

Gelibolu Hava Kalitesinin Belirlenmesi

Sibel MENTEŞE^{1*} , Müge AYDIN¹ 

ÖZET

Çanakkale'nin Gelibolu ilçesinde hava kalitesi düzeylerinin belirlenmesine yönelik herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Konumu itibariyle özellikle Gelibolu feribot iskelesi çevresindeki karayolunda ve Çanakkale Boğaz hattında deniz trafiği hava kirletici potansiyeli olan önemli kaynaklardır. Bu çalışmanın amacı; özellikle trafik kaynaklı hava kirliliğinin göstergelerinden olan uçucu organik bileşik (UOB) düzeylerinin Gelibolu'da farklı örnekleme noktalarında mekânsal ve zamansal olarak belirlenmesidir. İlaveten, Gelibolu'da hava kalitesi izleme istasyonu bulunmaması nedeniyle, en yakınındaki Çanakkale-Merkez ve Lapseki istasyonlarında ölçülen hava kirletici düzeyleri ile meteorolojik parametrelerin arasındaki ilişkiler de araştırılmıştır. Gelibolu'da trafik yoğunluğuna göre belirlenen 7 örnekleme noktasından Haziran – Kasım 2020 tarihleri arasında pasif örnekleme tekniği ile 57 UOB örneği toplanmıştır ve Termal desorber – Gaz Kromatografi cihazlarında analiz edilmiştir. UOB' ler arasında hedef türler benzen, toluen ve ksilenler (BTX) ile toplam uçucu organik bileşiklerdir (TUOB). Çalışmanın sonuçlarına göre, trafik yüküne paralel olarak UOB düzeyleri çalışma boyunca mekânsal ve mevsimsel olarak değişmiştir. Özellikle ülke genelinde uygulanan COVID19 kısıtlamalarının ardından yeniden açılmalar ile birlikte trafikteki araç sayısında ve gemi/feribot seferlerinin sıklığında kademeli olarak artış olmuştur. TUOB seviyeleri çalışmanın başlangıcında $43,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ten $97,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyesine yükselmiştir. Aynı artış eğilimi benzen, toluen ve ksilenler için de gözlenmiştir. Çalışma süresince ortalama değer olarak hava sıcaklığı $23,3^\circ\text{C}$, bağıl nem %70 ve rüzgar hızı $4,5 \text{ m/s}$ olmuştur. En yüksek TUOB düzeyi feribot kullanan araçların çevre yoluna çıkan ve feribot iskelesine giden yol hattı üzerindeki G6 noktasında ($99,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ölçülmüştür. Ayrıca, çalışma boyunca Gelibolu'ya en yakın lokasyondaki iki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen NO_2 seviyeleri ile UOB seviyeleri arasında bulunan pozitif anlamlı ilişki, ortak kaynak (lar) dan salınmış olabileceğine işaret etmektedir ($p < 0,05$). Genel olarak, bu çalışma hem rutin günlük trafiğin hem de yeniden açılma sonrasında feribota araç yüklemenin hava kirletici seviyelerine katkıda bulunduğunu göstermiştir. Gelibolu'da hava kalitesini belirlemeye yönelik yapılan bu ilk çalışma, özellikle Çanakkale 1915 köprüsü kullanıma geçmeden önce bölgedeki trafik kökenli hava kalitesini ortaya koymaya katkı sağlamıştır.

Article Info

*Corresponding author:

e-mail:
sibelmentese@gmail.com

Institution: ¹ Çanakkale
Onsekiz Mart University

Article history

Received: 20/08/2023

Accepted: February 08/01/2024

Available online: 03/05/2024

Anahtar Kelimeler:

Gelibolu, Hava kalitesi, Hava
kirleticiler, Uçucu organik
bileşikler

Keywords:

Gelibolu, Air quality, Air
pollutants, Volatile organic
compounds

How to Cite: S. Menteşe, M.
Aydın
" Gelibolu Hava Kalitesinin
Belirlenmesi", *Environmental
Toxicology and Ecology*, c. 4,
sayı. 1, ss. 11-25, 2024.

DOI: 10.59838/etoxec.1346416

Assessment of Gallipoli Air Quality

ABSTRACT

No study has been conducted to determine the air quality levels in Gallipoli town of Çanakkale. On the other hand, sea traffic, especially on the highway around the Gallipoli ferry port and on the Çanakkale Strait line, is potential important sources of air pollutants due to its location. The aim of this study was spatial and temporal determination of volatile organic compounds (VOCs), which is one of the indicators of traffic-induced air pollution, at different sampling points in Gallipoli. In addition, since no air quality monitoring station is available in Gallipoli, the relationships among the measured air pollutant levels, meteorological parameters and other air pollutants' levels at the two closest stations, Çanakkale-Central and Lapseki stations, were also investigated. A total of 57 VOCs samples were collected by passive sampling technique from 7 sampling points in Gallipoli, determined according to traffic density, between June and November 2020. VOC samples were analyzed by thermal Desorber – Gas Chromatography. Among VOCs, target species of this study were benzene, toluene and xylenes (BTX) and total volatile organic compounds (TVOC). According to the results of this study, VOCs levels varied spatially and seasonally throughout the study, in parallel with the traffic loads. There has been a gradual increase in the number of vehicles in traffic and the frequency of ship/ferry voyages, especially with the re-opening after the COVID19 restrictions applied throughout the country. TVOC levels increased with the start of the study from 43.21 µg/m³ to 97.81 µg/m³. The same increasing trend was observed for benzene, toluene and xylenes as well. During the study, the air temperature was 23.3°C, the relative humidity was 70%, and the wind speed was 4.5 m/s as the average value. Throughout the study, the highest TVOC level was measured at the G6 point (99.9 µg/m³), which is the sampling point on the road line leading to the road of the ferry-using vehicles and to the ferry port. In addition, the positive significant relationship between VOC levels and NO₂ levels, measured at the two air quality monitoring stations closest to Gallipoli throughout the study, indicates that both pollutants may have been released from a common source(s) ($p < 0.05$). Overall, this study showed that both routine daily traffic and vehicle loadings on the ferry after re-opening contribute to the levels of air pollutants. This study contributed to revealing the traffic-based air quality in this region, particularly right before the Çanakkale 1915 bridge was in use, the fact that it has been the first study to monitor air quality in Gallipoli.

1. GİRİŞ

Güncel olarak hava kirliliği, artan endüstriyelleşme, kentleşme ve trafik yükündeki belirgin artışın sonucu olarak dünya çapında ciddi bir halk sorunu haline gelmiştir [1,2]. En önemli hava kirleticilerinden olan partikül madde (PM), ozon (O₃), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), Azot dioksit (NO₂), uçucu organik bileşikler (UOB'ler) ve aromatik hidrokarbonlar (PAH) yoğun bir endişe kaynağıdır [3]. Ülkemizde kentsel sanayileşmenin hızla gelişmesiyle birlikte, insan faaliyetlerindeki artış çoğu alanda önemli ölçüde daha yüksek antropojenik UOB emisyonlarına yol açmıştır [4,5]. Uçucu organik bileşikler, kentsel atmosferdeki en önemli hava kirletici gruplarından biridir. Yer seviyesindeki ozon, fotokimyasal oksidanlar ve duman olaylarının oluşumunda önemli rol oynar ve ekosistem için zararlıdır. Bu, özellikle fotokimyasal reaksiyonlarda yer alan ve ozonun öncüsü olan Azot monoksiti (NO) NO₂'ye oksitleyebilen ana radikal kaynakları olan toluen ve ksilenler gibi aromatik UOB'ler için geçerlidir [6]. Kentsel alanlarda araç trafiği, UOB'lerin ve özellikle benzen ve alkil benzenlerin ana kaynağıdır. BTEX bileşikleri, genel olarak merkezi

sinir hasarları ve solunum rahatsızlıklarına yol açmaktadır [7]. Havadaki benzen halkası içeren birçok bileşik kanserojenik, teratojenik veya mutajeniktir; insan vücuduna solunum yolu, cilt ve diğer yollarla doğrudan girerek insan sağlığını ciddi şekilde etkileyebilir [8,9]. Atmosferdeki benzen bileşiğinin temel kaynağı, benzinle çalışan arabalardan salınan emisyondur [10]. Benzen, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) [11] ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı [12] tarafından insan kanserojen olarak sınıflandırılmıştır. Toluene bileşenine akut maruziyet neticesinde toksisite rapor edilmiş olup yüksek dozda kullanımı veya mesleki maruziyeti ölümlü sonuçlanabilmektedir [13]. Ksilenler petrokimya tesislerinden, yangın, sigara dumanı ve otomobillerden hava ortamına salınmaktadır. Kısa süreli maruziyet neticesinde burun, göz ve boğazda tahrişle başlayan semptomlar sonrasında nörolojik ve sindirim sistemini etkilerken; uzun süreli maruziyet solunum, dolaşım ve merkezi sinir sistemini etkilemektedir [14].

