

POLİÜRETAN KÖPÜK BAZLI PASİF HAVA ÖRNEKLEYİCİLERİN HAVA KALİTESİ İZLEME AMACIYLA SICAK BÖLGELERDE KULLANIMI VE OLASI BELİRSİZLİKLER

Emine CAN-GÜVEN^{1(*)}, Dilek BOLAT¹, Kadir GEDİK¹, Perihan Binnur KURT-
KARAKUŞ²

¹ Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Antalya

² Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Osmangazi/Bursa

ÖZET

Poliüretan köpük (PÜK) disk kullanılan pasif hava örnekleme (PHÖ) sistemi, kolay uygulama ve montaj, mekansal ve zamansal kirlilik değişiminin daha az işgücü kullanımı ile incelenebilmesi gibi avantajları nedeniyle, özellikle, yarı uçucu organik maddelerin örnekleme son dönemlerde yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu sistemde, örneklemeden geçen hava hacminin belirlenmesi amacıyla eş zamanlı aktif örnekleme kullanımının yanı sıra depürasyon (temsilci) bileşikler de kullanılabilir. Hedef kimyasalların buhar basıncı gibi fizikokimyasal özelliklerinin yanı sıra sıcaklık, rüzgar hızı gibi meteorolojik parametreler örneklenen hava hacmi ve örnekleme hızına etki eden önemli faktörler arasındadır. Bu çalışmada, yıllık ortalama sıcaklığın nispeten yüksek olduğu Antalya ilinde yürütülmekte olan hava kirliliği izleme projesinin PÜK-PHÖ ayağında karşılaşılan sorunlar, sıcak bölgelerde yapılan çalışmalar özelinde irdelenmiştir. Örneklenen hava hacmi, temsilci bileşikler (¹³C-PCB 30, 107, 198 ve d₆-γ-HCH) enjekte edilmiş PÜK disklerin pasif örnekleme yerleştirilerek 1 (n=6), 2 (n=3) ve 3 (n=2) aylık periyotlar sonunda temsilci bileşiklerin kaybından hesaplanmıştır. Sıcaklığın 18,2-30,6°C arasında değiştiği bu süreçte hesaplanan örnekleme hızları 3,96-15,9 m³/gün olarak bulunmuştur. PHÖ sisteminde örneklenen hava hacmi hesabında, dış ortam hava sıcaklığı ortalama değerinin kullanıldığı bilinmektedir. Ancak, örnekleme iç sıcaklığının dış ortam sıcaklığından yüksek olabileceği gerek çalışmamız kapsamında tecrübe edilmiş ve gerekse de çeşitli araştırmacılar tarafından gösterilmiştir. Buna bağlı olarak, örnekleme hızının hesaplanmasında bu etkinin dikkate alınması yapılan hesaplamaların değerlendirilmesinde yararlı olacaktır.

ABSTRACT

Polyurethane foam disk (PUF) passive air samplers (PAS) have been widely used for sampling of semi-volatile organic compounds due to their advantages such as, easy handling and operation, monitoring of spatial and temporal pollution, and less demand of qualified labor in recent years. In this system, usage of contemporary active sampling and depuration compounds are possible to determine the sampled volume of air. Physicochemical properties (e.g. vapor pressure) of target analyte, and meteorological parameters (e.g. temperature, wind speed) are important parameters affecting sampling rate and sampled air volumes. In this study, problems faced with the application of PAS-PUF system of a part of air pollution

* eminecan@akdeniz.edu.tr

monitoring project conducted in Antalya where annual average temperatures are high. The sampled air volumes were calculated from the loss of depuration compounds (¹³C-PCB 30, 107, 198 and d₆-γ-HCH) of one (n=6), two (n=3) and three (n=2) months deployment periods. Within this period, temperature changed between 18.2-30.6°C and sampling rates were calculated as 3.96-15.9 m³.gün⁻¹. In passive sampling, average ambient air temperature is used to calculate sampled air volumes. However, the difference between internal and outer temperature of passive sampler were both reported in some studies and thought to be occurred in this study. Accordingly, it should be taken into consideration when calculating sampling rates for better evaluation of results.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Hava kirliliği, Sıcaklık, Örnekleme hızı, Örnekleme tasarımı

