

**SANAYİ BÖLGELERİNDE MARUZ KALINAN
UÇUCU ORGANİK BİLEŞİK SEVİYELERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF EXPOSED VOLATILE ORGANIC
COMPOUNDS' LEVELS
IN INDUSTRIAL ZONES**

Gamze Dila BÜYÜKÇINAR

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

ÇEVRE Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan (Danışman) :.....
Prof.Dr. Gülen GÜLLÜ

Üye :.....
Prof.Dr. Cemal SAYDAM

Üye :.....
Doç.Dr. Hülya Yavuz ERSAN

Üye :.....
Yrd.Doç.Dr. Merih AYDINALP KÖKSAL

Üye :.....
Öğr.Gör.Dr. Hatice ŞENGÜL

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunca/...../..... tarihinde kabul edilmiştir.

Prof.Dr.
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

SANAYİ BÖLGELERİNDE MARUZ KALINAN UÇUCU ORGANİK BİLEŞİK SEVİYELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Gamze Dila BÜYÜKÇINAR

ÖZ

Uçucu organik bileşiklerin (UOB) çeşitli ortamlardaki seviyeleri son zamanlarda en çok araştırılan konulardan biri olmasına karşın, farklı türde birçok işyerinin bir arada bulunduğu sanayi bölgelerinde yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada Ankara İli'nde sanayi yoğun bölgelerde maruz kalınan UOB seviyeleri araştırılmıştır.

Sanayi bölgelerinde çalışan insanlar, yaptıkları işe göre farklı tipteki UOB türlerine maruz kalabilirler. Ankara'da bulunan sanayi bölgelerinde yoğunlukla bulunan mobilya imalathaneleri, sünger depoları, matbaalar, fotokopi merkezleri, hırdavat dükkanları ve metal kaplama sanayi iş yerlerinde iç ve dış ortam hava örnekleme çalışmaları yapılmıştır. İç ve dış ortamlardan alınan hava örneklerinin organik madde yönünden içeriklerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Hava örnekleri Tenax TA sorbenti doldurulmuş tüplere aktif olarak toplanmıştır. Hava örnekleri Termal Desorber-Gaz Kromatografi/Kütle Seçici Dedektör (TD-GC/MS) vasıtasıyla SIM modunda analiz edilmiştir. Hava örnekleme yapılırken, eş-zamanlı olarak sıcaklık ve bağıl nem değerleri de kaydedilmiştir. Ayrıca örnekleme yapılan ortamlarda anket çalışması da yapılmıştır. Sonuç olarak, havadaki UOB konsantrasyonu belirteci olan sektörel UOB emisyonları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sanayi bölgesi, uçucu organik bileşikler, iç ortam hava kalitesi, dış ortam hava kalitesi

Danışman: Prof.Dr. Gülen GÜLLÜ, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

INVESTIGATION OF EXPOSED VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS' LEVELS IN INDUSTRIAL ZONES

Gamze Dila BÜYÜKÇINAR

ABSTRACT

Despite the fact, that nowadays volatile organic compounds' (VOCs) levels in various environments is one of the most studied subject, there is no survey about VOCs' levels in industrial zones where different kinds of workplaces can be found together. In this study, exposed levels of VOCs are investigated in industrial zones in Ankara.

People who work in industrial zones, can be exposed different kinds of VOCs according to their jobs. Indoor and outdoor air sampling studies are done in furniture shops, sponge stores, printing houses, photocopy centres, hardware stores, metal coating industries which are found mostly in industrial zones in Ankara. It is aimed to determine organic material contents of indoor and outdoor air samples.

Air samples were collected in Tenax TA sorbent filled tubes with active sampling method and analyzed with Thermal Desorber-Gas Chromatography/Mass Spectroscopy Dedector (TD-GC/MS) using SIM mode. Temperature and relative humidity values are recorded simultaneously. Also, questionnaire studies are made in sampling points. As a result, sectoral VOC emissions, which are VOC marker in atmosphere are determined.

