

Giresun İlinde Farklı Aktif kömürler Kullanılarak Havadaki BTEX-VOC Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Aysun TÜRKMEN^{1*}, Alev ELKAYA²

Öz

Bu çalışmada, 2018 yılı Sonbahar ve 2019 yılı Kış mevsimlerinde Giresun İli'ndeki havadaki BTEX-VOC konsantrasyonları pasif örnekleme metodu kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Giresun'daki bazı bölgelerde hem doğalgaz hem kömür kullanımının yaygın olması sebebiyle, doğalgaz ile kömür kullanılan bölgeler arasındaki farkın göz önüne serilmesi amaçlanmıştır. Her bir istasyonun sahil ve iç kesiminden 3+3=6 numune alınmış olup, 8 istasyon belirlenmiştir. Toplamda 48 numune analiz edilmiştir. Tüplerin içine farklı türde aktif karbonlar (odun, kömür, hindistan cevizi bazlı) doldurulmuş ve 30 gün açık havada bekletilmiştir. Toplanan örnekleme tüplerindeki aktif karbonlar ekstrakte edildikten sonra GRÜM lab'da GC-MS cihazı ile analizleri yapılmıştır. İstasyonlar göz ardı edilerek, ortalama ppb olarak; odun bazlı aktif kömür kullanıldığında, Sonbaharda; benzen:39.8; toluen:29.3; etilbenzen: 336; m-p ksilen:786; o-ksilen: 416; Kış mevsiminde; benzen: 4.02; toluen, etilbenzen ve m-p ksilen tespit edilemedi, o- ksilen:9.70 olarak bulunmuştur. Kömür bazlı aktif karbon için Sonbaharda; benzen:46.7; toluen: 27.8; etil benzen: 41.3; m-p ksilen:83.6; o-ksilen: 33.4; kış mevsiminde benzen:24.5; toluen, etil benzen, m-p ksilen tespit edilemedi, o-ksilen: 61.1 olarak tespit edilmiştir. Hindistan cevizi aktif karbonda ise, Sonbaharda; benzen: 43.4; toluen:14.8; etilbenzen:52.5; m-p ksilen: 134; o-ksilen: 41.0; kış mevsiminde benzen: 17.2; toluen, etilbenzen, m-p ksilen tespit edilemedi, o-ksilen: 105 olarak tespit edilmiştir. One Way ANOVA- Tukey testi yapılarak istasyonlar arasındaki farklılıklar göz önüne serilmiş ve hem aktif kömürlerde hem de iki mevsim arasında fark olmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Giresun, pasif örnekleme, BTEX-VOC, GC-MS, hava kirliliği.

Determination of BTEX-VOC Concentrations in the Air by Using Different Active Coal in Giresun Province

Abstract

In this study, it was tried to determine the BTEX-VOC concentrations in the air in Giresun Province during the 2018 Fall and 2019 Winter seasons using the passive sampling method. Due to the widespread use of both natural gas and coal in some regions in Giresun, it is aimed to demonstrate the difference between natural gas and coal. Sampling tubes were placed in 8 stations, 3 of which are in the coastal area and 3 in the inner part, that is, a total of 48 samples were analyzed. Different types of activated carbons (wood, coal, coconut based) were filled in the tubes and kept in the open air for 30 days. After the activated carbons in the sampling tubes collected were extracted, they were analyzed with GC-MS device in GRÜM lab. When stations are ignored, average ppb for wood-based activated charcoal results were; benzene: 39.8; toluene: 29.3; ethylbenzene: 336; m-p xylene: 786; o-xylene: 416 in autumn; benzene: 4.02; toluene, ethylbenzene and m-p xylene could not be detected, o-xylene: 9.70 in winter. For coal-based activated carbon results were; benzene: 46.7; toluene: 27.8; ethyl benzene: 41.3; m-p xylene: 83.6; o-xylene: 33.4 in autumn; benzene: 24.5; toluene, ethyl benzene, m-p xylene could not be detected, o-xylene: 61.1 in winter. For the coconut-based activated carbon results were; benzene: 43.4; toluene: 14.8; ethylbenzene: 52.5; m-p xylene: 134; o-xylene: 41.0 in autumn; benzene: 17.2; toluene, ethylbenzene, m-p xylene could not be detected, o-xylene: 105 in winter. One Way ANOVA- Tukey test is performed to show differences between stations. Both activated charcoal and seasonal differences were not observed.

Keywords: Giresun, passive sampling, BTEX-VOC, GC-MS, air pollution.

¹Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Giresun, Türkiye, aysun.turkmen@giresun.edu.tr

²Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı Doktora Öğrencisi, Giresun, Türkiye, alevkara28@hotmail.com

¹<https://orcid.org/0000-0001-7461-4038> ²<https://orcid.org/0000-0003-1880-4309>

1. Giriş

Son yıllarda sanayileşmenin ve insan aktivitelerinin artması ile çevrede çeşitli kirlenmeler oluşmakta ve atmosfere birçok zararlı madde girerek hava kirliliğine sebep olmaktadır. Isınma amaçlı kullanılan yakıtlar, motorlu taşıtlardan çıkan zehirli gazlar ve diğer kirlenici unsurlar (UOB, PAH, NO_x, SO_x vb.) atmosfere ulaşarak dış ortam havasının kirlenmesine sebep olmaktadır.

