

Araştırma Makalesi / Research Article

**Üniversite İç Ortam Uçucu Organik Bileşikleri Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi**Sanaz LAKESTANI^{1*}**Investigation of Factors Affecting University Indoor Volatile Organic Compounds****ÖZET**

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi'nin çeşitli binalarından iç hava örnekleri alarak iç ortam hava kalitesini ve kaynaklarını belirlemeyi amaçlayan bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma Bolu'da ilk kez gerçekleştirilmiştir ve uçucu organik bileşiklerin (UOB) konsantrasyonları yaz ve kış mevsimlerinde toplam 35 farklı noktada ölçülmüştür. Örnekler, termal olarak desorbe edilebilen tüpler aracılığıyla pasif örnekleme prensibi kullanılarak toplanmış ve analizi Termal Desorber-Gaz Kromatografi/Kütle Spektrometresi (TD-GC/MS) sistemi ile yapılmıştır. Toplam UOB konsantrasyonu iç mekanda kış mevsiminde 1168,01 µg/m³ ve ikinci dönemde (yaz) 780,70 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel değerlendirmeye göre UOB'leri etkileyen faktörler şunlardır: ana caddeye yakınlık, binanın yeni olup olmaması, binadaki kişi sayısı, kimyasal laboratuvarların varlığı, kafeteryanın olup olmaması, binanın önünde sigara içilmesi, içeride baskı makinesinin bulunması.

Anahtar kelimeler: İç Ortam Hava Kalitesi, Mevsimsel, Uçucu Organik Bileşikler, TD-GC/MS

ABSTRACT

A study was conducted to determine indoor air quality and sources by collecting indoor air samples from various buildings at Bolu Abant İzzet Baysal University. This study, the first of its kind in Bolu, measured volatile organic compounds (VOCs) at 35 different points during both summer and winter. Samples were collected through passive manual inspection using thermally desorbable tubes, and analysis was conducted using the Thermal Desorber-Gas Chromatography/Mass Spectrometry (TD-GC/MS) system. The total VOC concentration was calculated as 1168.01 µg/m³ in the winter season and 780.70 µg/m³ in the summer. Statistical evaluation revealed that factors indicating VOC presence included proximity to the main street, the age of the building, the number of occupants, the presence of chemical laboratories, the existence of a cafeteria, smoking outside the building, and the use of the printing machine.

Keywords: Indoor Air Quality, Seasonal, Volatile Organic Compounds, TD-GC/MS

*Sorumlu yazar: sanzlakestan@ibu.edu.tr (S.LAKESTANI)

¹ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bolu, Türkiye 

Bu çalışma Bilimsel Araştırma Projeleri (2015.31.01.975) tarafından desteklenmiştir.

GİRİŞ

Son yıllarda iç ortam hava kalitesinin insan sağlığı üzerindeki etkilerine olan ilgi giderek artmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği, bir işin yapılması ve devamı sırasında meydana gelen tehlikeli durumlardan ve sağlığa zarar verebilecek her türlü olumsuz şarttan çalışanları uzak tutmayı amaçlayan, daha verimli ve uygun bir çalışma düzeni oluşturma yönünde yapılan sistemli çalışmalardır (Serbest Baz and İlçe, 2023).

Araştırmalar, ABD'de bireylerin zamanlarının %89'unu iç ortamlarda geçirdiğini, gelişmekte olan ülkelerdeki bireylerin ise %79'unun iç mekanlarda geçirdiğini ortaya koymuştur (Jacobson, 2002; Who Regional, 1988). Sofuoğlu ve diğerleri, Türkiye'de bireylerin gün içerisinde ortalama olarak zamanlarının yaklaşık %79'unu kapalı mekanlarda geçirdiklerini belirlemiştir. Bu nedenle iç ortam havasının halk sağlığı üzerinde büyük bir etkisi vardır. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalarda, iç ortam hava kalitesinin bozulmasının çeşitli solunum yolu hastalıklarına (astım vb), alerjik hastalıklara (hipersensitivite pnömonisi gibi), enfeksiyonlara ve kansere neden olabileceği belirtilmektedir (Sofuoğlu and Sofuoğlu, 2011). İç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi, insan sağlığının korunmasına, rahatsızlıklardan kaynaklanan iş kaybının azalmasına ve tıbbi tedaviler nedeniyle ortaya çıkan ekonomik kayıpların önlenmesine yardımcı olacaktır (Bozic et al., 2019). Çeşitli kaynaklardan iç mekan havasına salınan kirleticiler, akut ve kronik sağlık sorunlarına neden olabilir (Lakestani et al., 2013; Lakestani et al., 2022).