Ülkemizde UOB düzeylerini belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmaların genellikle kentsel ortamlarda yapılmıştır. Ankara’da UOB konsantrasyonları yol kenarı, yerleşim bölgesi ve arka plan olmak üzere üç farklı bölgede farklı mevsimlerde incelendiği bir çalışmada, ortalama değer olarak toluen 13,1 µg/m³ ve benzen için 12,6 µg/m³ olarak gözlemlendiği ve yol kenarında UOB düzeylerinin, diğer bölgelere göre oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir [15]. İzmir havasında en sıklıkla gözlenen UOBlerin sırasıyla toluen, ksilen, benzen ve alkilbenzen olduğu ve BTX düzeylerinin diğer şehirlere göre oldukça yüksek olduğu ve taşıt emisyonlarından kaynaklandığı saptanmıştır [16]. Bursa havasındaki UOB düzeylerinin zamansal değişim gösterdiği; trafiğin yoğun olmasına bağlı olarak hafta içi günlerde daha yüksek olduğu pek çok kirlenici kaynağın bulunduğu vurgulanmıştır [17]. Ankara Üniversitesinde kampüsünde benzen 2,18 µg/m³, toluen 7,89 µg/m³, etilbenzen 0,85 µg/m³ ve Ksilenler 2,62 µg/m³ olarak ölçülmüştür [18]. Düzce’de UOB düzeylerinin mekansal ve mevsimsel değişiminin araştırıldığı bir çalışmada en önemli kirlilik kaynağı trafik olarak gösterilirken; özellikle benzinli – dizel motorlu taşıtların UOB emisyonlarını etkilediği vurgulanmıştır [19].

Avrupa’da ekonominin gelişmesi ve Alp bölgesinde devam eden karayolu ve tünel inşaatı nedeniyle, trafik yoğunluğundaki artışın UOB düzeylerini belirgin olarak arttırdığı gözlenmiştir [20]. Yunanistan’ın Ioannina şehrinde yapılan bir çalışmada trafik yoğunluğunun fazla olduğu saatlerde BTX bileşiklerinin daha yüksek olduğu ve benzen konsantrasyonunun 110 µg/m³’ye kadar çıktığı belirlenmiştir [21]. Brezilya’nın Salvador şehrinde BTEX bileşiklerinin temel kaynağı olarak trafik emisyonu gösterilmiştir ve bu nedenle araç emisyonlarını kontrol etmek için etkin bir yasal düzenlemenin yapılması önerilmiştir [22]. Vietnam’da farklı karakteristiklerdeki bölgelerde yapılan bir çalışmada, en yüksek UOB düzeylerine yüksek trafik hacimli endüstriyel bölgede olduğu ve BTEX seviyelerinin trafik yoğunluğuyla paralel olarak artış gösterdiği saptanmıştır [23]. 2006-2010 yılları arasında Şanghay’da 15 ana yol ve üç örnekleme noktasında yürütülen bir çalışmada, yağış ve rüzgâr yönü gibi meteorolojik koşulların UOB düzeylerini etkilediği ve trafik yoğunluğu ile insan faaliyetlerinin yoğunluğu ile gözlenen UOB düzeyleri arasında ilişki bulunmuştur [24].

Çanakkale’nin 3 farklı ilçesinde 1 yıl süreyle gerçekleştirilen bir çalışmada, TUOB düzeyleri sırasıyla en yüksek endüstriyel nitelikteki Çan ilçesinde, trafik yoğunluğunun fazla olduğu Merkez ilçede ve kırsal nitelikteki Lapseki ilçesinde gözlenmiştir [25]. Denizel ve karasal taşıtlardan hava ortamına UOB’lerin yayıldığı bilinmektedir. Bu bağlamda, Çanakkale’nin karşılıklı olarak Çanakkale Boğazı’nda konumlanmış olan Kilitbahir ve Çanakkale İskeleleri civarında yapılan bir çalışmada ise BTEX düzeyleri benzer olarak

gözlenmiştir [26]. Çanakkale Boğazında dönemsel değişim gösteren liman trafiği ve transit gemi geçişlerinin hava kalitesini UOB kompozisyonu açısından etkileyebilir. Covid19 pandemisi nedeniyle uygulanan kapanma ve seyahat yasakları da trafik yoğunluğunu ve dolaylı olarak havadaki başta UOBler olmak üzere trafik-kaynaklı hava kirleticilerin kompozisyonunda değişikliklere yol açabilir. Gelibolu ilçesinde Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği [27] kapsamında sınır değerleri belirlenmiş olan ve genel halkın maruz kaldığı hava kirleticilerin düzeylerini ortaya koyabilecek ve klasik hava kirleticiler olarak nitelendirilen PM, SO₂, NO_x, ozon ve CO düzeylerini sürekli olarak takip eden herhangi bir otomatik veya mobil hava kalitesi izleme istasyonu bulunmaktadır. Ayrıca, denizel ve karasal trafik emisyonlarının önemli bir potansiyel kaynak olduğu bilinmesine karşın, UOBler gibi diğer önemli hava kirleticilerin düzeylerini belirlemeye yönelik de bir çalışma mevcut değildir.

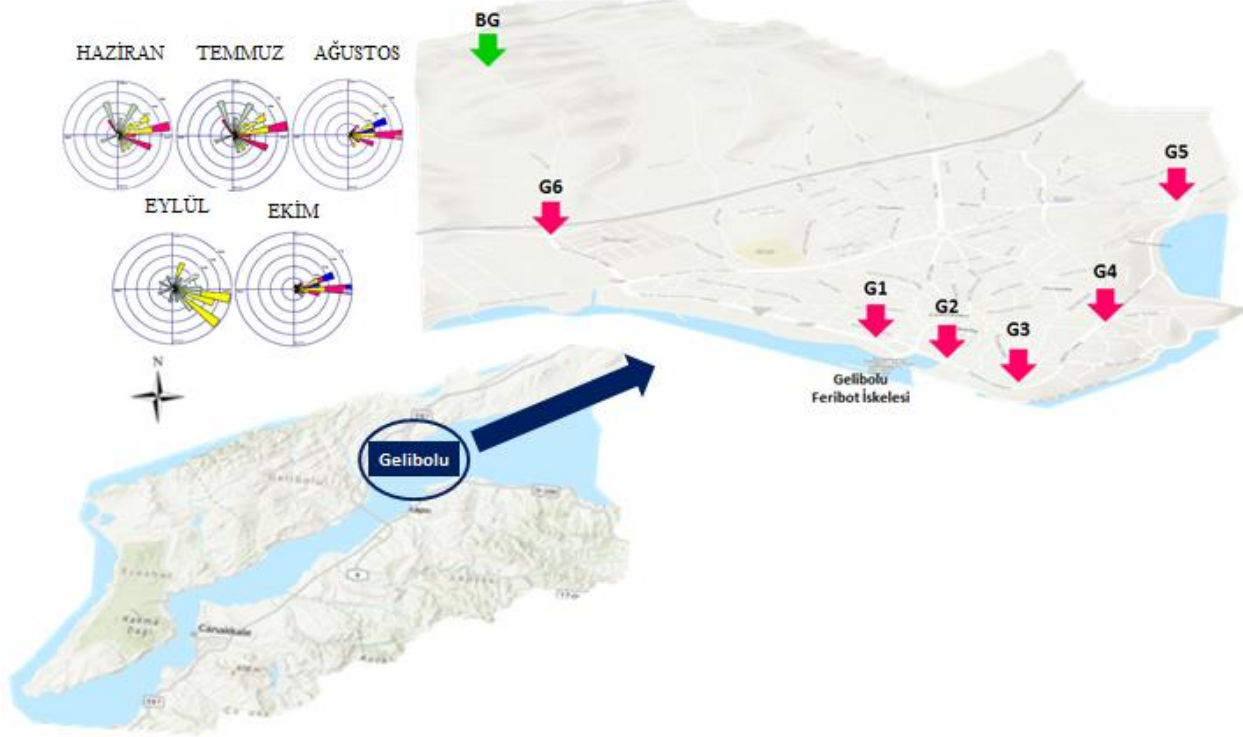
Bu çalışmanın amacı, Gelibolu limanındaki karayolu ve deniz trafik yükleri ile Covid19 pandemisi nedeniyle kapsamında sokağa çıkma ve seyahat kısıtlamaları uygulamalarının etkilerini de göz önünde bulundurarak Gelibolu'da 7 farklı örnekleme noktasında pasif örnekleme tekniği ile UOB'lerin zamansal ve mekânsal değişimini belirlemektir. Ayrıca, ölçülen UOB seviyeleri ile Çanakkale-Merkez ve Lâpseki'de bulunan otomatik hava kalitesi izleme istasyonları tarafından ölçülen hava kirleticileri ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkileri belirlemektir.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Çalışma Alanı ve Çalışma Dönemleri