1. GİRİŞ

Hava kalitesi izleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan pasif örnekleyciler, aktif örnekleycilerin ihtiyaç duyduğu gereksinimler (pompa ve elektrik, deneyimli personel, yüksek maliyet) nedeniyle alternatif olarak geliştirilmiştir. Pasif örnekleyciler, koruyucu bir hazne içerisine yerleştirilmiş ortamda kirleticilerin tutulması esasına dayanmaktadır. Bu örnekleyciler maliyeti düşük, kurulumu kolay, deneyimli personel ihtiyacı olmayan, elektrik ihtiyacının karşılanamayacağı bölgelerde rahatlıkla kullanılabilen sistemlerdir. Düşük örnekleme hızları nedeniyle uzun süre örnekleme yapılabilen böylece şok kirletici yüklerinin oluşturabileceği yanlıgılar önlenmektedir. Aynı anda farklı noktalara yerleştirilerek eş zamanlı ve uzun sürelerde örnekleme yapılabilmesi ile kirliliğin mekansal ve zamansal dağılımının izlenmesi, bunun yanı sıra, farklı türden bileşiklerin örneklenmesi açısından da avantajlıdır. Ayrıca bu örnekleyciler küçük ve gürültüsüz olduğu için iç ortam hava kalitesinin izlenmesinde de rahatlıkla kullanılabilir (Chaemfa vd., 2009, Gouin vd., 2005, Pozo vd., 2004, Shoeib ve Harner, 2002).

Pasif örnekleycilerin arazide uygulanmasında dikkat edilecek en önemli hususlardan biri, kirleticilerin toplanacağı poliüretan köpük (PÜK) diskin koruyucu bir odacık (paslanmaz çelik) içine yerleştirilmesidir. Bu odacık ile PÜK disk, güneş ışığı (hedef kirleticinin bozulmasına neden olabilir), rüzgar (kütle transfer katsayısı ile orantılı), yağmur, aerosoller ve partikül maddelerden korunmaktadır (Chaemfa vd., 2009, Harner vd., 2004, Pozo vd., 2004, Shoeib ve Harner, 2002). Pasif hava örnekleme (PHÖ) sistemleri ile doğru tahminler yapabilmek için örnekleme hızı ve kalibrasyon verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Örnekleme hızının belirlenmesi için eş zamanlı kullanılacak aktif örnekleycilerin yanı sıra diğer bir yöntem de “depürasyon (temsilci)” bileşikler olarak nitelendirilen kimyasalların kullanılmasıdır. Bu yöntem, derişimi bilinen temsilci bileşiklerin PÜK disklere enjekte edilmesi, örnekleme sürecinin tamamlanması sonrasında ise bu bileşiklerin diskte kalan miktarlarının ölçülerek etkin hava hacminin hesaplanması esasına dayanmaktadır (Pozo vd., 2008, Pozo vd., 2004, Pozo vd., 2006). Örnekleme hızının, örnekleme bölgesine has bir özellik olması, örnekleme süresine ve bileşiklerin fizikokimyasal özelliklerine göre değişmesi nedeniyle tek bir değer kullanılmasına yönelik sabit bir görüş oluşmamıştır (Melymuk vd., 2011). Öte yandan rüzgar hızı, sıcaklık gibi meteorolojik parametreler ve örneklemede partikül etkisi gibi nedenlerle temsilci bileşiklere bağlı örnekleme hızı hesabında da bazı

belirsizlikler ortaya çıkmaktadır (Bartkow vd., 2005, Chaemfa vd., 2009, Kennedy vd., 2010, Moeckel vd., 2009).