Uçucu Organik Bileşikler (UOB'ler), oda sıcaklığında kolayca buharlaşan büyük bir grup karbon bazlı kimyasaldır (Hellén et al., 2002; Ohura et al., 2006). Kanser ve akut ve kronik sağlık patolojilerinin tetiklenmesi dahil üzere çeşitli sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmiştir (Park and Jo, 2004). Havada yüzlerce UOB bulunmaktadır ve bu da iç ortam hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. BTEKS (benzen, toluen, etilbenzen ve ksilen) iç mekanlarda yaygın olarak bulunan uçucu ve yanıcı bileşikler olduğu bilinmektedir (Isinkaralar et al., 2023). Benzen, toluen ve ksilen gibi

maddeler, benzin, yağlar, boyalar, yapıştırıcılar, mürekkepler, plastikler ve kauçuk gibi ürünlerin buharlarında bulunur (Esplugues et al., 2010). Bu üç kirletici aynı zamanda deterjanların, patlayıcıların, ilaçların, köpüklerin ve boyaların bileşiminde kullanılmaktadır (Esplugues et al., 2010).

UOB maruziyetinin sağlık üzerindeki etkileri literatürde detaylı bir şekilde incelenmiştir (Dodson et al., 2007; Soysal et al., 2023). UOB'ler ve diğer kirletici türlerin seviyelerinin belirlenmesi, oluşturdukları sağlık riskleri nedeniyle iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi açısından öneme sahiptir. UOB seviyeleri iç mekanda genellikle dış ortamda bulunanlardan oldukça yüksektir. UOB'ler boyalarda, verniklerde, yapıştırıcılarda ve inşaat malzemelerinde bulunabilir (Kozicki and Guzik, 2021). İnsan faaliyetleri nedeniyle iç ortamdaki UOB seviyeleri yüksek ölçülmüştür. Parfüm, deodorant, sabun, deterjan, şampuan, oda spreyleri gibi ürünler UOB'lerin seviyesini artırabilir (Yeoman, 2021).

Türkiye'de insanların kapalı ortamda maruz kaldığı kirletici düzeyleri üzerine yapılan çalışmalar biyoaerosol, PM ve UOB'lerin belirlenmesine odaklanmaktadır. Bu çalışmalar genel olarak İstanbul, Ankara, İzmir, Edirne, Kocaeli ve Afyon illerinde yapılmıştır. Bir çalışmada Kocaeli ilinde evlerde, iş yerlerinde ve okullarda ölçülen UOB düzeyleri incelenmiştir (Pekey and Arslanbaş, 2008). Ayrıca Ankara'da evlerde ölçülen formaldehit düzeyleri (Vaizoğlu et al., 2003) ve farklı türde kapalı ortamlarda ölçülen biyoaerosol ve VOC düzeyleri (Aghlara, 2017; Lakestani et al., 2013) üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Çevre koruma konusunda uzmanlar, iç ortam havasının kapalı mekanlarda bulunan insanlar üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirlemiştir (Kunt and Dursun, 2018). Ahşap, vernik, boya ve UOB gibi sarf ve inşaat malzemeleri de UOB'lerin önemli bir kaynağıdır (Godish, 2019). Toplam UOB (TUOB) trafik emisyonları, diğer kaynaklarla karşılaştırıldığında önemli bir katkı sağlar (Godish, 2019). TUOB'un sera gazı emisyonlarının yaklaşık %35'i taşıtlardan kaynaklanan emisyonlardan veya buharlaşmadan kaynaklanmaktadır (Godish, 2019; Lakestani, 2015).