Bu çalışmada Çanakkale iline bağlı Gelibolu ilçesinde 6 aylık bir periyotta UOBler ve diğer izlenen klasik hava kirleticilerin düzeyleri belirlenmiştir [28]. Çalışma, 8 farklı dönemsel periyotta (D1 - D8) kesintisiz olarak 22 Haziran ile 3 Kasım 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Gelibolu ilçesi 44.598 [290] ve 806 km² yüzölçümüne sahiptir ve deniz seviyesinden 24 m yüksekte olan tarihi, turistik ve Avrupa-Asya arasında transit geçiş bölgesi özelliklerindedir [30]. Çanakkale'nin diğer ilçelerine göre, motorlu araç trafiği (Çanakkale Boğazını karşılıklı olarak kullanan arabalı feribottan karaya inen araçlar) kaynaklı özellikle ağır tonajlı araçlar açısından yoğunluğun fazla olduğu bir lokasyon olarak dikkat çekmektedir.

Örnekleme noktaları saha keşfi yapıldıktan sonra trafiğe yakınlık/uzaklık, kentsel/kırsal özellikte olma ve örnekleme noktalarının turizm/seyahat faaliyetleri çerçevesinde işlekliliği de dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, Gelibolu feribot iskelesi ve civarında yer alan 7 pasif örnekleme noktasının 6 tanesi kent içinde (G1 - G6) ve 1 tanesi daha ziyade arka plan (BG) olarak belirlenmiştir (bkz. Şekil 1). Örnekleme noktaları gerek sürüş halindeki araçlar, gerekse park halindeki çok sayıda aracın bulunduğu lokasyonlardır. Bu noktaların temel seçilme nedeni; yıl boyunca sahip oldukları trafik yoğunluğu açısından şehrin hava kalitesini doğrudan etkileyebilecek nitelikteki büyük caddeler olmalarıdır.



Şekil 1. Örnekleme noktaları ve aylık rüzgar gülleri

2.2. Havadan UOB Örneklemesi ve Analizi

Haziran – Kasım 2020 tarihleri arasında pasif örnekleme tekniği kullanılarak örnekleme noktalarından UOB örnekleri US EPA TO17 metoduna göre toplanmıştır. Pandemi kısıtlamaları nedeniyle örnek toplama zamanları değişkenlik göstermekle birlikte, örnekler örnekleme noktalarında 10 gün ila en fazla 3 hafta süre ile bırakılmıştır. UOB örnekleri Tenax TA/Carbograph 1TD sorbentlerini içeren paslanmaz çelikten yapılmış termal desorber tüpleri içerisinde toplanmıştır [26,31]. Tüplerin ortam havasıyla temasını sağlamak ve örnekleme esnasında tüpün içinde bulunan sorbentlerin böcek, toz ve şiddetli rüzgâr gibi hava olaylarından etkilenmemesi için difüzyon kapakları kullanılmıştır [32].

Kalite kontrol prosedürü için, toplanan örneklerin en az %10'u kadar arazi şahiti ve yine en az %10'u kadar laboratuvar şahiti de örneklerin kontaminasyon kontrolü için analiz edilmiştir ve belirgin bir kontaminasyon gözlenmemiştir (sinyal/gürültü < 1,5). Çalışmada hava örneklerinde tayin edilen hedef UOB türleri öncelikli olarak Benzen, Toluen ve Ksilenler (BTX) grubudur. Havada yaygın olarak gözlenen BTX türlerinin miktar tayini için sıvı standart solüsyon kullanılarak (VOC mix-1, Dr. Ehrenstorfer) 7-noktalı kalibrasyon prosedürü uygulanmıştır ($r_2 > 0,995$) [33]. İlâveten, toplam uçucu organik bileşiklerin (TUOB) konsantrasyonları da değerlendirilmiş olup TUOB konsantrasyonları, parafin sıvı standart solüsyonu (piano paraffin mix, Supelco) kullanılarak kromatogramda yeri belirlenen C6'dan (n-hegzan) C16'ya (n-hegzadekan) kadar olan bileşiklerin toluen-eşdeğeri olarak hesaplanmıştır [25-26]. BTX bileşiklerinin tespit sınırı (LOD) yaklaşık olarak 0,05 ug/m³ olarak 7 tekrarlı analiz sonucuna göre belirlenmiştir. Örneklerde azami tespit sınırının üstünde herhangi bir UOB türü gözlenmemiştir. Bu çalışmada örnekleme noktasından örnekleme tüpleri içerisine alınan hava örnekleri Termal Desorber (Markes Inc.) - Gaz Kromatografi/Alev İyonlaşma Detektörü (Agilent Inc.) ile DB-VRX kapiler kolonu

(75 m x 0.45 mm x 2.55 µm, 350 °C) kullanılarak analiz edilmiştir. Pasif UOB örneklerinde tekil UOB konsantrasyonu standart solüsyonlar ile yapılan kalibrasyon işleminden elde edilen denklemler kullanılarak kromatogramlardan elde edilen UOB bileşiğinin kütlesi ve örneklerin havada maruz kaldığı süre baz alınarak Fick'in 1. difüzyon kanununa göre ISO standardına uygun olarak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) hesaplanmıştır [32].

2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada 7 farklı örnekleme noktasından 8 farklı periyotta toplanan hava örneklerindeki BTX ve TUOB konsantrasyonları ile Çanakkale – Merkez ve Lapseki'de kurulu halde bulunan hava kalitesi izlemem istasyonlarında ölçülen hava kirletici düzeyleri ile Gelibolu'da yer alana meteoroloji istasyonundan temin edilen veriler değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler için Statgraphics (free version) paket programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler, kutu grafikleri ve kirlilik haritaları ile sonuçlar görselleştirilmiştir. Ayrıca, parametreler arasındaki ilişkiler ANOVA testi ve Spearman rank korelasyonu ile araştırılmıştır. İstatistiksel anlamlı güven seviyesi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Örnekleme Takvimi ve Meteorolojik Parametrelerin Değişim

Bu çalışmada toplam 54 pasif UOB örneği örnekleme noktalarından çalışma dönemi boyunca toplanmıştır. Yürütülen çalışmadaki örnekleme periyodlarının başlama ve bitiş tarihleri ile çalışma süresince gözlenen ortalama sıcaklık, bağıl nem, hava basıncı ve rüzgar hızına ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmanın başlangıcında ortalama sıcaklık 24,9°C ve sonunda ise 16,3°C olarak; çalışma genelinde ortalama değer olarak bağıl nem %70, hava basıncı 1007,9 hPa ve rüzgar hızı 4,50 m/s olarak gözlenmiştir. Genel olarak her örnekleme periyodu (örnekleme tüplerinin değişim sıklığı) COVID19 kısıtlamaları da dikkate alınarak 15-20 gün aralığında değişmiştir.