Çağımızın en tehlikeli hastalıklarından olan kanserin oluşmasında çevresel faktörlerin etkisi bilinmekte olup, insanlar kirli havayı soluyarak toksik ve kanserojen maddelere maruz kalırlar. Endüstriyel atıklar, tarım ilaçları, çöpler, sigara dumanı ve sanayi baca gazları gibi zararlı maddelerden çevreye gelen kimyasallar, hava, su, toprak ve gıdalara karıştıklarından dolayı insan sağlığını tehdit eden önemli çevresel kirlenicilerdendir. Bu maddelerin içerisinde bulunan kükürt dioksit, azot oksitler, uçucu organik bileşikler (UOB), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), pestisitler, insektisitler, metaller gibi birçok kirlenici, insan sağlığı için oldukça tehlikelidir. Bu maddelerin çok az miktarlarının bile insan vücudunda toksik ve kanserojen etkiye sebep olduğu bilindiği için havadaki miktarlarının kontrol edilmesi oldukça önemlidir.

Uçucu Organik Bileşikler (UOB'ler), birçok endüstri kolunda hammadde olarak kullanılan, oda sıcaklığında hava ile direk temas halinde aniden buharlaşan, fotokimyasal reaksiyon ile atmosferde hava kirliliğine neden olan alifatik veya aromatik yapıli hidrokarbonlardır (Maroni vd., 1995).

Atmosferdeki en önemli UOB kaynaklarını; endüstriyel prosesler, solvent kullanımı, petrol rafineleri, motorlu taşıtların egzoz emisyonları, akaryakıt depolama ve dolum tesisleri oluşturmaktadır (Lincoln vd., 1998). Çeşitli faaliyetler sonucu havaya karışan bu kirlenicilerin insanlar tarafından solunması ile doğrudan maruziyet oluşurken; havadan toprak, suya geçerek bitki, hayvanlara ve diğer canlılara geçerek besin zincirine karışmaları ile dolaylı maruziyet oluşmaktadır. Vücuda giren kimyasalların birikimi ve emilimi sonucunda meydana gelen olumsuz sağlık etkileri hava kirliliğinin en önemli sonucudur.

Uçucu organik bileşiklerden BTEX olarak adlandırılan benzen, toluen, etilbenzen, ksilen en fazla sağlık riski oluşturan türleri olup, şehir atmosferinde metan dışı UOB'lerin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır (Hoque vd., 2008). Benzen, Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı (IARC) tarafından (Grup 1) KANSEROJEN olarak tanımlanmıştır. Bunun dışındaki diğer gazlar toksik etkiye sahiptir (WHO, 1993).

Tablo 1. Bazı Uçucu Organik Bileşikler için Toksikite Değerleri

KİMYASAL	REFERANS DOZ (mg/kg/gün)	KANSER FAKTÖRÜ (mg/kg/gün) ⁻¹	US EPA Kanser Sınıflandırması
Benzen	8.57x10 ⁻³	2.73x10 ⁻²	A (Kanserojen)
Toluen	1.14x10 ⁻¹	-	-
Etilbenzen	2.86x10 ⁻¹	-	-
Ksilen	2.86x10 ⁻²	-	-
Stiren	2.86x10 ⁻¹	-	-
Karbon tetraklorür	7x10 ⁻⁴	1.3x10 ⁻¹	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)
Kloroform	1x10 ⁻²	6.1x10 ⁻³	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)
Vinil klorür	9x10 ⁻³	0.6	C (Kanserojen olma ihtimali var)
Metil klorür	6x10 ⁻²	7.5x10 ⁻³	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)
Etilen dibromür	-	85	B2 (Kanserojen olma olasılığı yüksek)

Kaynak: (US EPA, 1998 a, b).

Yaptığımız bu çalışmada, pasif örnekleme tüpleri kullanılmıştır. Pasif örnekleme tüpleri küçük boyutlu olmaları, kullanımının kolay ve ucuz olması, herhangi bir güç kaynağına ihtiyaç duyulmaması, yoğun insan gücü gerektirmemesi, uzun süreli ve çok sayıda farklı noktalarda eş zamanlı örnekleme çalışmalarının gerçekleştirilebilmesi gibi çok sayıda avantaja sahiptir (Buffoni, 2002; Krol vd.,2010).

Giresun İlinde özellikle kış aylarında sabah ve akşam saatlerinde meydana gelen yoğun sis tabakası oldukça dikkat çekicidir. İlimizde, yoğun bir ağır sanayi olmamasına rağmen plansız kentleşme, Giresun sahil yolunun çevre iller tarafından kullanılması (yoğun trafiğe maruz kalması) sonucu açığa çıkan egzoz gazları, yüksek kükürtlü yakıtların kullanılması gibi etkenler şehrin havasında gözle görülür şekilde kirliliğe sebep olmakta, insan ve çevre sağlığı üzerinde önemli bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. Ayrıca, denize paralel seyreden dağların birden yükseliş göstermesinden dolayı kirliliği hava şehrin üzerinde kalmakta ve yağışlarla birlikte yeryüzüne inmektedir. Bu sebeple şehri kirleten etkenler arasında yer almaktadır (URL-1, 2020).