Ayrıca, UOB'ler hasta bina sendromu tipi semptomlara neden olabilir ve sinerjik bir etki yaratabilir (Godış, 2019).

Bu çalışma ilk defa Bolu şehrinde, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi'nde (BAİBÜ) farklı fakültelerdeki iç ortamda UOB'leri iki dönem, yaz ve kış aylarında, iki yıl boyunca gerçekleştirilmiştir. Yapılan yeni binalarda ve aynı zamanda kimyasal kullanılan laboratuvar gibi alanlar içeren binalarda hava kalitesinin ve buna etki eden faktörlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Örnekleme noktaları, BAİBÜ'de farklı fakültelerden seçilmiştir. Proje, iki örnekleme dönemi Yaz ve kış toplam 30 örnek noktasında gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktalarının dağılımı resim 1'de gösterilmiştir. Genel olarak iç ortam hava kalitesini belirlemek için yetişkinlerin nefes yüksekliği olan 1,5 metreden numune alınmıştır. Birinci örnekleme çalışması (Kış) 09- 23 Ocak 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş ve ikinci örnekleme (Yaz) 04-8 Ağustos 2017 tarihleri arasında iki hafta boyunca yapılmıştır. Toplamda 30 farklı noktadan pasif ölçümler alınmıştır.



Resim 1. Örnekleme noktalarının dağılımı

UOB Örnek Toplanması ve Analizi

Uçucu organik bileşiklerin numune alınması ve analizi sırasında genellikle ABD Çevre Koruma Ajansı (US-EPA) TO-17 yöntemi kullanılmıştır (Isinkalar, 2023; Isinkalar and Turkyılmaz, 2022; Lakestani, 2024). Uçucu organik bileşiklerin miktarının belirlenmesi için DWM-550 ve SAK-100-1 aromatikler ve alkanlar içeren standartları kullanılmıştır. Uçucu Organik Bileşiklerin tayini için, hava örnekleri, pasif örnekleme metodu ile 14 gün boyunca, termal olarak desorbe olabilen tüpler içerisine difüzyon yolu ile toplanmıştır. Örnekleme

tüpleri 350±10 mg karbograf 4 sorbenti ile doldurulmuş ve paslanmaz çelikten yapılmış tüplerden oluşmuştur.

Toplanan numuneler BAİBÜ Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi (BETUM) laboratuvarı'nda Termal desorpsiyon ünitesi Gaz Kromatografi- Kütle spektroskopisi (TD-GC-MS) kullanılarak SIM modunda analiz edilmiştir.

Tüm noktalardan alınan örnekler organik bileşiklerin konsantrasyonları Formül 1 ve 2 yardımı ile hesaplanmıştır (Lakestani and Milli, 2024; Radiello, 2019).

$$Q_k = Q_{298} (K/298)^{1.5} \quad (1)$$

Q_k: Örnekleme Hızı
Q₂₉₈: 298 Kelvinde Referans miktarı
K: Sıcaklık

$$C = (M / Q_k * t) \times 1,000,000 \quad (2)$$

C: Konsantrasyon, µg/m³
M: Analitin Kütlesi, µg
t : Zaman, Dakika

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada yaz ve kış mevsimlerinde iç mekanlarda ölçülen VOC'lerin dağılım parametreleri (Skewness, Kurtosis, Shapiro-Wilk, P-Değeri ve dağılım türleri) hesaplanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen verilere dağılım testi yapılmış ve kış döneminde UOB'lerin heptan, m,p-ksilen ve 1,3,5-tri metilbenzen ve yaz döneminde 1,3,5- tri Metilbenzen hariç diğer UOB'lerin lognormal dağılım gösterdikleri belirlenmiştir.