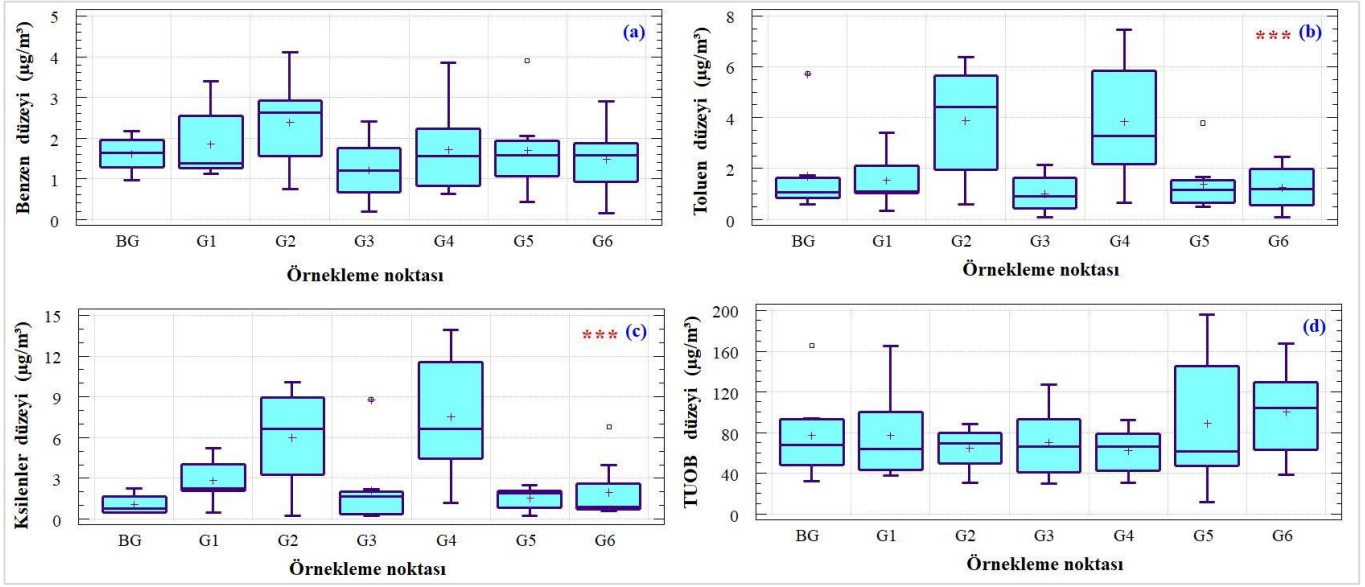
Tablo 1. Çalışma hakkında genel bilgiler

Örnekleme periyodu	Başlama tarihi	Bitiş tarihi	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Bağıl nem (%)	Ort. Hava basıncı (hPa)	Ort. Rüzgar hızı (m/s)
D1	22.06	13.07	24,9	69,5	1006,2	4,95
D2	13.07	04.08	25,5	65,5	1006,4	5,33
D3	04.08	17.08	26,1	64,9	1005,9	5,75
D4	17.08	10.09	25,4	68,3	1007,1	4,59
D5	10.09	22.09	23,3	69,0	1011,0	7,19
D6	22.09	06.10	22,2	67,5	1007,3	2,44
D7	06.10	20.10	19,0	78,0	1009,7	2,86
D8	20.10	03.11	16,3	80,3	1012,6	2,56
Çalışma geneli	22.06 - 03.11.2020		23,3	70,0	1007,9	4,50

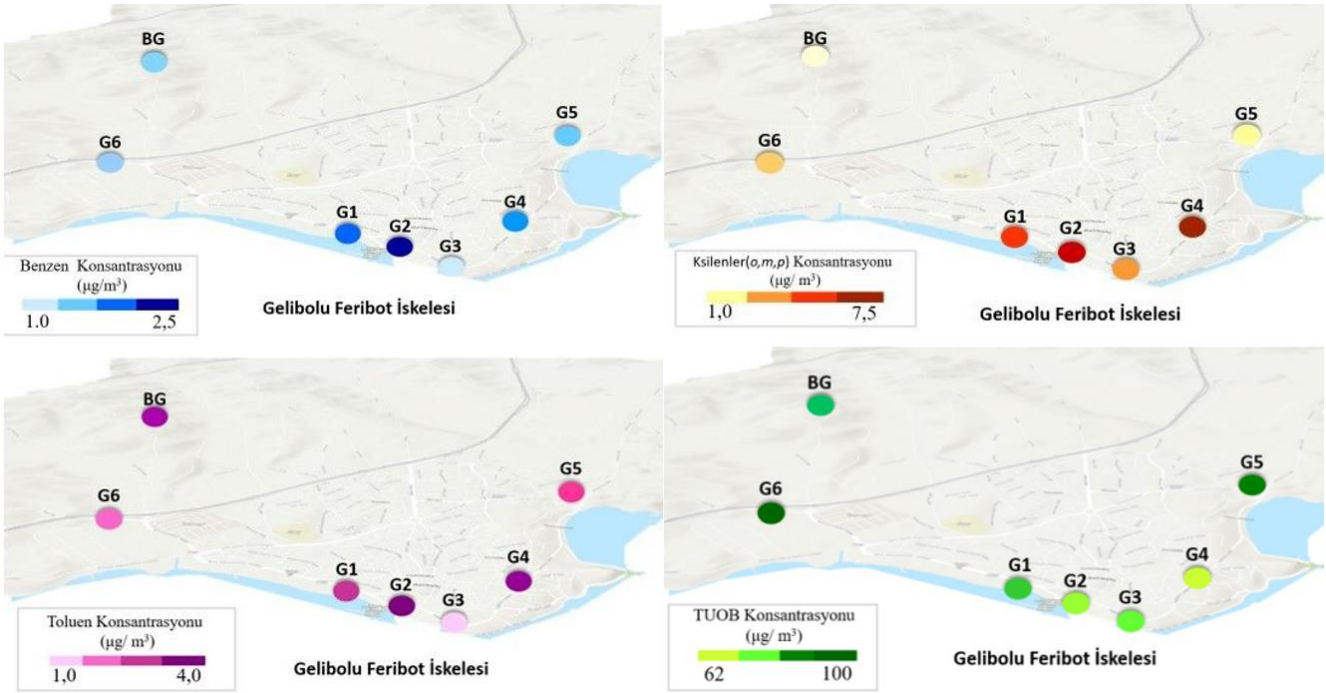
3.2. Örnekleme Noktalarındaki UOB Seviyelerinin Mekansal Değişimi

Örnekleme noktasına göre Benzen, Toluene, Ksilenler ve TUOB konsantrasyonunun çalışma boyunca mekansal değişimi ve harita üzerindeki konsantrasyon dağılımları Şekil 2 ve Şekil 3'de verilmiştir. Buna göre, çalışma boyunca gözlenen ortalama değer olarak en yüksek düzeyler Benzen için G2 noktasında (2,38

$\mu\text{g}/\text{m}^3$), Toluen için Gelibolu feribot limanının bulunduğu G2 ($3,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve G4 ($3,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$) noktalarında, Ksilenler için G4 ($7,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$) noktasında ve TUOB için G6 ($99,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) noktasında gözlenmiştir. En düşük ortalama düzeyler açısından ise Benzen ($1,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Toluen ($1,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$) için G3 noktasında, Ksilenler için BG ($1,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$) noktasında ve TUOB için G4 ($62,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) noktasında gözlenmiştir. ANOVA test sonuçlarına göre, toluen ve ksilenlerin seviyelerinin örnekleme noktaları arasındaki mekânsal değişimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$).