Bu çalışmayla, Giresun İlinde ısınma amaçlı olarak hem doğal gaz kullanılması hem de kömür kullanımının dolaylı, dış ortam havasındaki BTEX-VOC miktarının mevsimsel olarak belirlenerek istasyonlar arasında belirgin bir farklılığın olup olmadığı ve farklı aktif karbonlar kullanılarak (odun, kömür, hindistan cevizi) bu aktif karbonların absorplama özellikleri hakkında fikir edinilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal-Metot

2.1. Araştırma Bölgesi

Giresun ili, doğusunda Trabzon ve Gümüşhane batısında Ordu güneyinde Sivas ve Erzincan güneybatısında yine Sivas illeriyle komşu olup kuzeyi Karadeniz ile kuşatılmıştır. Araştırma, 2018 yılı Ekim-Kasım ayları ile 2019 yılı Şubat-Mart ayları arasında 2 mevsim (Sonbahar-kış) olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, Giresun İli'nde doğalgaz-kömür kullanımının (sanayi, yerleşim, yoğun trafik) olduğu semtlerden 8 istasyon belirlenmiştir ve her bir istasyon için numunelerin 3'ü iç kesime diğer 3'ü ise sahil kesimine bırakılarak BTEX-VOC bakılmıştır.



Şekil 1. Örnekleme tüplerinin yerleştirildiği istasyonlar.

2.2. Giresun İklimi ve Meteorolojisi

Giresun İli dağlarının kıyıya paralel olarak uzanışı nedeniyle, il toprakları üzerinde iki farklı iklim bölgesi oluşmasına neden olmuştur. Karadeniz kıyılarında ılık ve yağışlı iklim sürer. Uzun süreli gözlemlerin ortalamasına göre, merkezde yıllık sıcaklık ortalaması 14.5 °C derecedir. En soğuk ay (Şubat) ortalama sıcaklığı 4.3 °C derecedir. En sıcak ay Ağustos ortalaması ise, 26.6 °C derecedir (URL-2, 2018). Ekim-Kasım 2018-Şubat-Mart 2019 iki mevsim boyunca ortalama rüzgar hızı, sıcaklık, nem ve toplam yağış miktarı Tablo 2.'deki gibidir.

Tablo 2. Giresun İli 2018 Ekim-Kasım ve 2019 Şubat-Mart ayları Meteorolojik Verileri.

Aylar	Ort. rüzgar hızı (m/sn)	Aylık max. rüzgar hızı	Aylık ort. Rüzgar yönü	Aylık max. Rüzgar yönü	Meteorolojik hadise	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Nem (%)	Toplam yağış (kg/m ²)
Ekim 2018	1.2	12.9	333.0 KKB (Yıldız-Karayel)	312.0 KB (Karayel)	Kuvvetli rüzgar (10.8 m/sn üzeri rüzgar hızı)	18.8	70.4	176.9
Kasım 2018	1.1	10.3	329.0 KKB (Yıldız-Karayel)	330.0 KKB (Yıldız-Karayel)	Sert rüzgar (8-10.7 m/sn)	13.8	69.0	159.0
Şubat 2019	1.4	12.3	313.0 KB (Karayel)	173.0 G (Kible)	Kuvvetli rüzgar (10.8 m/sn üzeri rüzgar hızı)	8.4	68.2	67.7
Mart 2019	1.4	14.4	318.0 KB (Karayel)	305.0 BKB (Günbatısı-Karayel)	Kuvvetli rüzgar (10.8 m/sn üzeri rüzgar hızı)	8.8	64.1	58.0

Kaynak: (URL-3, 2019).

2.3. Yöntem

Pasif örnekleme tüpleriyle, atmosferden gaz halindeki kirleticiler toplanmaktadır. Uçucu organik bileşiklerin toplanması için; 6 cm. uzunluğunda şırıngalar alınarak, orta kısmına farklı aktif kömürler (odun, kömür, Hindistan cevizi) doldurulmuş, her iki ucu cam yünü ile kapatılmıştır. Hazırlanan pasif örnekleme tüpleri açık havaya belirlenen yerlere yerleştirilmiştir.

Pasif örnekleme için 3 farklı aktif karbon (odun, kömür, hindistan cevizi) kullanılmıştır. Bu aktif karbonlar katı halde dışarıdan hazır halde alınmıştır. Havanda dövülerek toz halinde getirilen aktif karbonlar etüvde 3 saat yakılmış, cam krozede 1,5 saat soğutulduktan sonra örnekleyici tüplerin orta kısmı odun, kömür, hindistan cevizi olmak üzere 3 farklı aktif karbonla (550± 30 mg.) doldurulmuş her iki ucu cam yünü ile kapatılarak 30 gün dış ortama bırakılmıştır.