Tablo 1. İç Ortamda UOB'lerin Konsantrasyonu (Kış) µg/m³

İç Ortam	N*	Min	Mak	Ort ± SD	Med
Hekzan	30	0,17	118,14	23,94 ± 30,61	15,69
Heptan	30	20,45	661,71	257,84 ± 164,25	239,44
Oktan	30	3,86	498,49	116,48 ± 102,52	99,55
Nonan	30	0,35	87,40	13,49 ± 19,43	5,99
Dekan	30	0,06	428,01	67,67 ± 81,50	53,06
Benzen	30	0,57	145,40	51,75 ± 47,64	35,84
Toluen	30	11,53	665,57	212,44 ± 161,89	151,20
Etil benzen	30	5,57	214,34	77,64 ± 54,24	67,85
m,p-ksilen	30	0,67	381,89	101,19 ± 88,47	73,44
Stiren	30	3,04	66,13	23,68 ± 16,16	22,67
o-ksilen	30	0,40	148,82	53,62 ± 42,37	50,33
Isopropilbenzen	30	0,29	72,31	10,63 ± 13,72	6,23
n-Propylbenzen	30	0,27	200,55	21,43 ± 44,20	7,74
1,2,4-tri Metilbenzen	30	0,34	142,64	36,84 ± 33,15	26,68
1,3,5- tri Metilbenzen	30	1,57	123,44	47,82 ± 29,86	47,12
sec-butilbenzen	30	5,09	241,64	33,90 ± 41,81	26,35
4-iso propiltoluen	30	0,02	64,15	11,76 ± 14,07	7,03
n-butilbenzen	30	0,05	12,51	1,88 ± 2,79	0,71
Naftalin	30	0,44	16,01	4,01 ± 4,05	2,26

N*: Örnek sayısı, Min: Minimum, Mak: Maksimum, Ort: Ortalama, SD: Standart sapma, Med: Medyan

Tablo 2'de yaz döneminde belirlenen tüm bölgelerden alınan örneklerde UOB konsantrasyon miktarı belirlenmiştir. İç ortamda heptan 1042,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, oktan 191,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, toluen 385,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, etilbenzen 131,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, m,p-ksilen 376,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve o-ksilen 143,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en maksimum konsantrasyonlara sahiptir (Tablo 2).

Tablo 1 ve 2'de tüm örnekleme noktalarından alınan hava örneklerindeki uçucu organik bileşkerin konsantrasyon seviyeleri verilmiştir. İç ortamda kış döneminde hekzan 118,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, heptan 661,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, oktan 498,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ benzen 145,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, toluen 665,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, etilbenzen 214,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, m,p-ksilen 381,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o-ksilen 148,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sec-butilbenzen 241,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve n-propilbenzen 200,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en yüksek konsantrasyonlara sahiptir (Tablo 1).

Tablo 2. İç Ortamda UOB'lerin Konsantrasyonu (Yaz) $\mu\text{g}/\text{m}^3$

İç Ortam	N	Min	Mak	Ort \pm SD	Med
Hekzan	30	0,2	40,65	9,99 \pm 11,68	4,91
Heptan	30	8,06	1042,00	306,08 \pm 226,04	257,85
Oktan	30	7,45	191,82	76,15 \pm 53,70	60,60
Nonan	30	0,04	57,83	9,88 \pm 14,33	0,33
Dekan	30	2,37	242,78	54,14 \pm 58,52	36,02
Benzen	30	0,02	38,82	11,27 \pm 9,81	9,54
Toluen	30	29,32	385,99	100,29 \pm 86,96	67,02
Etil benzen	30	7,97	131,34	39,22 \pm 32,48	28,15
m,p-ksilen	30	8,35	376,27	69,27 \pm 93,92	30,29
Stiren	30	0,72	34,93	12,73 \pm 10,35	11,88
o-ksilen	30	1,03	143,73	28,11 \pm 30,64	19,74
Isopropilbenzen	30	0,33	38,26	6,94 \pm 9,03	3,56
n-Propylbenzen	30	0,14	67,69	7,40 \pm 14,23	2,44
1,2,4-tri Metilbenzen	30	0,62	60,87	14,62 \pm 14,98	10,68
1,3,5- tri Metilbenzen	30	2,25	66,86	30,89 \pm 16,84	30,98
Naftalin	30	0,23	20,65	3,72 \pm 4,96	1,59