Bu çalışmada, PHÖ sisteminde karşılaşılan sorunlar sıcak bölgelerde yapılan çalışmalar özelinde irdelenmiştir. Yıllık ortalama sıcaklığın nispeten yüksek olduğu Antalya ilinde yürütülmekte olan hava kirliliği izleme projesinin PÜK-PHÖ ayağında elde edilen sonuçlar ve karşılaşılan sorunlar değerlendirmede kullanılmıştır.

1.1. PÜK bazlı pasif örnekleme mekanizması

PÜK disk kullanılarak örneklenen yarı-uçucu kimyasallar pek çok araştırmacı tarafından detaylı bir şekilde çalışılmış ve kinetik temelleri oluşturulmuştur (Bartkow vd., 2005, Hazrati ve Harrad, 2007, Shoeib ve Harner, 2002). Kirleticilerin PÜK disk üzerinde birikmesi, denge şartının örnekleme süresi sonunda sağlandığı varsayıldığında, PÜK-hava paylaşım katsayısına ($K_{PÜK-hava}$) bağlıdır.

$$K_{PÜK-hava} = \frac{C_{PÜK,denge}}{C_{hava-denge}} \quad (1)$$

Burada; $C_{PÜK,denge}$ = Kirleticinin PÜK diskteki konsantrasyonu ve $C_{hava-denge}$ = Kirleticinin havadaki konsantrasyonunu göstermektedir.

Bir pasif örnekleme materyalindeki toplam “örnekleme” profili aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Harner vd., 2004):

$$C_{PÜK,denge} = K_{PÜK-hava} \times C_{Hava-denge} \left\{ 1 - \exp - \left[\left(\frac{A_{PÜK}}{V_{PÜK}} \right) \times \left(\frac{k_A}{K'_{PÜK-hava}} \right) \right] \right\} \quad (2)$$

Burada; $K'_{PÜK-hava}$ PÜK disk örnekleme materyaline özgü birimsiz bir değer olup dönüşümü aşağıdaki formül ile yapılmaktadır:

$$K'_{PÜK-hava} = K_{PÜK-hava} \times PÜK \text{ materyali yoğunluğu} \quad (3)$$

Kimyasalların, örnekleme noktasındaki hava kütesinden PÜK materyaline geçiş hızı ise (m/gün)

$$k_A = \frac{\ln \left(\frac{C}{C_0} \right) \times D_{film} \times K'_{PÜK-hava}}{\text{zaman}} \quad (4)$$

formülü ile bulunur. Günlük etkili hava örnekleme oranı (R , $m^3/gün$) ise k_A verisi kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$R = k_A \times \text{Pasif örnekleme materyali yüzey alanı} \quad (5)$$

Tüm bu parametrelerin hesaplanmasının ardından, PÜK diskten geçen toplam hava miktarı hesabı,

$$V_{hava} = K'_{PÜK-hava} x \left\{ 1 - e^{[-(t)x(k_A)/(K'_{PÜK-hava})/(D_{film})]} \right\} \quad (6)$$

formülü ile yapılmaktadır. Burada; V_{hava} = Pasif örnekleme materyalinden geçen toplam hava (m^3), k_A : Hava kütlesinin günlük hareket hızı ($m/gün$), temsilci kimyasal kalıntı miktarı, örnekleme malzemesi etkili film kalınlığını (D_{film}) göstermektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Örnekleme

Bir ($n=6$), iki ($n=3$) ve üç ($n=2$) aylık olmak üzere üç farklı periyotta toplam 11 adet hava örnekleme yapılmıştır. Örneklemede önceden temsilci bileşikler enjekte edilmiş poliüretan köpük diskler (14 cm çap; 1,35 cm kalınlık; yüzey alanı 365 cm^2 ; hacim 207 cm^3 ; yoğunluk $0,0213 \text{ g/cm}^3$). Uzun soluklu bir izleme projesinin ön izleme aşaması olan bu örnekleme Antalya/Kumluca'da ($36^\circ 20.192'K$, $30^\circ 17.760'D$) gerçekleştirilmiştir. Örnekleme bölgesi Antalya'nın batısında, Akdeniz kıyısında bulunan yoğun tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği ve tipik Akdeniz ikliminin görüldüğü Kumluca ilçesidir.

