinden o boyuttaki tozların örnek alınan kaynaktan uzaklaştığı düşünülebilir. Bu nedenlerle 100 ve 250 µm boyutundaki tozlarda tutunan kirleticilerin lokal kaynağı temsil ettiği ve kirlilik seviyelerin bu bölgelere ait kaynaklardan oluştuğu düşünülmektedir.

Demiryolu Caddesi 2 numaralı örneğinde 63 µm boyutunda yüksek tutulumun görülmesi örnek alma esnasında bölgede bulunan bir büfeden temizlik amaçlı kullanılan suların dökülmesi nedeniyle tozların uçmadan diğer toz numuneleriyle birlikte ortamda kaldığı fikrini oluşturmuştur.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yol tozunda PCB örnekleme ülkemizde ve dünyada son derece az çalışılan bir konudur olarak karşımıza çıkmıştır. Literatürde bulunan 90'lı yıllarda yapılmış birkaç çalışma mevcuttur ancak bu çalışmalarında bakılan hedef kirleticiler ile çalışmamızda ölçtüğümüz PCB izomerleri çakışmamaktadır. Yol tozu değerlendirilirken sadece yoldan kaynaklı bir kirlilik olup olmadığının belirlenebilmesi için farklı özellik gösteren bölgelerde daha fazla örnek alarak oluşturulacak veri setiyle çalışmak sonuçların değerlendirilmesi açısından daha

anlamli olacaktır. Bu çalışmanın istatistiksel olarak değerlendirilebilmesi için örnekleme ve incelenen kirlileti tür sayıları arttırılarak daha kapsamlı bir çalışma planlanmaktadır.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi esnasında PCB standartlarının temininde nazik desteği için Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Eftade GAGA'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

ATSDR, 2000. Toxicological profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs), U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, November.

Batterman S., Chernyak S., Gouden Y., Hayes J., Robins T., Chetty S., 2009. PCBs in air, soil and milk in industrialized and urban areas of KwaZulu-Natal, South Africa. *Environmental Pollution* 157, 654-663.

Breivik K., Sweetman A., Pancnya J.M., Jones K.C., 2002. Towards a Global Historical Inventory for Selected PCB Congeners-A Mass Balance Approach 2. Emission. *Science of the Total Environment* 290, 199-224.

Bozlaker, A., Odabaşı, M., Müezzinoğlu A., 2008. Dry Deposition and Soil-Air Gas Exchange of Polychlorinated Biphenyls in a Industrial Area. *Environmental Pollution* 156, 784-793.

Çetindamar D., Veli S., Öztürk T., Arslanbaş D., Aslan Kılavuz S., Çetin Doğruparmak Ş., Can Doğan E., 2014. Topraklarda PCB ve PAH'ların İncelenmesi: Alikahya Bölgesi. *Politeknik Dergisi* 17/3 127-133.

Deziel, N.C., Nuckols, J.R., Colt, J.S., De Roos, A.J., Pronk, A., Gourley, C., Severson, R.K., Cozen, W., Cerhan, J.R., Hartge, P., Ward, M.H., 2012. Determinants of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans in house dust samples from four areas of the United States. *Sci. Total Environ.* 433, 516-522.

Dönmez B.G., 2012, Toprak Örneklerinde Poliklorlu Bifenil (PCB) Kirliliğinin Araştırılması ve Yasal Sınır Değerlerin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri, İstanbul

Harrad, S., Hazrati, S., Ibarra, C., 2006. Concentrations of polychlorinated biphenyls in indoor air and polybrominated diphenyl ethers in indoor air and dust in Birmingham, United Kingdom: implications for human exposure. *Environ. Sci. Technol.* 40, 4633-4638.

Harrad, S., Goosey, E., Desborough, J., Abdallah, M.A.E., Roosens, L., Covaci, A., 2010. Dust from U.K. primary school classrooms and daycare centers: the significance of dust as a pathway of exposure of young U.K. children to brominated flame retardants and polychlorinated biphenyls. *Environ. Sci. Technol.* 44, 4198-4202.

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

Irvine, K.N., Loganathan, B.G., 1998. Localized enrichment of PCB levels in street dust due to redistribution by wind. *Water Air Soil Pollut.* 105, 603–615.

Klees M., Hiester E., Bruckmann P., Molt K., Schmidt T.C., 2015. Polychlorinated biphenyls, Polychlorinated dibenzo-p-dioksins and dibenzofurans in street dust of North Rhine-Westphalia, German. *Science of the Total Environment* 511, 72-81.

Wang D., Yang M., Jia H., Zhou L., Li Y.F., 2008. Levels, distributions and profiles of polychlorinated biphenyls in surface soils of Dalian, China. *Chemosphere* 73,38-42.

Yang Y., Baumann W., 1996. Study of polychlorinated biphenyls in street dust by supercritical fluid extraction gas chromatography/mass spectrometry. *Fresenius J. Anal. Chem.* 354, 56-60