N*: Örnek sayısı, Min: Minimum, Mak: Maksimum, Ort: Ortalama, SD: Standart sapma, Med: Medyan

Kış ve Yaz dönemlerde Toplanan UOB'ler ve Limit Değerler ile Kıyaslama

Kış döneminde ölçümün sonucunda; UOB'lerin en yüksek konsantrasyona sahip bileşikler; toluen İktisadi İdari Bilimleri fakültesinde, heptan rektörlük binasında, oktan, etilbenzen, m+p-ksilen ve isopropilbenzen tıp fakültesinde ölçülmüştür. İkinci örnekleme döneminde Bileşikler içinde en yüksek miktara sahip olan UOB'lar;

toluen ve dekan Diş Hekimliği Fakültesi, heptan Rektörlük binasında, oktan Kütüphane binası, etilbenzen, m+p-ksilen ve o-ksilen Tıp Fakültesinde ölçülmüştür.

İç ortamda EPA, WHO ve Amerika Isıtma-soğutma ve havalandırma mühendislik Topluluğu (ASHRAE) TUOB'ler için kabul edilen değerler tablo 3'te verilmiştir.

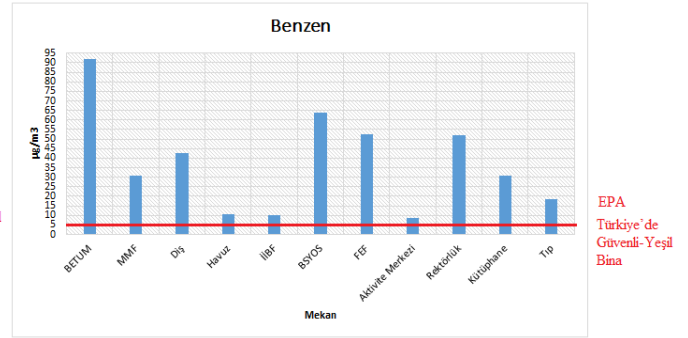
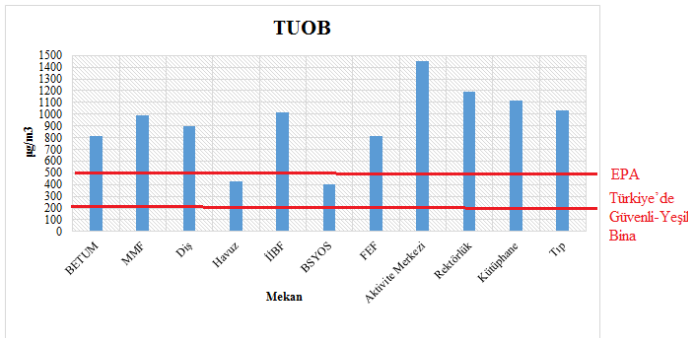
Tablo 3. İç Ortamlarda Sağlanması Gereken TUOB'lerin Değeri

TUOB	
Günlük ortalama < 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kabul değeri
Günlük ortalama 501-3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Hassasa grup için önlem alınmalıdır ¹
Günlük ortalama > 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Önlem alınması gerekmektedir