Örnekleme öncesi örnekleyiciler aseton ve hekzan ile temizlenerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. PÜK diskler öncelikle sıcak su ve distile suyla yıkanmış ve kurutulmuştur. Daha sonra iki defa aseton ve bir defa hekzan kullanılarak 8 saat boyunca soksalette temizlenmiştir. PÜK disklere ^{13}C -PCB 30, 107, 198 (her biri 250 ng) ve d_6 - γ -HCH (500 ng) içeren temsilci bileşikler enjekte edilmiş ve saf azot gazı altında kurutulmuş kullanıma kadar $-20^\circ C$ 'de bekletilmiştir. Örnekleyici çevresinde hava akışının engellenmeyeceği ve doğrudan kirletici kaynağı olmayan bir bölgeye yerden yaklaşık 4 metre yüksekliğe yerleştirilmiştir. Örnekleme Mayıs 2013'de başlayıp Kasım 2013'de sona ermiştir.

2.2. Analitik yöntemler

Ekstraksiyon ve temizleme işlemleri sırasında analitik yöntemlerin performansının izlenebilmesi amacıyla $^{13}C_{12}$ -işaretlenmiş PCB kongenerleri (28, 52, 101, 153, 138, 180) (her biri 10 ng) ve d_8 - p,p' -DDT (10 ng) içeren geri kazanım standartları kullanılmıştır. Tüm örnekler 400 ml 1/1 oranında aseton/hekzan ile 18 saat soksalette ekstrakte edilmiştir. Ekstraktlar döner buharlaştırıcı ile yaklaşık 5 ml ve yüksek saflıkta azot gazı ile yaklaşık 1 ml'ye deriştirilmiştir. Alumina (1 gr, $450^\circ C$ 'de 12 saat süre ile fırınlanmış ve saf su ile %6 aktifleştirilmiş) ile kolonda temizleme işleminden sonra tekrar döner buharlaştırıcı ve yüksek saflıkta azot gazı ile 1 ml'ye deriştirilen ekstraktlara iç standart (24 ng PCB 121) eklenmiştir.

Örnekler Shimadzu QP2010 Ultra marka gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) cihazında, Restek 5Sil MS (60 m*0.25 mm*0.25 μm) kolon kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz elektron etki iyonizasyonu-seçilmiş iyon izleme modunda gerçekleştirilmiştir. $90^\circ C$ (1 dk bekle) ile başlayan fırın sıcaklığı $30^\circ C/dk$ artışla $210^\circ C$ 'ye (1dk bekle), $10^\circ C/dk$ ile $250^\circ C$ 'ye (1 dk bekle), $1^\circ C/dk$ artışla $270^\circ C$ 'ye (1 dk bekle) ve son olarak $5^\circ C/dk$ ile $280^\circ C$ 'ye (5 dk bekle) çıkarılmıştır. 2 μl ekstrakt splitless modunda enjekte edilmiştir.

2.3. Kalite sağlama/kalite kontrol çalışmaları

Analizlerde kalite sağlama ve kontrol için laboratuvar ve saha kontrol numuneleri, geri kazanımların kontrolü ve sertifikalı referans maddelerin analizi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yedi adet standardın geri kazanımı ortalama $\%73,3 \pm 14,2$ (58,9-94,4) şeklinde belirlenmiştir. Analitik yöntemler sertifikalı referans madde kullanılarak