Key Words: Industrial zone, Volatile organic compounds, Indoor air quality, Outdoor air quality

Supervisor: Prof.Dr. Gülen GÜLLÜ, Hacettepe University, Department of Environmental Engineering

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlayan ve çalışmamın sonuca ulaştırılmasında yol gösterici olan tez danışmanım Sayın Prof.Dr. Gülen GÜLLÜ'ye,

Çalışmam boyunca karşılaştığım her türlü güçlüğü aşılmasında bana yardımcı olan Sayın Yard.Doç.Dr. Sibel MENTEŞE'ye,

Laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan Çevre Mühendisliği Bölümü hocalarıma,

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı işyerlerine ulaşım konusunda ve aynı zamanda maddi ve manevi katkılarından dolayı eşim Efe YAZICIOĞLU'na,

Süreç boyunca her türlü beni destekleyen ve yanımda olan aileme,

içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	3
1.2. Çalışma Yöntemi ve Planı	3
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1. İç Ortam Hava Kirliliği.....	6
2.1.1. İç ortam hava kirletici kaynakları	6
2.1.1.1. Endüstriyel hava kirletici kaynakları	8
2.2. Uçucu Organik Bileşikler (UOB) Ve Hava Ortamındaki Reaksiyonları	10
2.3. Sıklıkla Rastlanan UOB Türlerinin Toksisitesi Ve Sağlık Etkileri	12
3. MATERYAL VE METOT	14
3.1. Örneklemeye Noktaları	14
3.1.1. Mobilya atölyesi	18
3.1.2. Sünger deposu	21
3.1.3. Matbaa.....	23
3.1.4. Fotokopi merkezi	26
3.1.5. Hırdavat dükkânı.....	29
3.1.6. Metal kaplama sanayi	31
3.2. UOB Örneklemeye, Kalibrasyon Ve Analiz Yöntemi	34
3.3. Çevresel Faktörlerin Ölçülmesi	41
3.4. Verilerin Değerlendirilmesi Ve İstatistiksel Analiz Yöntemleri.....	41
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	42
4.1. UOB Sonuçları	42
4.1.1. Mobilya atölyeleri örneklemeye istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri	42
4.1.2. Sünger depoları örneklemeye istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri.....	46
4.1.3. Matbaa örneklemeye istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri	50
4.1.4. Fotokopi merkezi örneklemeye istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri.....	54
4.1.5. Hırdavat dükkânı örneklemeye istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri	57
4.1.6. Metal kaplama sanayi örneklemeye istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri.....	61
4.1.7. İşyerleri dış ortamlarında ölçülen UOB seviyeleri ve iç/dış oranları	65
4.1.8. İşyerleri dış ortamlarında ölçülen UOB oranları	69
4.2. Çevresel Parametreler	71
4.3. Ölçülen UOB Seviyelerinin Ve Türlerinin Çevresel Parametreler Ve Sektörlere Göre Değişimi	75

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

	<u>Sayfa</u>
4.3.1. MOB/A örnekleme istasyonu	76
4.3.2. MOB/B örnekleme istasyonu	77
4.3.3. SÜN/A örnekleme istasyonu	80
4.3.4. SÜN/B örnekleme istasyonu	81
4.3.5. MAT/B örnekleme istasyonu	83
4.3.6. BOY/B örnekleme istasyonu	85
4.3.7. BOY/C örnekleme istasyonu	87
4.3.8. GAL/B örnekleme istasyonu	89
4.3.9. İç ortamda tespit edilen UOB konsantrasyonlarının örnekleme noktaları arasında karşılaştırması	91
4.3.10. UOB türleri arasındaki ilişki	92
4.4. İmalathanelerde Ölçülen UOB Seviyelerinin Başka Çalışmalar İle Karşılaştırılması	93
4.4.1. Elde edilen UOB konsantrasyonlarının sınır değerler ile karşılaştırılması	96
5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	99
5.1. Genel Sonuçlar	99
5.1.1. Mobilya atölyelerinde elde edilen sonuçlar	99
5.1.2. Sünger depolarında elde edilen sonuçlar	100
5.1.3. Matbaalarda elde edilen sonuçlar	101
5.1.4. Fotokopi merkezlerinden elde edilen sonuçlar	102
5.1.5. Hırdavat dükkanlarından elde edilen sonuçlar	103
5.1.6. Metal Kaplama Sanayisinden elde edilen sonuçlar	104
5.2. Öneriler	106
KAYNAKLAR	107