Dış ortamdan alınan örnekleme tüplerinin içerikleri desorpsiyon için uygun hacimli falcon tüplerine aktarılmış ve 2 ml analitik saflıkta, düşük benzen içerikli desorpsiyon çözeltisi olan karbon disülfür (CS₂) ilave edilmiştir. Falcon tüpleri hemen vidalı kapaklar ile kapatılarak, ultrasonik banyo kullanarak yaklaşık 30 dakikalık bekleme esnasında ara ara çalkalanarak ya da santrifüj yaparak numune desorpsiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Desorbe edilen ekstrakt (santrifüjle alınan üst sıvı şırınga süzgecinden geçirilerek) örnekleme viallerine alınarak aktif karbondan ayrıştırılır ve vialer silikon/PTFE conta ve vidalı kapaklar ile kapatılarak, analiz edilmek üzere Agilent marka Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometresi cihazına yüklenmiştir. Kalibrasyon standartı olarak High-purity

standarts PAH-HM16C 2000 mikrogram/mL (metilen klorid içinde) sertifikalı standart malzemeler kullanılmıştır.

2.4. Kullanılan Cihazlar

2.4.1. Gaz Kromatografi – Kütle Spektrometresi (GC-MS)

Dış ortamdan toplanan örneklerin analizi için Agilent marka GC-MS Spektrometresi (Gas chromatography–Mass spectrometry) cihazı kullanılmıştır.

2.4.2. GC-MS Cihazının Çalışma Şartları

GC kolonu	DB-VRX 122-1564; 260°C: 60m x 0,25mm x 1,40um film.
Dedektör	Alev İyonizasyon Dedektör (FID).
Dedektör Gazları	FID Dedektör için yüksek saflıkta kuru hava ve hidrojen.
Taşıyıcı gaz	Tüm kromatografik sistemlerde numunenin taşınması için kullanılan yüksek saflıkta Helyum. Helyum 30 cm/sn. 45 °C’de.
Fırın Programı	45°C-10 dk.-12 °C /dk., 190 °C - 2 dk.-6 °C /dk., 225 °C - 1 dk.
Fırın max. Sıcaklık	260 °C
Örnekleyici	Purge: Helyum 11 dk-40mL/dk.
Tutucu	Tenax/Silika jel/Karbosiv
Ön ısıtma	175 °C
Desorb	220 °C-0.6 dk.
Enjeksiyon	Split-110 °C
Split oranı	20:1
Split akışı	36 mL/min

Kaynak: (URL-4, 2020).

2.5. İstatistik Analiz

Tek yönlü varyans analiziyle One-way ANOVA ile incelenmiş olup, farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu durumlarda Post-Hoc testi (Tukey) uygulanmıştır. İstatistiksel analizler SPSS paket programlar yardımıyla yapılmıştır.

3. Bulgular

Tablo 3. Sonuçların Mevsimsel olarak Post-Hoc (Tukey) testine göre istatistik sonuçları (ppm).