Şekil 2 Örnekleme noktasına göre a) Benzen, b) Toluen, c) Ksilenler (*o*-, *m*-, *p*-) ve d) TUOB konsantrasyonunun mekânsal değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (■: %25-%75, +: aritmetik ortalama, I: medyan, \top \perp : güven aralığını ve *** $p < 0,001$ göstermektedir).

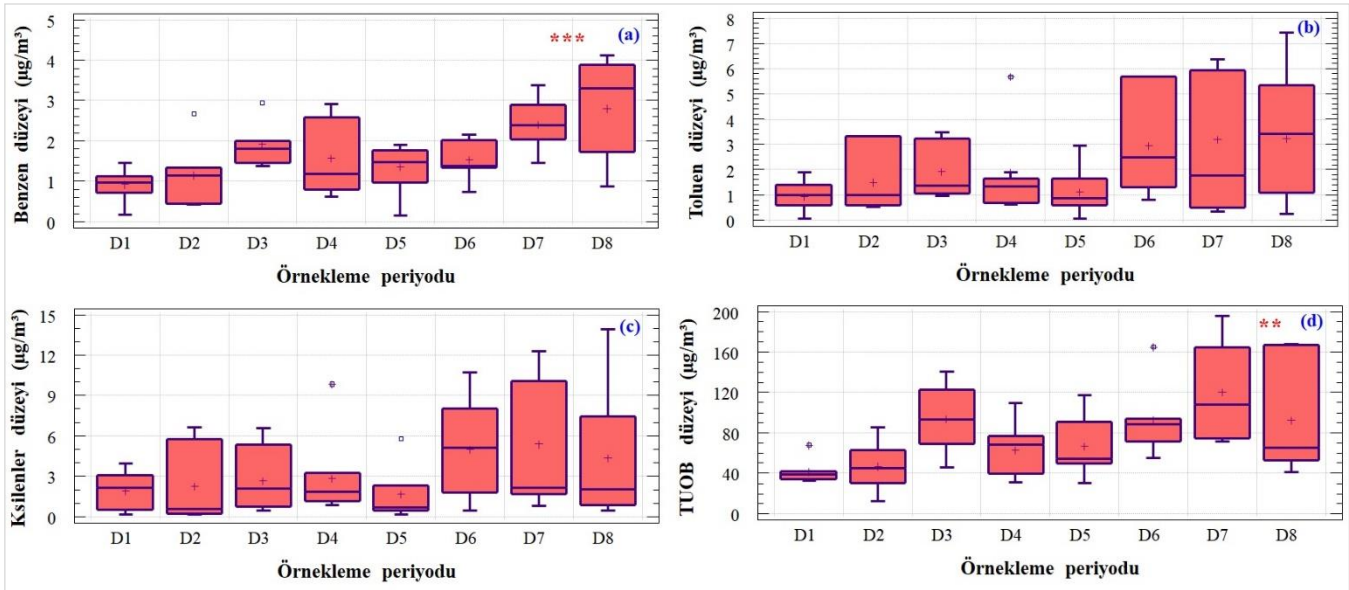


Şekil 3 Çalışma boyunca BTX ve TUOB bileşiklerinin örnekleme noktalarında ortalama konsantrasyonunun mekânsal dağılım haritası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

3.3. UOB Seviyelerinin Zamansal Değişimi

Tüm örnekleme noktalarından alınan pasif hava örneklerinde BTX ve TUOB konsantrasyonlarının örnekleme periyoduna göre zamansal değişimi Şekil 4’de gösterilmiştir. BTX ve TUOB düzeylerinin genellikle çalışmanın başlangıcından sonuna doğru artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. ANOVA testi sonuçlarına göre, Benzen ($p<0,001$) ve TUOB ($p<0,01$) düzeylerinin zamansal değişimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Çalışma dönemi boyunca en yüksek ortalama konsantrasyonlar Benzen ($2,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Toluene ($3,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$) için çalışmanın en son periyodu olan D8’de (20.10 – 03.11. 2020), Ksilenler ($5,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve TUOB ($119,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$) için D7’de (16.10 – 20.10.2020) gözlenirken; en düşük ortalama düzeyler Benzen ($0,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Toluene ($0,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve TUOB ($41,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$) için çalışmanın başlangıcı olan D1 periyodunda (22.06 - 13.07.2020), Ksilenler ($1,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$) için ise D5 periyodunda (10.09 – 22.09.2020) gözlenmiştir. Kurban Bayramı 2020 yılında 31 Temmuz ve 3 Ağustos tarihleri arasında olup çalışma dönemi içerisine denk gelmiştir. Bayramın hemen sonrasındaki dönemde toplanan (04.08 – 17.08.2020) hava örneklerinde bir önceki dönemde toplanan hava örneklerine göre hem BTX grubu, hem de TUOB konsantrasyonlarında artış olduğu görülmüştür. COVID19 kısıtlamaları nedeniyle seyahatlerde ve günlük hayatta göreceli bir normalleşmenin başlamış olması ile trafikteki araç sayısında artış olması bu duruma neden olmuş olabilir.

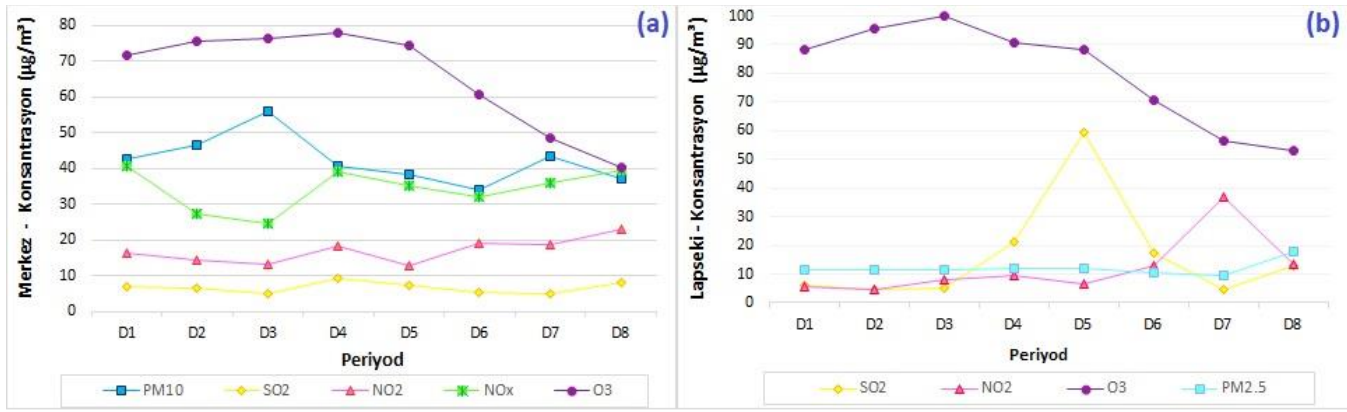


Şekil 4. Örnekleme periyoduna göre a) Benzen, b) Toluene, c) Ksilenler (o-, m-, p-) ve d) TUOB konsantrasyonunun zamansal değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (■: %25-%75, +: aritmetik ortalama, I: medyan, T: güven aralığı; ** $p<0,01$ ve *** $p<0,001$; D1 - D8 örnekleme dönemlerini göstermektedir).