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

doğrulanmıştır. OCP ve PCB bileşikleri içeren sertifikalı referans madde analizinde sırasıyla ortalama $115 \pm 17,7$ ve $82,6 \pm 6,12$ geri kazanım sağlanmış ve sertifika değerinden sapma %17'nin altında kalmıştır. Örnekleme ve taşıma esnasında gerçekleşebilecek kontaminasyon saha kontrol numuneleri ile laboratuvar ve cam malzemeden kaynaklanabilecek kontaminasyon ise her beş örnekte bir örnek ile aynı şekilde analiz edilen kontrol numuneleri ile izlenmiştir. Enstrümental tayin sınırı en düşük kalibrasyon standardının yedi defa enjekte edilmesi sonucu elde edilen standart sapmanın üç katı şeklinde hesaplanmış ve bileşiğe bağlı olarak 0,115-6,06 ng/ml aralığında değişmektedir. Metot tayin sınırı kontrol numunelerinde ölçülen değerlerin ortalamasının standart sapmanın üç katı ile toplanmasıyla belirlenmiştir. Kontrol numunelerinde tayin edilemeyen bileşikler için enstrümental tayin sınırı metot tayin sınırına eşit kabul edilmiştir.

3. SONUÇLAR

Temsilci bileşiklerin konsantrasyonundaki bir, iki ve üç aylık değişimden faydalanarak örnekleme bölgesine has günlük örnekleme hızı (R , $m^3/gün$) literatürde anlatılan yöntemlerle belirlenmiştir. Temsilci bileşikler kullanılarak örnekleme hızının belirlenmesinde analitik belirsizliklerden korunmak için PÜK disk üzerinden kaybı %20-80 arasında olanlar kullanılmaktayken (Moeckel vd., 2009), Pozo vd. (2006) geri kazanımı %60 ve altında olan bileşiklerin hesaplamada kullanılmasını önermişlerdir. Temsilci bileşiklerden PCB 107 ve PCB 198 gibi yüksek klorlu bileşiklerin yarılanma ömürleri yıllarca sürebilmektedir. Bu nedenle bu maddelerin örnekleme süresi sonunda geri kazanımının %100 olması beklenir (Moeckel vd., 2009, Pozo vd., 2004). Örnekleme hızının hesaplanmasında öncelikle tüm temsilci bileşikler için kayıp hesaplanmış ve PCB 107 ve PCB 198 için geri kazanımın %60'ın üzerinde olduğu görülmüştür. Literatürden hareketle, bu maddelerin geri kazanımı %100 kabul edilerek PCB 30 ve d_6 - γ -HCH bileşikleri üzerinden değerlendirme yapılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiş ve detayları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Temsilci bileşikler ile hesaplanan örnekleme hızları ve meteorolojik veriler

Örnekleme süresi (gün)	Sıcaklık (°C)		Rüzgar hızı (m/sn)		Hesaplama da kullanılan temsilci bileşik	Temsilci bileşiğin geri kazanım oranı (%)	Örnekleme hızı, R ($m^3/gün$)
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama			
31	21,9-32,0	24,6 \pm 3,01	0,30-7,30	2,12 \pm 1,19	d_6 - γ -HCH	16,6	15,9
30	25,1-31,6	27,3 \pm 1,65	0,30-4,90	1,90 \pm 1,04	d_6 - γ -HCH	30,3	10,7
31	27,5-33,4	30,6 \pm 1,55	0,50-4,90	1,95 \pm 0,79	d_6 - γ -HCH	17,6	10,4
31	24,0-31,6	27,2 \pm 1,69	0,50-4,80	2,03 \pm 0,99	PCB-30 ve d_6 - γ -HCH	20,0 ve 46,7	5,08
30	16,3-28,3	21,5 \pm 3,05	0,40-18,4	2,42 \pm 1,66	PCB-30 ve d_6 - γ -HCH	34,5 ve 57,7	4,45
32	15,4-22,5	18,2 \pm 1,52	0,40-4,30	1,68 \pm 0,52	PCB-30	41,7	4,39
61	21,9-32,0	25,9 \pm 2,77	0,30-7,30	2,01 \pm 1,13	d_6 - γ -HCH	14,1	7,07
62	24,0-33,4	28,9 \pm 2,36	0,50-4,90	1,99 \pm 0,90	d_6 - γ -HCH	19,0	5,55
62	15,4-28,3	20,1 \pm 2,74	0,40-18,4	2,04 \pm 1,26	PCB-30 ve d_6 - γ -HCH	16,7 ve 33,4	4,37
92	21,9-33,4	27,5 \pm 3,28	0,30-7,30	1,99 \pm 1,18	d_6 - γ -HCH	9,70	5,89
93	15,4-31,6	22,5 \pm 4,18	0,40-18,4	2,04 \pm 1,03	d_6 - γ -HCH	29,4	3,96