Aktif Karbonlar	ODUN					KÖMÜR					H.CEVİZİ					
	B	T	EB	m-p X	o-X	B	T	EB	m-p X	o-X	B	T	EB	m-p X	o-X	
Ekim-Kasım 2018	İSTASYON															
	Güre	41,2±27,72 ^a	27,4±25,33 ^a	*	*	*	28,2±9,70 ^{ab}	17,9±4,70 ^a	*	*	*	19±6,18 ^{ab}	4,10±2,28 ^a	8,27±5,43 ^a	13,7±6,30 ^a	8,70±5,54 ^a
	T.Düzü	33±9,47 ^a	7,16±4,31 ^a	15,3±7,74 ^{ab}	14,5±7,091 ^a	7,75±5,23 ^{abc}	31,5±10,07 ^{bc}	14,7±6,29 ^a	11,2±11,18 ^a	25,7±18,21 ^a	*	41,8±7,72 ^{bc}	6,11±1,59 ^a	29,5±17,51 ^a	45,7±27,07 ^a	36,5±20,09 ^a
	Çıtlakkale	83±55,77 ^a	54,7±50,17 ^a	*	6,87±6,87 ^a	25,1±9,82 ^{bcd}	27,2±13,29 ^{ab}	17,9±9,92 ^a	*	*	9,17±9,17 ^a	25,2±6,77 ^{ab}	4,71±3,66 ^a	28,5±18,74 ^a	66,3±33,70 ^a	65,7±42,15 ^a
	Kumyalı	56,1±28,01 ^a	44,8±34,65 ^a	*	30,7±19,99 ^a	35,5±5,93 ^d	12,41±7,89 ^{ab}	5,81±1,41 ^a	16,1±10,42 ^a	80,7±20,08 ^a	38,4±9,95 ^a	27±7,38 ^{ab}	15,7±7,79 ^a	35,1±9,28 ^a	75,2±19,62 ^a	36,4±8,90 ^a
	Ş.Merkezi	18,1±8,22 ^a	4,31±2,33 ^a	*	2,41±2,41 ^a	24,8±10,59 ^{cd}	48,8±12,41 ^{bc}	30,4±11,91 ^a	48,6±18,87 ^a	116±44,95 ^a	44±22,89 ^a	41,3±4,74 ^{bc}	10,2±3,74 ^a	48,6±12,35 ^a	92±24,53 ^a	37,9±8,43 ^a
	Yeniyol	35,4±9,13 ^a	16,9±8,45 ^a	*	*	*	95±37,95 ^{cd}	58,4±31,45 ^a	80,7±23,01 ^a	103±49,07 ^a	79±44,49 ^a	63,2±9,68 ^{cd}	24,7±8,82 ^a	76,1±38,01 ^a	103±50,14 ^a	53±36,01 ^a
	Sanayi	27,4±8,77 ^a	9,17±1,80 ^a	26,8±16,99 ^b	29,5±19,54 ^a	7,88±7,88 ^{abc}	66,6±17,02 ^{cd}	50,6±22,90 ^a	99±24,79 ^a	200±54,47 ^a	48,3±31,14 ^a	56,5±9,45 ^{cd}	15,1±2,18 ^a	95±33,80 ^a	144±50,71 ^a	22,3±22,33 ^a
Aksu	29,9±8,28 ^a	7,20±2,25 ^a	*	*	*	63,8±5,95 ^d	26,5±2,92 ^a	73,9±36,66 ^a	139±51,98 ^a	53,2±34,85 ^a	73,6±11,40 ^d	25,7±11,80 ^a	88,2±61,18 ^a	151±97,13 ^a	67,8±45,40 ^a	
Şubat-Mart 2019	Güre	0,28±0,28 ^a	*	*	*	5,20±2,52 ^{abc}	0,75±0,75 ^a	*	*	*	8,93±6,15 ^a	1,41±1,41 ^a	*	*	*	4,13±2,52 ^{ab}
	T.Düzü	7,98±5,85 ^a	*	*	*	1,05±0,80 ^{ab}	0,90±0,90 ^a	*	*	*	4,18±2,83 ^a	0,90±0,90 ^a	*	*	*	0,93±0,93 ^a
	Çıtlakkale	6,57±2,93 ^a	*	*	*	0,38±0,28 ^a	*	*	*	*	5,90±2,73 ^a	1,10±1,10 ^a	*	*	*	8,18±2,44 ^{ab}
	Kumyalı	2,23±2,23 ^a	*	*	*	2,63±1,29 ^{ab}	8,67±4,00 ^a	*	*	*	5,98±0,48 ^a	0,90±0,90 ^a	*	*	*	4,13±1,05 ^{ab}
	Ş.Merkezi	6,33±4,57 ^a	*	*	*	7,81±5,37 ^{abc}	*	*	*	*	5,57±2,00 ^a	*	*	*	*	2,73±1,00 ^a
	Yeniyol	1,17±1,17 ^a	*	*	*	3,68±2,10 ^{ab}	4,87±4,87 ^a	*	*	*	14,93±8,05 ^a	1,45±1,45 ^a	*	*	*	23±9,50 ^b
	Sanayi	2,00±2,00 ^a	*	*	*	3,41±1,12 ^{ab}	1,45±0,91 ^a	*	*	*	5,83±2,23 ^a	3,11±3,11 ^a	*	*	*	1,97±1,40 ^a
Aksu	5,83±3,74 ^a	*	*	*	8,30±2,43 ^{abc}	2,15±1,52 ^a	*	*	*	4,27±1,43 ^a	*	*	*	*	7,98±3,81 ^{ab}	

Not :Yukarıdan aşağıya düşey şekilde ANOVA testi yapılmıştır.

*: limit değerinin altındadır.

B: Benzen, T: Toluen, EB: Etil benzen, m-p-X: meta para ksilen, o-X: orto ksilen

Odun Aktif Kömürü ile Yapılan Analizde;

Benzen: Mevsimsel olarak baktığımızda, istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur ($p>0.05$). Kış mevsiminde değerlerin, S.bahar mevsimine göre azaldığı tabloda görülmektedir.

Toluen: Kış mevsiminde toluen değeri tespit edilememiş olup, S.bahar mevsiminde istasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur ($p>0.05$).

Etil benzen: Kış mevsiminde etilbenzen değeri tespit edilememiş olup, S.bahar mevsiminde sadece T.düzü ve Sanayi'de tespit edilmiştir.

m-p Ksilen: Kış mevsiminde m-p Ksilen tespit edilememiş olup, S.bahar mevsiminde istasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur ($p>0.05$).

o- Ksilen: Mevsimsel olarak kıyaslama yaptığımızda S.bahar mevsimi Kumyalı istasyonu ile kış mevsimi Güre, Teyyaredüzü, Çıtlakkale, Kumyalı, Ş. Merkezi, Yenyol, Sanayi, Aksu istasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p<0,05$).

Kömür Bazlı Aktif Kömürü ile Yapılan Analizde;

Benzen: Mevsimsel olarak kıyaslama yaptığımızda, S.bahar mevsimi T.düzü, Ş. Merkezi, Yenyol, Sanayi ve Aksu istasyonları ile kış mevsimi Güre, T.düzü, Kumyalı, Yenyol, Sanayi, Aksu istasyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır ($p<0.05$). Kış mevsiminde değerlerin, S.bahar mevsimine göre azaldığı tabloda görülmektedir.

Toluen: S.bahar mevsiminde istasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yokken ($p>0.05$), kış mevsiminde toluen tespit edilememiştir.