3.4. Çanakkale Merkez ve Lapseki Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları Sonuçlarının Çalışma Dönemine Göre Değerlendirilmesi

Şekil 5’de Çanakkale - Merkez ve Lapseki hava kalitesi ölçüm istasyonlarında ölçülen hava kirletici düzeylerinin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bu çalışmanın örnekleme periyotlarına göre değişimi verilmektedir. Genel olarak beklendiği üzere [34], ozon düzeylerinin güneş ışığının yoğun olduğu dönemlerde fotokimyasal olarak

ozonun oluşumunu hızlandırdığı için yüksek olduğu ve NO₂ düzeylerinin de aksi yönde değişim gösterdiği görülmektedir. Genel olarak SO₂ düzeylerinin çalışma süresince 10 µg/m³'den düşük olduğu, sadece Lapseki'de D5 periyodunda (10-22 Eylül 2020 tarihleri arasında) 59,3 µg/m³'e çıktığı görülmektedir. Bu durum, hava sıcaklığının o dönemde ısınma yakıtı olarak kömür ve benzeri kükürt-içerikli yakıt kullanımı için yeterince soğuk olmaması nedeniyle ani olarak başka bir kaynaktan salındığına işaret etmektedir. PM düzeylerinin ise belirgin bir artış veya azalış eğilimi göstermediği belirlenmiştir. Şekil 5'e göre, Merkez'de en yüksek konsantrasyonlar PM₁₀ için (56,1 µg/m³) D3, NO₂ (23,1 µg/m³) için D8, NO_x (40,5 µg/m³) için D1, SO₂ (9,3 µg/m³) ve Ozon (78,1 µg/m³) için D4 periyodunda; en düşük konsantrasyonlar ise PM₁₀ için (33,8 µg/m³) D6, SO₂ (5,1 µg/m³) için D3, D6 ve D7, NO₂ (12,9 µg/m³) için D5, NO_x (24,4 µg/m³) için D3 ve Ozon (40,3 µg/m³) için D8 periyodunda gözlenmiştir. Lapseki'de en yüksek konsantrasyonlar PM_{2,5} (17,88 µg/m³) ve SO₂ (59,3 µg/m³) için D5, NO₂ (36,9 µg/m³) için D7 ve Ozon (99,81 µg/m³) için D3 periyodunda; en düşük konsantrasyonlar ise PM_{2,5} (9,37 µg/m³) ve SO₂ (4,6 µg/m³) için D7, NO₂ (4,6 µg/m³) için D2 ve Ozon (53,0 µg/m³) için D8 periyodunda gözlenmiştir.



Şekil 5. Çalışma boyunca Çanakkale a) Merkez ve b) Lapseki hava kalitesi ölçüm istasyonlarında ölçülen hava kirleticilerin ortalama düzeylerine ait zaman serisi (µg/m³).

3.5. Gelibolu'da Ölçülen UOB Düzeylerinin Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları Sonuçları ve Meteorolojik Parametrelere Göre Değerlendirilmesi

Çalışma boyunca tüm örnekleme noktalarında belirlenen BTX ve TUOB düzeylerinin meteorolojik parametreler ile arasındaki ilişki Tablo 2'de verilmiştir. Genel olarak UOBlerin kendi arasında belirgin pozitif ilişkiler olduğu ($p < 0,05$); en güçlü ilişkinin toluen ve ksilenler arasında ($R = 0,82$ ve $p < 0,001$) olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle UOBlerin kaynaklarının benzer olduğu söylenebilir. Meteorolojik parametreler açısından ise sıcaklık ve rüzgar hızının UOB düzeyleri ile arasında negatif ilişkinin olduğu; bu durumun da özellikle soğuk dönemde (ısınma da ilave kaynak olabilir) durgun hava koşullarında UOBlerin daha fazla akümüle olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bağıl nem ile UOB düzeyleri arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır ($p > 0,05$). Rüzgar, atmosferdeki hareketliliğin en önemli parametrelerindendir ve kirleticilerin yatayda taşınımını, yani seyrelmelerini sağlamaktadır. Rüzgâr hızı arttıkça, kirletici konsantrasyonlarında azalma meydana gelmektedir. Özellikle deniz gibi bir bölgeden gelen hava akımlarının UOB konsantrasyonlarında azaltıcı etkisi bulunmaktadır ve atmosferdeki UOBlerin düzeyleri hava sıcaklığı ile ters orantılıdır [35,36].

Tablo 2. BTX ve TUOB düzeyleri ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişki

Değişken	Benzen	Toluen	Ksilenler	TUOB	Sıcaklık	Nem	Rüzgar hızı
Benzen	1						
Toluen	0,65***	1					
Ksilenler	0,54***	0,82***	1				
TUOB	0,56***	0,35*	0,24	1			
Sıcaklık	-0,35*	-0,20	-0,20	-0,28	1		
Nem	0,24	0,03	0,11	0,06	-0,84***	1	
Rüzgar hızı	-0,23	-0,33*	-0,31*	-0,27	0,67***	-0,41**	1

Not: Benzen, Toluen, Ksilenler ve TUOB konsantrasyonları $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimindedir; örnekleme döneminde ölçülen hava sıcaklığı $^{\circ}\text{C}$, bağıl nem düzeyi % ve rüzgar hızı m/s biriminde ortalama değer olarak verilmiştir. $n = 56$, tabloda * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ ve *** $p < 0,001$ anlamlılık düzeyinde Spearman korelasyon katsayısını göstermektedir.

Çalışma süresince belirlenen BTX ve TUOB seviyelerinin, Çanakkale - Merkez ve Lapseki hava kalitesi ölçüm istasyonlarında izlenen hava kirletici seviyeleri ile aralarındaki ilişkiler sırasıyla Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmiştir. Buna göre, hava kalitesi istasyonunda ölçülen hava kirleticilerin aralarında anlamlı ilişkiler olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$). Merkez'de SO_2 ile NO_x arasında ($R = 0,60$ ve $p < 0,001$) ve 10 mikrometreden küçük partiküller (PM_{10}) ile Ozon ($R = 0,50$ ve $p < 0,001$) arasında; Lapseki'de ise 2,5 mikrometreden küçük partiküller ($\text{PM}_{2,5}$) ile SO_2 arasında ($R = 0,54$ ve $p < 0,001$) güçlü pozitif ilişki bulunmaktadır. Hava kalitesi istasyonlarında ölçülen hava kirleticiler ile UOBler arasında da anlamlı ilişkiler bulunmuştur ($p < 0,05$). Merkez'de NO_2 ile BTX bileşikler arasında; Lapseki'de NO_2 ile BTX ve TUOB düzeyleri arasında pozitif anlamlı ilişki bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu nedenle NO_2 ve UOBler arasındaki anlamlı ilişkiler, her iki hava kirletici türünün de ortak kaynak(lar)dan salındığına işaret edebilir. Benzer bir çalışma Kilitbahir-Çanakkale iskeleleri için yapılmıştır ve çalışmanın bulguları trafiğin iskele güzergahlarında önemli bir hava kirletici kaynağı olduğuna vurgu yapmıştır [26].

Tablo 3. Çalışma boyunca örnekleme noktalarında ölçülen BTX ve TUOB seviyelerinin Çanakkale-Merkez'deki hava kalitesi ölçüm istasyonunda ölçülen hava kirletici düzeyleri ile ilişkisi.

Merkez	Benzen	Toluen	Ksilenler	TUOB	PM_{10}	SO_2	NO_2	NO_x	O_3
PM_{10}	-0,04	-0,12	-0,11	-0,06	1				
SO_2	-0,18	-0,14	-0,14	-0,37	-0,51***	1			
NO_2	0,29*	0,32*	0,29*	0,25	-0,55***	0,12	1		
NO_x	-0,03	-0,08	0,05	-0,21	-0,41**	0,60***	0,46***	1	
O_3	-0,32*	-0,19	-0,20	-0,26	0,50***	0,08	-0,69***	-0,44**	1

Not: Tablodaki tüm değişkenlerin konsantrasyonları $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimindedir; örnekleme dönemi boyunca Çanakkale-Merkez'de kurulu olan hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen hava kirleticilerin ortalama düzeyleri dikkate alınmıştır. $n = 56$, tabloda * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ ve *** $p < 0,001$ anlamlılık düzeyinde Spearman korelasyon katsayısını göstermektedir.

Tablo 4. Çalışma boyunca örnekleme noktalarında ölçülen BTX ve TUOB seviyelerinin Çanakkale-Lapseki'deki hava kalitesi ölçüm istasyonunda ölçülen hava kirletici düzeyleri ile ilişkisi.