¹Hassas grup: bebekler, hamileler, yaşlılar, astım hastaları, kalp hastaları

TUOB'ler için sağlanması gereken maksimum kriter değeri iç mekanda Türkiye Güvenli-Yeşil binalarda (GYB) 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve dış ortam konsantrasyonunun iç ortam konsantrasyonundan büyük (Dış/iç >1) olduğu durumda 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kabul edilmektedir (TSE yayınlanmamış karar) (Lakestani, 2015). TUOB'Ler

konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) BETUM 814,69, MMF 993,57, dış hekimliği 898,06, havuz 425,56, İİBF 1010,65, BSYOS 404,41, FEF 814,99, aktivite merkezi 1453,73, rektörlük 1190,38, kütüphane 1112,21 ve tıp fakültesinde 1028,96 ölçülmüştür. Resim 2'de iç ortamdaki TUOB ve benzenin konsantrasyonları, Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı ve Türk Standart Enstitüsü (TSE) tarafından belirlenen GYB'ler için gereken maksimum değerlerle karşılaştırılmıştır. TUOB'ler için EPA, ASHRAE ve WHO tarafından kabul edilen değer 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ iken Türkiye GYB'ler için iç ortam havasındaki miktar 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kabul edilmiştir. EPA ve Türkiye GYB'larda iç ortamda benzenin konsantrasyonunu 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kabul edilmiştir. Resim 2'de benzenin konsantrasyonunu analiz sonucuna göre değerleri gereken standardın üzerinde görülmüştür.



Resim. 2 TUOB'ler ve Benzen için İç Ortamlarda Sağlanması Gereken Maksimum Kriter Değerleri (MMF: Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İİBF: İktisadi İdari Bilimleri Fak., BETUM: Bilimsel Endüstriyel Teknoloji Uygulama Merkezi, BSYO: Beden Eğitim Spor Yüksekokulu)

Mevsimsel karşılaştırılması ve İstatistik Değerlendirilmesi

Birinci ve ikinci dönem iç mekanların UOB konsantrasyonlarının karşılaştırılmasına göre tüm mekanlarda, heptan hariç, en yüksek konsantrasyonlar birinci dönemde (Kış) gözlemlenmiştir. İstatistiksel olarak UOB'lerin miktarı ile iç ortam koşulları arasındaki ilişki ANOVA testi kullanılarak incelenmiştir. Sonuçlara göre caddeye yakınlık, binanın yeni olması, birey sayısı, kimya laboratuvarı bulunan binalar, fakülte kafeterya, binanın dışında sigara içilmesi ve baskı makinesinin bulunması UOB düzeyini olumsuz yönde

etkileyen faktörlerdir. Binaların konumları dikkate alındığında, bazı kirleticilerin konsantrasyonu dış ortam kaynaklardan etkilenmektedir. Hekzan, nonan, stiren ve 1,3,5-trimetilbenzen konsantrasyonu ile binaların caddeye yakınlığı arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Yeni binalarda boya, hekzan ve stiren arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür. Bu çalışmada kişi sayısı 20'den fazla ve 20'den az olmak üzere sınıflandırılmıştır. Hekzan, dekan, toluen, m,p-ksilen ve stiren konsantrasyonu ile binada bulunan kişi sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur. Laboratuvarı olan

fakültelerde özellikle tıp fakültesinde, hekzan, ksilen ve dezenfektan maddeler sürekli kullanılmaktadır. İstatistik analizine göre toluen, etilbenzen ve m,p-ksilen ile laboratuvar olan bölümler arasında anlamlı fark olduğu gösterilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeye göre kafeteryalı binalar ile nonan konsantrasyonu arasında anlamlı bir fark olduğu gözlenmiştir. İstatistik analiz sonucuna göre hekzan, nonan, toluen, stiren ve 1,3,5-trimetilbenzen ile bina önünde sigara içilmesi, baskı makinesi bulunan ofislerde heptan, nonan, stiren ve 1,3,5-trimetilbenzen arasında anlamlı fark olduğu gösterilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın sonucunda, binalarda UOB'lerin konsantrasyonları kış mevsiminde daha yüksek miktarlarda tespit edilmiştir. Örneklem yapıldığı mekanlarda TUOB'lerin en yüksek seviyesi kış aylarında 1453,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aktivite merkezinde kayıt edilmiştir sebebi restoranların olması, ısıtma sistemlerin çalışması ve kişi sayısının fazla olması gibi koşullar UOB'lerin konsantrasyonunu etkilemiştir. TUOB'ler ve benzenin sırası ile seviyesi kış aylarında ortalaması 1168,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 51,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yaz aylarına göre 776,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 11,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ daha yüksek görülmüştür. Bolu şehrinde kış aylarında özellikle sabah ve akşam saatlerinde ısıtma için bazı yerleşkelerde hala kömür ve odun kullanılmaktadır. Bu sebepten dolayı dış ortam hava kalitesini etkilemektedir. Bu kaynaklanan kirleticiler iç ortamı kontamine edebilir ve sağlık etkilerine yol açabilmektedir.