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Örneklem İstasyonları	15
Şekil 3.2. Birbirine en yakın örneklem istasyonları ve dış örneklem noktaları.....	16
Şekil 3.3. Mobilya atölyeleri	18
Şekil 3.4. Sünger depoları	21
Şekil 3.5. Matbaalar	23
Şekil 3.6. Fotokopi merkezleri.....	26
Şekil 3.7. Hırdavat dükkanları	29
Şekil 3.8. Metal kaplama sanayileri.....	32
Şekil 3.9. Örneklem tüpü	34
Şekil 3.10. Tüp temizleme fırını	35
Şekil 3.11. TD-GC-MS sistemi	35
Şekil 3.12. UOB standardına ait kromatogram.....	39
Şekil 3.13. İç ortam hava örneğine ait kromatogram.....	40
Şekil 3.14. Kör numuneye ait kromatogram	40
Şekil 4.1. Kör Mobilya atölyesi örneklem noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen yedi hedef UOB türü konsantrasyonları	43
Şekil 4.2. Mobilya atölyeleri örneklem istasyonlarında ortak olarak tespit edilen UOB türlerinin dağılımları	45
Şekil 4.3. Sünger depoları örneklem noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen dokuz hedef UOB türü konsantrasyonları	47
Şekil 4.4 Sünger depoları örneklem istasyonlarında ortak olarak tespit edilen UOB türleri dağılımları	49
Şekil 4.5. Matbaa örneklem noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen on bir hedef UOB türü konsantrasyonları	51
Şekil 4.6. Matbaa örneklem istasyonlarında ortak olarak tespit edilen UOB türleri dağılımları.....	53
Şekil 4.7. Fotokopi Merkezleri örneklem noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen sekiz hedef UOB türü konsantrasyonları	55
Şekil 4.8. Hırdavat dükkânları örneklem noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen sekiz hedef UOB türü konsantrasyonları	58
Şekil 4.9. Hırdavat dükkânları örneklem istasyonlarında ortak olarak tespit edilen UOB türleri dağılımları	60
Şekil 4.10. Metal kaplama sanayi tesisleri örneklem noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen sekiz hedef UOB türü konsantrasyonları.....	62
Şekil 4.11. Metal kaplama sanayi tesisleri örneklem istasyonlarında ortak olarak tespit edilen UOB türleri dağılımları	64

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

Sayfa

Şekil 4.12. Dış ortamlarda en sık gözlenen UOB türleri ve konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	66
Şekil 4.13. Yaz aylarında örnekleme istasyonları iç ortamlarında ölçülen sıcaklık ve nem değerleri ile tespit edilen TUOB konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	74
Şekil 4.14. Yaz aylarında örnekleme istasyonları dış ortamlarında ölçülen sıcaklık ve nem değerleri ile tespit edilen TUOB konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	75
Şekil 4.15. Sektörlerde tespit edilen ortalama UOB sonuçları.....	91
Şekil 4.16. Bu çalışma ve Menteşe (2009) tarafından iç ortamlarda yaz mevsiminde yapılan UOB örnekleme sonuçlarının karşılaştırılması.....	94
Şekil 4.17. Matbaa ve fotokopi merkezlerinde tespit edilen UOB dağılımları	96
Şekil 4.18. UOB emisyon sınır değerleri	98