4. SONUÇ DEĞERLENDİRME

Her bir örnekleme süresi ve farklı sıcaklıklar için örnekleme hızları temsilci bileşiklerdeki kayıptan yola çıkarak ilgili literatüre göre belirlenmiştir (Tablo 1). Bu çalışmada Kumluca'da bulunan meteoroloji istasyonunda ölçülmüş olan sıcaklık değerleri tüm örnekleme dönemleri için kullanılmıştır. Genel olarak sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde örnekleme hızının da yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmada elde edilen sonuçlar Dünya'da farklı bölgelerde yapılan çalışmaların sonuçları ile kıyaslandığında örnekleme hızlarının yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 2). Ancak örnekleme için ortam sıcaklığının dış ortam sıcaklığına göre yüksek olabileceği çeşitli çalışmalarda (Kennedy vd., 2010, Vardar vd., 2013) belirtilmiş olup özellikle Antalya gibi hava sıcaklıklarının yüksek seyrettiği bölgelerde örnekleme için sıcaklığı etkisi daha yüksek olabilir. Örneğin bu çalışmada tüm parametreler sabit tutulup sıcaklık 10°C artırıldığında örnekleme hızı %43 artmaktadır. Örnekleme için sıcaklığının dış ortam sıcaklığından yüksek olması örnekleme hızlarının yüksek olmasına etki ettiği düşünülmektedir.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

PÜK bazlı pasif örneklemede temsilci bileşikler kullanıldığında, tüm örnekleme süresi için ortalama bir örnekleme hızı hesaplanmaktadır. Örnekleme sürecinde rüzgar hızının yüksek olması yüksek örnekleme hızı ve düşük olması düşük örnekleme hızına yol açmakta ve sonuçta entegre bir örnekleme hızı hesaplanmaktadır. Zaman ağırlıklı ortalama bir konsantrasyon hesaplandığında kirlenici rüzgar hızının fazla olduğu zamanda geliyorsa ortalama konsantrasyon olduğundan yüksek hesaplanabilir. Öte yandan tam tersi durumda ortalama konsantrasyon olduğu değerden düşük bulunabilir (Moeckel vd., 2009, Tuduri vd., 2006, Tuduri vd., 2012). Örnekleme ortamının koruyucu bir hazne içine yerleştirilmesi ile rüzgar etkisinin minimize edilebileceği düşünülmektedir.

Temsilci bileşikler kullanılarak yapılan örnekleme hızı hesabında dış ortam ortalama hava sıcaklığı kullanılmaktadır. Ancak bazı çalışmalarda örnekleme için ölçülen hava sıcaklığının dış ortam hava sıcaklığından yüksek olduğu belirlenmiş ve bu sıcaklıkların hesaplamada kullanılmasının daha doğru sonuç vereceği belirtilmiştir (Kennedy vd., 2010, Vardar vd., 2013). Hava sıcaklığındaki değişimin örnekleme hızına etkisinin az olacağı düşünülerek 3,5-4,0 m³/gün örnekleme hızı farklı mevsimlerde gerçekleştirilen birçok çalışmada kabul edilmiştir (Kennedy vd., 2010). Ancak bu çalışmalarda ortalama sıcaklıkların 20°C dolaylarında olması nedeniyle bu kabulün yapılmasının yanıltıcı etkisi az olmaktadır. Öte yandan yaz ve kış aylarında yapılan çalışmalarda sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde örnekleme hızının arttığına yönelik sonuçlar da görülmektedir (Kennedy vd., 2010, Klánová vd., 2007). Sıcaklık etkisi dikkate alındığında örnekleme bölgesine has örnekleme hızı hesabında ortalama dış ortam hava sıcaklığı yerine örnekleme için eş zamanlı ölçülecek sıcaklığın kullanılması daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Tablo 2. Örneklem hızının PUF bazlı pasif örnekleme ile gerçekleştirilmiş bazı çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılması

Örneklem bölgesi	Örneklem bölgesinin özelliği	Örneklem süresi (gün)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Örneklem hızı, R (m ³ /gün)	Kaynak
Norveç	Kıyı	92-91	16-10	1,66-7,66	(Halse vd., 2012)
Şili	Kentsel ve referans alan	60	13,5	2,29-9,33	(Pozo vd., 2004)
Dünya geneli (n=25)	Polar, referans, kırsal, tarımsal ve kentsel	-	-	3,9±2	(Pozo vd., 2006)
Brno/ Çek Cumhuriyeti	Referans anal	7-84	(-8)-12	2,70-8,20	(Bohlin vd., 2014)
Barcelona/İspanya	Kentsel ve referans alan	90	14,1	3,80	(Mari vd., 2008)
Kosetice/ Çek Cumhuriyeti	Meteorolojik gözlem istasyonu	28	7,1	7,00	(Klánová vd., 2007)
Toskana /İtalya	Kentsel, kırsal, tarımsal	60-160	-	3,90	(Estellano vd., 2012)
Dünya geneli (n=20)	Polar, referans, tarımsal ve kentsel	86-130	(-10,9)-25,8	1,79-16,5	(Koblizkova vd., 2012)
Antalya/Türkiye	Tarımsal	31-92	18,2-30,6	4,06-13,7	Bu çalışma

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK-112Y175 no.lu kariyer projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

Bartkow, M., Booij, K., Kennedy, K.E., Muller, J.F., Hawker, D.W., 2005. Passive air sampling theory for semivolatile organic compounds. *Chemosphere* 60 (2), 170-176.

Bohlin, P., Audy, O., Skrdlikova, L., Kukucka, P., Pribylova, P., Prokes, R., Vojta, S., Klanova, J., 2014. Outdoor passive air monitoring of semi volatile organic compounds (SVOCs): a critical evaluation of performance and limitations of polyurethane foam (PUF) disks. *Environ Sci Process Impacts* 16 (3), 433-44.

Chaemfa, C., Barber, J.L., Kim, K.-S., Harner, T., Jones, K.C., 2009. Further studies on the uptake of persistent organic pollutants (POPs) by polyurethane foam disk passive air samplers. *Atmospheric Environment* 43 (25), 3843-3849.

Estellano, V.H., Pozo, K., Harner, T., Corsolini, S., Focardi, S., 2012. Using PUF disk passive samplers to simultaneously measure air concentrations of persistent organic pollutants (POPs) across the Tuscany Region, Italy. *Atmospheric Pollution Research* 3 (1), 88-94.

Gouin, T., Harner, T., Blanchard, P., Mackay, D., 2005. Passive and Active Air Samplers as Complementary Methods for Investigating Persistent Organic Pollutants in the Great Lakes Basin. *Environmental Science & Technology* 39 (23), 9115-9122.

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

Halse, A.K., Schlabach, M., Sweetman, A., Jones, K.C., Breivik, K., 2012. Using passive air samplers to assess local sources versus long range atmospheric transport of POPs. *Journal of Environmental Monitoring* 14 (10), 2580-2590.

Harner, T., Shoeib, M., Diamond, M., Stern, G., Rosenberg, B., 2004. Using passive air samplers to assess urban-rural trends for persistent organic pollutants. 1. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides. *Environ. Sci. Technol.* 38 4474-4483.