İç ortam hava kalitesi seviyelerinin iyileştirilmesi ve sağlık açısından belirlenen kirleticilerin miktarının azaltılması için öncelikle kirleticilerin kaynakları ve kullanım amaçları gibi koşulların incelenmesi, yöntemler gerekmektedir.

Bu çalışmanın sonucunda belirlenen iç ortam hava kirliliği kaynaklarının ortadan kaldırılması ve emisyonlarının azaltılması için alınabilecek önlemler arasında kirlilik kaynaklarının giderilmesi ve etkin havalandırmanın sağlanması yer almaktadır.

İç ortamda özellikle laboratuvar ortamında kullanılan kimyasallar, temizlik malzemeleri ve böcek öldürücüler, ofislerde bulunan baskı makineleri gibi çeşitli malzemeler nedeniyle, çalışanlar kimyasal maddelere maruz kalabilmektedir. Bu nedenle tüm mekanlar özellikle laboratuvar bulunan binalarda mekanik havalandırma sisteminin olması önem arz eder.

KAYNAKLAR

- Aghlora, E., 2017. Kaynaklarını Tespiti Levels of Bioaerosols in Indoor and Outdoor Environments and Resource Detection.
- Bozic, J., Ilic, P., Ilic, S., 2019. Indoor Air Quality in the Hospital: The Influence of Heating, Ventilating and Conditioning Systems. Brazilian Archives of Biology and Technology 62. <https://doi.org/ARTN e1918029510.1590/1678-4324-2019180295>
- Dodson, R.E., Houseman, E.A., Levy, J.I., Spengler, J.D., Shine, J.P., Bennett, D.H., 2007. Measured and modeled personal exposures to and risks from volatile organic compounds. Environmental Science and Technology 41, 8498–8505. <https://doi.org/10.1021/es071127s>
- Esplugues, A., Ballester, F., Estarlich, M., Llop, S., Fuentes-Leonarte, V., Mantilla, E., Iñiguez, C., 2010. Indoor and outdoor air concentrations of BTEX and determinants in a cohort of one-year old children in Valencia, Spain. Science of the Total Environment 409, 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.09.039>
- GODISH, T., 2019. Indoor Environmental Quality, Sustainable Construction Technologies: Life-Cycle Assessment. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811749-1.00003-1>
- Hellén, H., Hakola, H., Laurila, T., Hiltunen, V., Koskentalo, T., 2002. Aromatic hydrocarbon and methyl tert-butyl ether measurements in ambient air of Helsinki (Finland) using