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. OEHHA Akut, 8-saatlik ve Kronik Referans Maruziyet Düzeyleri (REL) Özeti	12
Çizelge 3.1. Örnekleme istasyonlarının yerleri ve bulunduğu semtler	14
Çizelge 3.2. Örnekleme periyotları, örnekleme yerleri ve alınan örnek sayıları	17
Çizelge 3.3. Mobilya atölyeleri iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri	20
Çizelge 3.4. Sünger depoları iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri.....	22
Çizelge 3.5. Matbaaların iç ortamlarında bulunan örnekleme noktaları özellikleri	25
Çizelge 3.6. Fotokopi merkezlerinin iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri	28
Çizelge 3.7. Hırdavat dükkânları iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri	30
Çizelge 3.8. Metal kaplama sanayi tesisleri iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri	33
Çizelge 3.9. TD sistemi çalışma koşulları	36
Çizelge 3.10. GC-MS ünitesi çalışma koşulları	36
Çizelge 3.11. Aromatik UOB türlerinin özellikleri	37
Çizelge 3.12. LOD ve LOQ değerleri	39
Çizelge 4.1. MOB/A ve MOB/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	44
Çizelge 4.2. Mobilya atölyeleri örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	46
Çizelge 4.3. SÜN/A ve SÜN/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	48
Çizelge 4.4. Sünger depoları örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50
Çizelge 4.5. MAT/A ve MAT/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	52
Çizelge 4.6. Matbaa örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	54
Çizelge 4.7. KIR/A, KIR/B ve KIR/C işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	56
Çizelge 4.8. Fotokopi merkezleri örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	57
Çizelge 4.9. BOY/A, BOY/B ve BOY/C işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

Sayfa

Çizelge 4.10. Hırdavat dükkânları örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	61
Çizelge 4.11. GAL/A ve GAL/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	63
Çizelge 4.12. Metal kaplama sanayi tesisleri örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	64
Çizelge 4.13. Dış ortamlarda en sık gözlenen hedef UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	66
Çizelge 4.14. Sektörlerin iç ortam ve dış ortamlarında gözlenen UOB konsantrasyonlarının İ/D oranları ortalamaları (SD)	68
Çizelge 4.15. Bu çalışmada elde edilen T/B oranları ve literatürde yer alan T/B oranları	70
Çizelge 4.16. Dış ortam havasında tespit edilen X/B oranları	70
Çizelge 4.17. Bileşiklerin yarı ömürleri (Monod et al., 2001)	71
Çizelge 4.18. Dış ortam havasında tespit edilen X/E oranları	71
Çizelge 4.19. Yaz dönemi örnekleme çalışmalarında ölçülen çevresel parametre sonuçlarına ait minimum-maksimum (medyan) değerleri	72
Çizelge 4.20. MOB/A örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	76
Çizelge 4.21. MOB/A işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi	77
Çizelge 4.22. MOB/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78
Çizelge 4.23. MOB/B işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi	79
Çizelge 4.24. SÜN/A örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80
Çizelge 4.25. SÜN/A işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi	81
Çizelge 4.26. SÜN/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	82
Çizelge 4.27. SÜN/B işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi	83
Çizelge 4.28. MAT/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	84

ÇİZELGELER DİZİNİ (DEVAM EDİYOR)

Sayfa

Çizelge 4.29. SÜN/B işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi	85
Çizelge 4.30. BOY/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	86
Çizelge 4.31. BOY/B işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi	87
Çizelge 4.32. BOY/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	87
Çizelge 4.33. BOY/C işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi	88
Çizelge 4.34. GAL/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89
Çizelge 4.35. GAL/B işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi	90
Çizelge 4.36. İç ortamlarda tespit edilen UOB türleri arasındaki ilişkiler	92
Çizelge 4.37. İşyerlerinde tespit edilen ortalama UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	93
Çizelge 4.38. Sanayi bölgeleri ve evlerde tespit edilen UOB konsantrasyonları	94
Çizelge 4.39. Matbaa ve fotokopi merkezlerinde tespit edilen UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	95
Çizelge 4.40. Organik madde sınır değerleri (Charles et al., 2005)	97

1. GİRİŞ

Günümüzde insanlar, her gün sağlıklarını riske atacak birçok etkenle karşı karşıya kalmaktadırlar. Maruz kalınan sağlık riski; ev, işyeri gibi iç ortamlarda ve kentsel dış ortamlarda artabilmekte; bazı meslek gruplarında ise kullanılan materyaller ve proseslere bağlı olarak çeşitli mesleki hastalıklara yol açabilmektedir. İç ortam hava kalitesini kötü yönde etkileyen etmenlerin bilinmesi ve iyileştirici önlemlerin alınması, o ortamda geçirilen zamanın kalitesini büyük ölçüde arttırmaktadır. Bu konuda iç ortamda kullanılan mobilya, elektronik eşya, tekstil malzemeleri, yapı malzemeleri ve benzeri ürünlerin üreticilerinin de bilinçli olması gerekmektedir.