Harner, T., Shoeib, M., Diamond, M., Stern, G., Rosenberg, B., 2004. Using Passive Air Samplers To Assess Urban–Rural Trends for Persistent Organic Pollutants. 1. Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticides. *Environmental Science & Technology* 38 (17) 4474-4483.

Hazrati, S., Harrad, S., 2007. Calibration of polyurethane foam (PUF) disk passive samplers for quantitative measurement of polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs): Factors influencing sampling rates. *Chemosphere* 67 (3), 448-455.

Kennedy, K., Hawker, D.W., Bartkow, M.E., Carter, S., Ishikawa, Y., Mueller, J.F., 2010. The potential effect of differential ambient and deployment chamber temperatures on PRC derived sampling rates with polyurethane foam (PUF) passive air samplers. *Environmental Pollution* 158 (1), 142-147.

Klánová, J., Èupr, P., Kohoutek, J.i., Harner, T., 2007. Assessing the influence of meteorological parameters on the performance of polyurethane foam-based passive air samplers. *Environmental Science & Technology* 42 (2), 550-555.

Koblizkova, M., Lee, S.C., Harner, T., 2012. Sorbent impregnated polyurethane foam disk passive air samplers for investigating current-use pesticides at the global scale. *Atmospheric Pollution Research* 3 (4), 456-462.

Mari, M., Schuhmacher, M., Feliubadaló, J., Domingo, J.L., 2008. Air concentrations of PCDD/Fs, PCBs and PCNs using active and passive air samplers. *Chemosphere* 70 (9), 1637-1643.

Melymuk, L., Robson, M., Helm, P.A., Diamond, M.L., 2011. Evaluation of passive air sampler calibrations: Selection of sampling rates and implications for the measurement of persistent organic pollutants in air. *Atmospheric Environment* 45 (10), 1867-1875.

Moeckel, C., Harner, T., Nizzetto, L., Strandberg, B., Lindroth, A., Jones, K.C., 2009. Use of Depuration Compounds in Passive Air Samplers: Results from Active Sampling-Supported Field Deployment, Potential Uses, and Recommendations. *Environmental Science & Technology* 43 (9), 3227-3232.

Pozo, K., Harner, T., Lee, S.C., Wania, F., Muir, D.C.G., Jones, K.C., 2008. Seasonally Resolved Concentrations of Persistent Organic Pollutants in the Global Atmosphere from the First Year of the GAPS Study. *Environmental Science & Technology* 43 (3), 796-803.

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

Pozo, K., Harner, T., Shoeib, M., Urrutia, R., Barra, R., Parra, O., Focardi, S., 2004. Passive-Sampler Derived Air Concentrations of Persistent Organic Pollutants on a North-South Transect in Chile. *Environmental Science & Technology* 38 (24), 6529-6537.

Pozo, K., Harner, T., Wania, F., Muir, D.C., Jones, K.C., Barrie, L.A., 2006. Toward a global network for persistent organic pollutants in air: results from the GAPS study. *Environ Sci Technol* 40 (16), 4867-73.

Pozo, K., Harner, T., Wania, F., Muir, D.C.G., Jones, K.C., Barrie, L.A., 2006. Toward a Global Network for Persistent Organic Pollutants in Air: Results from the GAPS Study. *Environmental Science & Technology* 40 (16), 4867-4873.

Shoeib, M., Harner, T., 2002. Characterization and Comparison of Three Passive Air Samplers for Persistent Organic Pollutants. *Environmental Science & Technology* 36 (19), 4142-4151.

Tuduri, L., Harner, T., Hung, H., 2006. Polyurethane foam (PUF) disks passive air samplers: Wind effect on sampling rates. *Environmental Pollution* 144 (2), 377-383.

Tuduri, L., Millet, M., Briand, O., Montury, M., 2012. Passive air sampling of semi-volatile organic compounds. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 31 38-49.

Vardar, N., Chemseddine, Z., Santos, J., 2013. Effect of Ambient Temperature on PUF Passive Samplers and PAHs Distribution in Puerto Rico. *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering* 2 (02), 41-45.