Etil benzen: S.bahar mevsiminde istasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yokken ($p>0.05$), kış mevsiminde etilbenzen tespit edilememiştir.

m-p Ksilen: S.bahar mevsiminde istasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yokken ($p>0.05$), kış mevsiminde m-p Ksilen tespit edilememiştir.

o-Ksilen: Mevsimsel kıyaslama yapıldığında, mevsimler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur($p>0.05$). S.bahar mevsiminde Güre ve Teyyaredüzü'nde o-Ksilen tespit edilememişken, kış mevsiminde tespit edilmiştir (yani artmıştır). Kış mevsiminde değerlerin, S.bahar mevsimine göre azaldığı tabloda görülmektedir.

H. Cevizi Bazlı Aktif Kömürü ile Yapılan Analizde;

Benzen: Mevsimsel olarak kıyaslama yapıldığında, Sonbahar mevsimi T.düzü, Ş. Merkezi, Yeniyol, Sanayi, Aksu ile kış mevsimi Güre, T.düzü, Ç.kale, Kumyalı, Yeniyol, Sanayi istasyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır ($p < 0.05$). Kış mevsiminde değerlerin, S.bahar mevsimine göre azaldığı tabloda görülmektedir.

Toluen: S.bahar mevsiminde istasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yokken ($p > 0.05$), kış mevsiminde toluen tespit edilememiştir.

Etil benzen: S.bahar mevsiminde istasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yokken ($p > 0.05$), kış mevsiminde etilbenzen tespit edilememiştir.

m-p Ksilen: S.bahar mevsiminde istasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yokken ($p > 0.05$), kış mevsiminde sadece Sanayi'de m-p Ksilen tespit edilmiştir.

o-Ksilen: Mevsimsel olarak kıyaslama yapıldığında, kış mevsimi Yeniyol istasyonu ile S.bahar mevsimi Güre, T.düzü, Ç.kale, Kumyalı, Ş. Merkezi, Yeniyol, Sanayi, Aksu istasyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır ($p < 0.05$). Kış mevsiminde değerlerin, S.bahar mevsimine göre azaldığı tabloda görülmektedir.

Yapılan çalışmada mevsimler arasında en yüksek benzen konsantrasyonu odun bazlı aktif kömür ile yapılan analizde, Sonbahar mevsiminde 82,9 ppm ile Çıtlakkale istasyonunda; en düşük konsantrasyon değeri ise kış mevsiminde 0,28 ppm ile Güre istasyonunda tespit edilmiştir.

Kömür bazlı aktif kömür ile yapılan analizde en yüksek benzen konsantrasyonu Sonbahar mevsimi 95 ppm ile Yeniyol istasyonunda; en düşük konsantrasyon değeri kış mevsiminde 0,28 ppm ile Güre istasyonunda tespit edilmiştir.

Hindistan cevizi aktif kömürle yapılan analizde ise, en yüksek benzen konsantrasyonu Sonbahar mevsiminde 73,57 ppm ile Aksu istasyonunda, en düşük konsantrasyon değeri kış mevsiminde 0,9 ppm ile Teyyaredüzü ve Kumyalı istasyonlarında tespit edilmiştir.

Toluen konsantrasyonuna baktığımızda en yüksek değerler Sonbahar mevsiminde olup, odun bazlı aktif kömürde 54,65 ppm ile Çıtlakkale istasyonunda; kömür bazlı aktif kömürde, 40 ppm ile Yeniyol istasyonunda; Hindistan cevizi bazlı aktif kömürde ise 25,65 ppm ile Aksu'da tespit edilmiştir. Kış mevsiminde farklı aktif karbon türlerinde toluen tespit edilememiştir.

Etilbenzen konsantrasyonuna baktığımızda; odun bazlı aktif kömür için Sonbahar mevsiminde Sanayi ve Teyyaredüzü (2istasyonda) tespit edilmiştir. Kömür bazlı aktif kömürde en yüksek konsantrasyon değeri Sonbahar mevsiminde 99 ppm ile Sanayi istasyonunda; hindistan cevizi aktif kömürü ile yapılan analizde ise, Sonbahar mevsiminde 95 ppm ile Sanayi istasyonunda tespit edilmiştir. Kış mevsiminde farklı aktif karbon türlerinde etilbenzen tespit edilememiştir.

m-p Ksilen konsantrasyonuna baktığımızda en yüksek değerler Sonbahar mevsiminde çıkmış olup, odun bazlı aktif kömürde 30,7 ppm ile Kumyalı istasyonunda; kömür bazlı aktif kömürde 200 ppm ile Sanayi istasyonunda, Hindistan cevizi bazlı aktif kömürde ise 151 ppm ile Aksu istasyonunda tespit edilmiştir. Kış mevsiminde farklı aktif karbon türlerinde m-p ksilen tespit edilememiştir.

o-Ksilen konsantrasyonuna baktığımızda en yüksek değerler Sonbahar mevsiminde çıkmış olup, odun bazlı aktif kömürde 35,45 ppm ile Kumyalı istasyonunda; kömür bazlı aktif kömürde 78,95 ppm ile Yeni yol istasyonunda, Hindistan cevizi bazlı aktif kömürde ise 67,83 ppm ile Aksu istasyonunda tespit edilmiştir. Kış mevsiminde odun ve kömür bazlı aktif karbon türlerinde m-p ksilen tespit edilememiştir.