Ülkemizin nüfusu Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 31 Aralık 2010 tarihi itibarıyla 73 722 988 kişidir. Toplam nüfusun %76,3'ü il ve ilçe merkezlerinde yaşarken, Ankara'da nüfusun %6,5'i yaşamaktadır. Günümüzde Ankara gibi büyük şehirlerde yaşayan çalışan nüfusun çoğu zamanının yaklaşık %90'ını kapalı ortamlarda geçirmektedir (Pekey ve Arslanbaş, 2007; Soysal ve Demiral, 2007). Gün içerisinde sekiz saatlik çalışma süresinin büyük bir kısmı ise iş yerlerinde, kapalı mekanlarda geçmektedir. İç ortam hava kalitesinin belirlenmesi konusunda daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular sonucunda, insanların zamanlarının çoğunu geçirdikleri mikro ortamların kirlilik seviyelerinin dış ortam kirlilik seviyelerine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Lee et al., 1999; Menteşe ve Güllü, 2009). Kapalı ortam hava kirliliği, iç ortam havasında karbon monoksit, kükürt dioksit, nitrojen oksitler, formaldehit, sigara dumanı, uçucu organik moleküller, radon, asbest, kurşun, çeşitli mikroorganizma ve alerjenler gibi biyolojik, fiziksel ve kimyasal zararlı etkenlerin bulunması olarak tanımlanmıştır (Soysal ve Demiral, 2007).

Atmosferde bulunan uçucu organik bileşikler (UOB) önemli hava kirleticisi kaynaklarından (Ohura et al., 2009). Olumsuz sağlık etkilerinden dolayı, iç ortam havasında organik kirleticilerin düzeylerinin belirlenmesi çalışmaları son yıllarda daha da hız kazanmıştır.

Uçucu organik bileşikler alifatik veya aromatik yapıdaki, kaynama sıcaklığı 50-260°C arasında değişen hidrokarbonlardır (EU, 2004) ve düşük kaynama noktaları

nedeniyle, genellikle iç ortam havasında buhar halinde bulunurlar. Uçucu organik bileşiklerde, zincir yapısında düz karbon iskeletleri taşıyan (alkil) veya benzen halkaları taşıyan (aril) kökler içeren doymuş veya doymamış haldeki maddeler ile aldehit keton veya asit grupları taşıyabilen organik maddeler yer almaktadır (Müezzinoğlu, 2000). 1990 yılında ABD’de uygulamaya konan Temiz Hava Kanunu (Clean Air Amandment) başlık III’de, toplam 97 uçucu organik bileşikten bahsedilir. Bu kirleticiler uçuculuk özellikleri, reaktiviteleri, çözünürlük ve toksisiteleri açısından farklı özelliklere sahiptir (Çınar, 2003). Kütle emisyonları olarak atmosfere en fazla yayılan VOC’ler arasında toluen, formaldehit, metil klorür, metil kloroform, etilen, m-ksilen ve benzen sayılabilir (Atasoy, 2001).

İç ortamda uçucu organik bileşiklerin kaynakları çok çeşitlidir. Yapı ürünleri, önemli uçucu organik bileşik kaynaklarından. Örneğin kaplama çeşitlerinden halı, işlem görmüş ve/veya yapay ahşap, boya, vernik, cila, duvar kağıdı, sıva, alçı levha; duvar çeşitlerinden alçı blok/levha, beton; yapıştırıcılar, yalıtım malzemeleri, doğramalar, pişirme ve ısıtma araçları, iklimlendirme sistemleri, plastik ve işlem görmüş/yapay ahşap mobilyalar, sentetik kumaş, ofis aygıtları önemli uçucu organik bileşik emisyonlarına sebep olan yapı ürünleri arasında sıralanmaktadır (Vural, 2005).

Kocaeli’de yapılan çalışmada dış ortam hava kirliliğinin iç ortam hava kirliliğine etkisi hesaplanmıştır. Yaz ve kış aylarında İç ortam/dış ortam oranlarının değişim aralığı izlenmiştir. Kaynak tespiti için istatistiksel faktör analizi (FA) kullanılmıştır (Pekey ve diğerleri, 2008).