Lapseki	Benzen	Toluen	Ksilenler	TUOB	PM _{2,5}	SO ₂	NO ₂	O ₃
PM _{2,5}	-0,09	-0,13	-0,19	-0,33*	1			
SO ₂	-0,16	-0,07	-0,08	-0,13	0,54***	1		
NO ₂	0,56***	0,38**	0,32*	0,57***	-0,21	-0,05	1	
O ₃	-0,31*	-0,20	-0,22	-0,23	0,02	-0,03	-0,67***	1

Not: Tablodaki tüm değişkenlerin konsantrasyonları $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimindedir; örnekleme dönemi boyunca Çanakkale-Lapseki'de kurulu olan hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen hava kirleticilerin ortalama düzeyleri dikkate alınmıştır. $n = 56$, tabloda * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ ve *** $p < 0,001$ anlamlılık düzeyinde Spearman korelasyon katsayısını göstermektedir.

Çanakkale ilinin farklı lokasyonlarında daha önce yapılan hava kalitesi araştırmalarının sonuçları ile bu çalışmada Gelibolu'da 7 farklı noktada yapılan ölçümlerin ortalamaları Tablo 5'de karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Çanakkale Boğazı'nın iki yakasında 10 farklı noktadan mevsimsel olarak 1 yıl boyunca alınan pasif UOB örneklerinin ortalamaları dikkate alındığında [33], benzer düzeyde Benzen gözlenmiştir ve Ksilenlerin bu çalışmadakinden daha düşüktür. Çanakkale Boğazının iki yakasında karşılıklı olarak konumlanmış olan Çanakkale ve Kilitbahir iskelelerinde yapılan bir çalışmada, UOB seviyeleri günlük rutin trafikten ve feribotların oluşturduğu karayolu trafiğinden kaynaklı olarak günlük, hafta içi/hafta sonu ve mekânsal olarak incelenmiş ve hava kirliliğine önemli derecede katkı sağladığı gözlenmiştir [26]. Ayrıca, ölçülen BTX ve TUOB düzeylerinin genel olarak bu çalışmadan yüksek olduğu; pandemi nedeniyle trafik yükündeki azalmanın bu farklılığa neden olduğu düşünülmektedir. Çanakkale'nin Merkez, Lapseki ve Çan ilçelerinde 1 yıllık izleme çalışmasında ölçülen TUOB düzeylerinin [25] ise bu çalışmada ölçülen TUOB düzeylerinden en az 2 kat daha yüksek olması, yine pandemi kısıtlamaları nedeniyle trafik yoğunluğundaki ve insan aktivitelerindeki azalmalar ile ilişkili olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 5. BTX ve TUOB düzeylerinin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Çanakkale'nin farklı lokasyonlarında yapılan diğer çalışmalar ile karşılaştırması.

Lokasyon/ilçe	Benzen	Toluen	Ksilenler	TUOB	Kaynak
Çanakkale Boğazı'nın iki yakası	1,7	3,2	1,7	-	[33]
Çanakkale iskelesi	3,5	12,0	11,5	128,8	
Kilitbahir iskelesi	1,9	6,3	5,1	93,1	[26]
Merkez ilçe	-	-	-	-	
Çan ilçesi	-	-	-	-	[25]
Lapseki ilçesi	-	-	-	-	
Gelibolu ilçesi	1,7	2,1	3,3	77,1	Bu çalışma

Düzce'de yapılan bir çalışmada pasif örnekleme yöntemi ile endüstriyel, evsel ve taşıt kaynaklı BTEX'lerin konsantrasyonları araştırılmıştır [19]. Ankara'da yapılan bir çalışmada ise kış döneminde özellikle ısınma amaçlı yakıt tüketiminden dolayı UOB seviyelerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur [37]. Van ilinde taşıtlardan kaynaklanan hava kirleticilerden UOB başta olmak üzere dört kirletici türüne bakılmıştır ve toplam emisyon miktarlarına bakıldığında UOB emisyonunun payı 70,41 ton/yıl olarak belirlenmiştir [38]. İzmir'de UOB seviyesini belirlemek için yapılan bir çalışmada taşıt emisyonlarından kaynaklı en çok

bulunan UOB türleri sırasıyla toluen, ksilen ve benzen bileşikleri olarak saptanmıştır [16]. İstanbul'da yapılan bir çalışmada, dizel araç emisyonlarının UOB düzeylerine katkı miktarları gündüz saatlerinde $7,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve gece saatlerinde $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır [39].

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Gelibolu Tarihi Yarımadasında yapılan ve havadaki UOB kompozisyonunu uzun süreli olarak inceleyen ilk hava kalitesi çalışması olma özelliğine sahip bu çalışma sonrasında bölgedeki BTX emisyonlarının mekânsal ve dönemsel değişimleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; yaz aylarında en düşük BTX bileşikleri gözlenirken, en yüksek BTX bileşikleri sonbahar aylarında gözlenmiştir. Çalışma genelinde Gelibolu'daki tüm örnekleme noktalarında Benzen $1,71 \pm 0,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Toluene $2,10 \pm 1,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Ksilenler $3,28 \pm 3,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve TUOB $77,14 \pm 41,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur(ortalama \pm standart sapma) . Bu çalışma ilk planlandığında COVID19 salgını henüz başlamamış olduğu için, örneklemeler başladığında ise salgın nedeniyle pandemi öncesine göre günlük hayatın tamamen farklı olduğu bir dönem söz konusu olmuştur. Pandemi öncesinde bölgedeki hava kalitesinin belirlenmemiş olması nedeniyle, pandeminin gerek ölçüm yapılan hava kirleticilere, gerekse bölgedeki trafik yoğunluğuna etkisinin karşılaştırılması olarak belirlenmesi mümkün olamamıştır. Bu çalışmada Gelibolu liman ve çevresinde hem günlük rutin trafiğin, hem de araçların feribota yüklenmesi nedeniyle dolaylı olarak karayolu trafiğinin UOB seviyelerine önemli katkısı olduğu ve şehir merkezinde yaşayan insanların sürekli UOB'lere maruz kaldıkları belirlenmiştir. Bu çalışma şimdiye kadar herhangi bir hava kalitesi araştırması yapılmamış Gelibolu için ilk çalışma olduğundan sonuçların bu güzergâhlardaki trafik kökenli hava kalitesinin zaman içinde, özellikle Çanakkale 1915 köprüsü kullanılmaya başlamadan önceki durumu ortaya koymada katkısı olacağı düşünülmektedir.

Finansman

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2020-3131.

Çıkar Çatışması/Ortak Çıkar Beyanı

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması veya ortak çıkar beyan edilmemiştir.

Yazar(lar)ın Katkısı

İlk yazar %55, ikinci yazar %45 katkıda bulunmuştur.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma etik kurul izni veya herhangi bir özel izin gerektirmez.

Araştırma ve Yayın Etiği Bildirgesi (Zorunlu alan)

Yazarlar, makalenin tüm süreçlerinde Environmental Toxicology and Ecology Dergisinin bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uydıklarını ve toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapmadıklarını beyan ederler. Ayrıca karşılaşılabilecek etik ihlallerden Environmental Toxicology and Ecology ve yayın kurulunun hiçbir sorumluluğu olmadığını ve bu çalışmanın Environmental Toxicology and Ecology dışında herhangi bir akademik yayın ortamında değerlendirilmediğini beyan ederler.