4. Tartışma

Yaptığımız çalışmada, pasif örnekleme yöntemi ile Giresun'da 48 örnekleme noktasında BTEX-VOC miktarları sonbahar ve kış olmak üzere iki mevsim de ölçülmüştür.

Tablo 4. Çalışmamızdaki değerlerin diğer literatür çalışmalarıyla kıyaslanması.

Yapılan çalışmalar	B $\mu\text{g m}^{-3}$	T $\mu\text{g m}^{-3}$	EB $\mu\text{g m}^{-3}$	m-p- X $\mu\text{g m}^{-3}$	o-X $\mu\text{g m}^{-3}$
Odun bazlı aktif kömür ort.(2019), Giresun, Türkiye (Bizim çalışmamız)	39,8/4,02	29,3/-	336/-	786/-	416/9,70
Kömür bazlı aktif kömür ort.(2019), Giresun, Türkiye (Bizim çalışmamız)	46,7/24,5	27,8/-	41,3/-	83,6/-	33,4/61,1
H. cevizi bazlı aktif kömür ort.(2019), Giresun, Türkiye (Bizim çalışmamız)	43,4/17,2	14,8/-	52,5/-	134/-	41/105
Karaca, F., (2011) kentsel bölge, Tarihi Yarımada, İstanbul, Türkiye	0,88	6,80	0,34	0,86	0,58
Buczynska vd., (2009), Trafik yoğun ve kentsel bölge, Antwerp, Belçika	1,6/2,5	7,0/9,5	0,9/1,6	2,3/3,4	0,9/1,3
Pekey ve Yılmaz (2011), Endüstriyel ve kentsel bölge, Kocaeli, Türkiye	2,26	35,51	9,72	36,87	12,46
Hoque vd., (2008), Kentsel bölge, yoğun trafik, Delhi, Hindistan	48- 110	85-191	7-24	30-90	15-41
Truc Vo vd., (2004), yoğun trafik, Hanoi, Vietnam	30-123	38-87	9-24	26-56	13-30
Miller vd., (2012), Kentsel ve endüstriyel bölge, Ontario, Kanada	0,76	2,75	0,45	1,36	0,47

Ölçülen BTEX kirlilik seviyelerinin Tablo 4.1'de karşılaştırılan çalışmalardan yüksek olduğu, ancak kömür ve hindistan cevizi bazlı aktif kömürle yaptığımız analizdeki benzen değerinin (Hoque vd., 2008), kentsel ve yoğun trafiğin olduğu bölge olan Delhi, Hindistan'daki değere yakın olduğu görülmektedir. Tablo 4'de Buczynska ve arkadaşlarının 2009 yılında yoğun trafiğin olduğu ve kentsel bölge olan Belçika'nın Antwerp şehrinde yapmış oldukları çalışmada, trafik anayol yenileme çalışmaları yapılmadan önce ve yapıldıktan sonra BTEX ölçümleri yapılmıştır. Bu iki ayrı değer

taksim işareti (/) kullanılmak sureti ile verilmiştir. Bu çalışmada, trafiğin yoğun olduğu yerdeki trafik şeridi azaltılarak hava kalitesini artırmak amaçlanmıştır ancak trafik artışının doğrusal ve düzenli bir şekilde tüm BTEX bileşenlerinde artışa neden olduğu rapor edilmiştir (Buczynska vd., 2009). Odun bazlı aktif kömürle yaptığımız analizdeki kış mevsimi benzen değerinin, trafik şeridi azaltılmasından sonraki benzen değerine ve Pekey ve Yılmaz'ın Kocaeli'de yapmış oldukları çalışmadaki değere yakın olduğu görülmektedir.

Toluen/Benzen (T/B) oranı trafikten gelen kirliliği gösteren önemli parametredir. Literatürde yoğun trafiğin olduğu bölgelerde bu oran yaklaşık 2, kırsal alanlarda ise, 1-6 arasında bulunmuştur (Elbir vd., 2007). Düşük T/B oranına; aromatikler bakımından zengin benzinin yanısıra, konut ısınmasında kullanılan fosil yakıtlar da neden olabilmektedir (Elbir vd., 2007). Bu çalışmada istasyonların T/B oranları; odun, kömür ve h. cevizi bazlı aktif kömürler için sırasıyla 0,453; 0581; 0,298 olarak bulunmuştur.

5. Sonuç ve Öneriler

Çalışmamız mevsimsel olarak değerlendirildiğinde; ölçülen BTEX konsantrasyonlarının, kış mevsimine kıyasla sonbahar mevsiminde daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Kış mevsiminde, sadece benzen ve o-Ksilen tespit edilmişken, TEX bileşenleri (Toluen, Etilbenzen, m-p Ksilen değerleri) tespit edilememiştir.