- diffusive samplers. *Science of the Total Environment* 298, 55–64.
[https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00168-7](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00168-7)
- Isinkaralar, K., 2023. A Study on the Gaseous Benzene Removal Based on Adsorption onto the Cost-Effective and Environmentally Friendly Adsorbent. *Molecules* 28.
<https://doi.org/10.3390/molecules28083453>
- Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., 2022. Simultaneous adsorption of selected VOCs in the gas environment by low - cost adsorbent from *Ricinus communis*. *Carbon Letters* 32, 1781–1789. <https://doi.org/10.1007/s42823-022-00399-7>
- Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., Lakestani, S., 2023. Equilibrium study of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) from gas streams by black pine cones-derived activated carbon. *Environmental Technology and Innovation* 31, 103209.
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103209>
- Jacobson, M.Z., 2002. *No Title Atmospheric Pollution, History, Science, and Regulation*. Cambridge University Press.
- Kozicki, M., Guzik, K., 2021. Comparison of voc emissions produced by different types of adhesives based on test chambers. *Materials* 14. <https://doi.org/10.3390/ma14081924>
- Kunt, F., Dursun, Ş., 2018. Konya Merkezinde Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 1*, 54–61.
- Lakestani, S., 2024. Volatile organic compounds and cancer risk assessment in an intensive care unit.
- Lakestani, S., 2015. Investigation of Indoor Volatile Organic Compounds in the Houses of Infants From Prenatal Period To Postnatal Period.
- Lakestani, S., Karakas, B., Acar Vaizoglu, S., Dgan, G.B., Cagatay, G., Sekerel, B., Taner, A., Gullu, G., 2013. Comparison of Indoor and Outdoor Air Quality in Children Homes at Prenatal Period and One Year Old. *Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering* 7, 275–280.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.1061557>
- Lakestani, S., Milli, M., 2024. Comparison of classical and sensor-based methods for determination of indoor air quality. *International Journal of Environmental Science and Technology*.
<https://doi.org/10.1007/s13762-024-05708-3>
- LAKESTANI, S., MİLLİ, M., YILDIZ, İ., DEMİRHAN, A., 2022. Real-Time Monitoring the Indoor Air Quality Parameters of Intensive Care Unit During the Pandemic Period. *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences* 5, 22–28.
<https://doi.org/10.46239/ejbcs.1032007>
- Ohura, T., Amagai, T., Senga, Y., Fusaya, M., 2006. Organic air pollutants inside and outside residences in Shimizu , Japan : Levels , sources and risks 366, 485–499.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.10.005>
- Park, K.H., Jo, W.K., 2004. Personal volatile organic compound (VOC) exposure of children attending elementary schools adjacent to industrial complex. *Atmospheric Environment* 38, 1303–1312.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2003.11.032>
- Pekey, H., Arslanbaş, D., 2008. The relationship between indoor, outdoor and personal VOC concentrations in homes, offices and schools in the metropolitan region of Kocaeli, Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution* 191, 113–129. <https://doi.org/10.1007/s11270-007-9610-y>
- Radiello, 2019. English 01-2019 [WWW Document]. URL
<https://content.restek.com/content/published/api/v1.1/assets/CONT8AFE45B3507E40BC902DD153BF9C13C1/native/radiello+Instruction+Manual.pdf?channelToken=6428daeb0e4e4341beecd8e2b41b4d46&download=fa>

Ise

- Serbest Baz, A., & İlçe, A. (2023).
AMELİYATHANELERDE FİZİKSEL, KİMYASAL
VE PSİKOSOSYAL ERGONOMİK RİSK
FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ. Sağlık Bakım
Ve Rehabilitasyon Dergisi, 2(2), 1-11.
- SOFUOĞLU, S.C., SOFUOĞLU, A., 2011. No Title
İLKÖĞRETİM OKULLARINDA BİNA-İÇİ
ÇEVRESEL KALİTE: İZMİR ÇALIŞMASI
SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ. p. 282.
- Soysal, G.E., Ilce, A., Lakestani, S., Sit, M.,
Avcioglu, F., 2023. Comparison of the Effects
of Surgical Smoke on the Air Quality and on
the Physical Symptoms of Operating Room
Staff. Biological Research for Nursing 25,
444–453.
<https://doi.org/10.1177/10998004221151157>
- Vaizoğlu, S.A., Aycan, S., Deveci, M.A., Acer, T.,
Bulut, B., Bayraktar, U.D., Akyollu, B., Çelik,
M., Arslan, U., Akpınar, F., Barış, Z., Arslan,
S., Deniz, A., Evcı, E.D., Güler, Ç., 2003.
Determining domestic formaldehyde levels
in Ankara, Turkey. Indoor and Built
Environment 12, 329–335.
<https://doi.org/10.1177/142032603035546>
- who regional, 1988. Indoor air quality: biological
contaminants.
- Yeoman, A.M., 2021. Consumer Products as a
Source of Volatile Organic Compound
Emissions.