REFERANSLAR

- [1] H. R. Ghaffari, Z. Kamari, M. S. Hassanvand, M. Fazlzadeh, M. Heidari. “Level of air BTEX in urban, rural and industrial regions of Bandar Abbas”, Iran; indoor-outdoor relationships and probabilistic health risk assessment. *Environmental Research*, 200, 111745, 2021.
- [2] R. M. Harrison, J. Allan, D. Carruthers, M. R. Heal, A. C. Lewis, B. Marner, A. Williams, A. “ Non-exhaust vehicle emissions of particulate matter and VOC from road traffic: A review”. *Atmospheric Environment*, 118592, 2021.
- [3] X. Han, L. P. Naeher. “A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environment international*”, 32(1), 106-120, 2006.
- [4] B. Li, S. S.S H. Ho, X. Li, L. Guo, ... & X. Fang. “A comprehensive review on anthropogenic volatile organic compounds (VOCs) emission estimates in China: comparison and Outlook”. *Environment International*, 156, 106710, 2021.
- [5] M. Dörter, M. Odabasi, S. Yenisoy-Karakaş.. “Source apportionment of biogenic and anthropogenic VOCs in Bolu plateau”. *Science of The Total Environment*, 731, 139201, 2023.
- [6] G. Eryılmaz. “İstanbul’da Gece Ozonu”, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001.
- [7] X. Cao, Z. Yao, X. Shen, Y. Ye, X. Jiang. “On-road emission characteristics of UOBs from light-duty gasoline vehicles in Beijing, China.” *Atmospheric Environment*, 124, 146-155, 2016.
- [8] X. Lyu, H. Guo, Y. Wang, F. Zhang, K. Nie, J. Dang, ... & G. Zhang. “Hazardous volatile organic compounds in ambient air of China”. *Chemosphere*, 246, 125731, 2020.
- [9] S. Wang, Y. Yan, X. Gao, H. Zhang, Y. Cui, Q. He,... & X. Wang. “Emission Characteristics and Health Risks of Volatile Organic Compounds (VOCs) Measured in a Typical Recycled Rubber Plant in China”. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8753, 2022.
- [10] H. Skov, A. B. Hansen, G. Lorenzen, H. V. Andersen, P. Løfstrøm, C. S. Christensen. “Benzene exposure and the effect of traffic pollution in Copenhagen, Denmark”. *Atmospheric Environment*, 35(14), 2463-2471, 2001.
- [11] IARC. “Some industrial chemicals and dyestuffs”. *IARC Monogr Eval Carcinog Risk Chem Hum*, PMID:6957379, 29: 1–398, 1982.
- [12] US EPA. 2012. “Benzene” <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/benzene.pdf> erişim: 20.12.2023.
- [13] C. J. Davidson, J. H. Hannigan, S. E. Bowen, “Effects of inhaled combined Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes (BTEX): Toward an environmental exposure model.” *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 81, 103518, 2021.
- [14] K. Niaz H. Bahadar F. Maqbool M. Abdollahi. “A review of environmental and occupational exposure to xylene and its health concerns”, *EXCLI J*, 14: 1167-1186, 2015.
- [15] Ö. O. Kuntasal, S.A. Kılavuz, D. Karman, D. Wang, G. Tuncel. “C5–C12 volatile organic compounds at roadside, residential, and background locations in Ankara, Turkey: Temporal and spatial variations and sources.” *Journal of the Air and Waste Management Association*, 63(10), 1148-1162, 2013.

- [16] A. Muezzinoglu, M. Odabasi, L. Onat. "Volatile organic compounds in the air of Izmir, Turkey". *Atmospheric Environment*, 35(4), 753-760, 2001.
- [17] S. Yurdakul, M. Civan, Ö. Kuntasal, G. Doğan, H. Pekey, G. Tuncel. "Temporal variations of VOC concentrations in Bursa atmosphere." *Atmospheric Pollution Research*, 9(2), 189-206, 2018.
- [18] S. Yurdakul, M. Civan, G. Tuncel. "Volatile organic compounds in suburban Ankara atmosphere, Turkey: sources and variability." *Atmospheric Research*, 120, 298-311, 2013.
- [19] Z. Bozkurt, G. Küçükaçıl, N. Polat, Ö. Özden, T.D. Üzmez, E. Gaga, "Düzce İlinde Bazı İnorganik Ve Uçucu Organik Bileşik Konsantrasyonlarının Mevsimsel Ve Alansal Dağılımlarının Belirlenmesi", 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 7-9 Ekim 2015, İzmir.
- [20] A. S. Prévôt, J. Dommen, M. Baumle. "Influence of road traffic on volatile organic compound concentrations in and above a deep Alpine valley." *Atmospheric Environment*, 34(27), 4719-4726, 2000.
- [21] G. A. Pilidis, S. P. Karakitsios, P. A. Kassomenos. "BTX measurements in a medium-sized European city." *Atmospheric Environment*, 39(33), 6051-6065, 2015.
- [22] L. P. Cruz, D. F. Santos, I. F. dos Santos, Í. V. Gomes, A. V. Santos, K. S. Souza. "Exploratory analysis of the atmospheric levels of BTEX, criteria air pollutants and meteorological parameters in a tropical urban area in Northeastern Brazil." *Microchemical Journal*, 152, 104265, 2020.
- [23] V. T. Q. Truc, N.T.K. Oanh. "Roadside BTEX and other gaseous air pollutants in relation to emission sources." *Atmospheric Environment*, 41(36), 7685-7697, 2007.
- [24] C. J. Cai, F. H. Geng, X. X. Tie, Q. Yu, L. Peng, G. Q. Zhou. "Characteristics of ambient volatile organic compounds (VOCs) measured in Shanghai, China." *Sensors*, 10(8), 7843-7862, 2010.
- [25] S. Mentese, N. A. Mirici, T. Elbir, G. T. Tuygun, C. Bakar, M. T. Otkun, S. Oymak. "A comprehensive assessment of ambient air quality in Çanakkale city: emission inventory, air quality monitoring, source apportionment, and respiratory health indicators." *Atmospheric Pollution Research*, 11(12), 2282-2296, 2020.
- [26] S. Mentese, B. Akca, "Hot-spot summertime levels and potential sources of volatile organic compounds (VOC) on roads around Çanakkale and Kilitbahir harbors across Dardanelles strait." *Atmospheric Pollution Research*, 11(12), 2297-2307, 2020.
- [27] Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 2008. RG:06.06.2008-26898.
- [28] M. Aydın, "Uçucu Organik Bileşik (UOB) Kompozisyonunun Gelibolu'da Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2022.
- [29] TÜİK, (2021). "Türkiye İstatistik Kurumu", <https://www.tuik.gov.tr/> Erişim Tarihi: 26.12.2021.
- [30] Gelibolu Belediyesi, (2020), "Gelibolu'nun Tarihçesi." Erişim: 09.11.2021. <http://www.gelibolu.bel.tr/bpi.asp?caid=96&cid=283>
- [31] US EPA, Compendium Method TO-17, "Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes", 1997.
- [32] ISO 16017-2:2003, Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 2: Diffusive

sampling ISO 16000-6, Indoor air — Part 5: Sampling strategy for volatile organic compounds (VOCs) ISO, Geneva, 2003.

- [33] S. Mentese, B. Baş. “A Year - Round Monitoring of Ambient Volatile Organic Compounds Across Dardanelles Strait”, *Journal of Chemical Metrology*, 14(2), 177-189, 2020.
- [34] D. J. Jacob, J. A. Logan, P. P. Murti. “Effect of rising Asian emissions on surface ozone in the United States”, *Geophysical Research Letters*, 26(14): 2175-8, 1999.
- [35] N. Altinkum. “Meteorolojik parametrelerin atmosferik uçucu organik bileşikleri üzerine etkisinin yapay sinir ağları ile modellenmesi”. YtÜ Davutpaşa Kampüsü Örneği.” YtÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2013.
- [36] İ. Çiçek, N. Türkoğlu, G. Gürgen. “Ankara’da hava kirliliğinin istatistiksel analizi”. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 1-18, 2004.
- [37] S. Mentese. “Bina içi hava kalitesinin belirlenmesi ve kaynaklarının tespiti”, (Doktora tezi), Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, s.456, 2009.
- [38] A. Yakın, R. Behçet. “Van ili trafik kaynaklı hava kirleticilerinin emisyon envanteri”. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(3), 1567-1573, 2019.
- [39] S. Demir. “İstanbul atmosferinde uçucu organik bileşik kirliliğinin kaynaklarının belirlenmesi: YtÜ Davutpaşa Kampüsü örneği” Doktora tezi, YtÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.