Yaptığımız çalışmada, mevsimler göz ardı edilerek istasyonlara göre değerlendirildiğinde; benzen ve toluen değerleri odun, kömür ve hindistan cevizi bazlı aktif kömürler için sırasıyla Çıtlakkale, Yeniyol ve Aksu istasyonlarında; Etilbenzen değeri Sanayi-Teyyaredüzü, Sanayi, Sanayi istasyonlarında; m-p Ksilen: Kumyalı, Sanayi, Sanayi istasyonlarında; o-Ksilen ise Kumyalı, Yeniyol ve Aksu istasyonlarında yüksek bulunmuştur. Yakıt olarak, doğal gaz ile kömür kullanılan istasyonlar kıyaslandığında ölçülen değerler arasında gerek trafik yoğunluğu, gerekse rüzgarlarla taşınımın olmasından dolayı çok farklılıklar görülmemiştir. Ayrıca mevsimsel olarak ölçümlerin sadece kış ve sonbahar değil diğer mevsimlerde de yapılması ve bu çalışmanın en az iki yıl boyunca yapılması, hava kirliliği konusunda bize daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Bu çalışmadan sonra, 2020 yılı itibarıyla Giresun tamamen doğal gaza geçmiştir. Aktif kömürler aralarında kıyaslandığında, Hindistan cevizi ile yapılan analiz sonuçlarının odun ve kömüre göre daha iyi olduğu görülmektedir. Ayrıca Giresun yoğun bir kirlilikle karşı karşıya görünmektedir. Analizler her mevsim ve uzun vadede yapıldığı takdirde daha sağlıklı sonuçlara ulaşılabileceği düşüncesindeyiz.

Kaynaklar

- Buczynska, A.J., Krata, A., Stranger, M., Godoi, A.F.L., Kontozova- Deutsch, V., Bencs, L., Naveau, I., Roekens, E., Grieken, R.V., 2009. Atmospheric BTEX-concentrations in an area with intensive street traffic. *Atmospheric Environment* 43, 311-318.
- Buffoni, A., 2002. Ozone and nitrogen dioxide measurements in the framework of the National Integrated Programme for the Control of Forest Ecosystems (CONECOFOR). *Journal of Limnology* 61, 69-76.
- Elbir E., Çetin B., Çetin Eylem vd. Characterization of volatile organic compounds (VOCs) and their sources in the air of İzmir, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 133 149-160, 2007.
- Giresun'da hava Kirliliği. <http://www.milliyet.com.tr/yerel-haberler/giresun/giresun-un-hava-kirliligi-raporu-10561340> son erişim tarihi:04.02.2020.
- Hoque, R.R., Khillare, P.S., Agarwal, T., Shridhar, V., Balachandran, S., 2008. Spatial and temporal variation of BTEX in the urban atmosphere of Delhi, India. *Science of the Total Environment* 392, 30-40.
- Karaca, 2011. İstanbul tarihi yarımadasında VOC ve ozonun yer seviyesi yayılımının araştırılması ve risk değerlendirilmesi, Proje sonuç raporu, TÜBİTAK YDABÇAG Proje 109Y174, 2011: 83, Veri Tabanı Adı: TÜBİTAK Destekli Projeler Veri Tabanı, Proje Yer Numarası: 2011-119.
- Krol, S., Zabiegała, B. ve Namiesnik, J., 2010. Monitoring VOCs in atmospheric air II. Sample collection and preparation. *Trends in Analytical Chemistry* 29, 1101-1112.
- Lincoln, R., Boxshall, G., Clark, P., 1998. *VOC, in A Dictionary of Ecology, Evolution and Systematics*, Cambridge University Press, Cambridge, 314.
- Maroni M, Seifert B, Lindvall T. *Indoor Air Quality –A Comprehensive Reference Book*. Elsevier, Amsterdam, 1995.
- Miller, L., Xu, X., Grgicak-Mannion, A., Brook, J., Wheeler, A., 2012. Multi-season, multi-year concentrations and correlations amongst the BTEX group of VOCs in an urbanized industrial city. *Atmospheric Environment* 61, 305-315.
- Pekey, B., Yılmaz, H., 2011. The use of passive sampling to monitor spatial trends of volatile organic compounds (VOCs) at an industrial city of Turkey. *Microchemical Journal* 97, 213-219.
- Tepe Y., Tunç Dede Ö. (2020) Concentrations of PAH Pollution in the Seawaters of Turkey. In: . The Handbook of Environmental Chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60200-2_502.
- Truc, V. T. Q., Oanh, N.T.K., 2007. *Environmental Engineering and Management*, SERD, Asian Institute of Technology, P.O. Box 4, Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand.
- US EPA. Integrated Risk Information System, 1998a. <http://www.epa.gov/iris> US EPA. Carcinogenic effects of benzene: an update. Office of Research and Development, EPA/600/P-97001F. Washington, 1998b.
- WHO-World Health Organization, International agency for research on cancer lists of IARC evaluations according to IARC monographs IARC, Lyon1993.
- URL-1:<http://www.milliyet.com.tr/yerel-haberler/giresun/giresun-un-hava-kirliligi-raporu-10561340> son erişim tarihi:04.02.2020.
- URL-2: <https://mgm.gov.tr/?il=Giresun> web adresinden 11.06.2018 tarihinde erişildi.
- URL-3: <https://mgm.gov.tr/?il=Giresun> web adresinden 20.08.2019 tarihinde erişildi.
- URL-4: <http://www.agilent.com/chem/store> web adresinden 06.02.2020 tarihinde erişildi.