Kapalı ortam hava kirliliği sonucu ortaya çıkan sağlık sorunları artmaktadır. Bu sebeple kapalı ortamlarda, kişilerin maruz kaldığı, özellikle toksik ve kanserojen bileşiklerin türlerinin ve düzeylerinin belirlenmesi konusu, araştırılması gereken önemli başlıklar arasında yerini almıştır.

Monoaromatik hidrokarbonlardan olan benzen, toluen, etilbenzen, ksilen (BTEX), trimetilbenzen ve stiren önemli kirleticilerden olmakla beraber; benzen, toluen, ksilen ve trimetilbenzenin kanserojen etkilerinin yanı sıra merkezi sinir sistemine

de olumsuz etkileri bilinmektedir (Li et al., 2009). Benzen, toluen, m,p-ksilen ve o-ksilen (BTX) bileşiklerinin yaygın toksik bileşikler olduğu ve sigara içilen iç ortamlarda daha yüksek BTX konsantrasyonlarının gözlemlendiği bilinmektedir (Scheepers, 2010). Uluslar Arası Kanseri Araştırma Ajansı'na (IARC) göre; benzen insanlarda kanser yapıcı olarak tanımlanmış ve Grup 1'e dahil edilmiş, stiren, etilbenzen ve naftalin gibi uçucu organik bileşikler ise insanlarda kanser yapıcı etkisi mümkün olarak tanımlanmış ve Grup 2B'ye dahil edilmiştir.

Bu çalışmada, seçilen işyerlerinin iç ve dış ortamlarından toplanan hava örneklerindeki hedef UOB türleri ve miktarları tespit edilmiştir. Ankara İli'nde şehir merkezinde ve sanayinin yoğun olduğu bölgelerde seçilen mobilya atölyeleri, sünger depoları, matbaalar, hırdavat dükkânları, fotokopi merkezleri ve metal kaplama sanayi tesisleri gibi işyerlerinin iç ve dış ortamlarındaki hedef UOB seviyeleri belirlenmiştir. Elde edilecek sonuçlar sayesinde, yıpratıcı işlerde çalışan kişilerin, günün ortalama sekiz saatini geçirdikleri iç ortamlarda hangi tür kanserojenik/olası kanserojenik bileşiklere, ne seviyelerde maruz kaldıkları belirlenecektir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Çalışmanın amaçlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Hava kalitesini olumsuz yönde etkileyen UOB'nin iç ortam havasında mekansal, dış ortam havasında bölgesel dağılımını incelemek;
- Seçilen hedef UOB türlerinin iç ve dış ortam havasındaki miktarlarını tespit etmek;
- Hedef UOB türlerinin kaynaklarının neler olduğunu belirlemektir.

1.2. Çalışma Yöntemi ve Planı

İç ve dış ortam hava kalitesini belirlemek amacıyla yapılan çalışma için Ankara'da yer alan sanayi bölgeleri ve nüfus yoğunluğu fazla olan yerler seçilmiştir. İç ve dış ortam hava örnekleme çalışmaları; Siteler, İvedik, Ostim gibi sanayinin yoğun olduğu semtlerde ve Ulus, Kavaklıdere gibi çalışma saatleri içerisinde nüfusun yoğun olduğu semtlerde gerçekleştirilmiştir. Olası kirletici kaynaklarının tespit edilmesinde yardımcı olacağı düşünüldüğünden, kentsel hava kirliliğinden daha az

etkilendiği varsayılan Beytepe semtinden de iç ve dış hava örnekleri alınmıştır. Örneklemeye çalışmaları; mobilya mağazası, sünger deposu, matbaa, fotokopi merkezi, hırdavat dükkanı ve metal kaplama sanayi olmak üzere toplam altı sektörün farklı iç ortamlarında ve dış ortamlarında gerçekleştirilmiştir.

Ankara'nın çeşitli yerlerinde bulunan, altı farklı sektöre ait işyerlerinin iç ve dış ortamlarından toplam 32 iç ortam, 13 dış ortam olmak üzere, toplam 45 hava örneği alınmıştır. Çalışmalar 2010 yılı içerisinde, Haziran ve Eylül ayları arasında, toplam 11 günlük saha çalışması ile tamamlanmıştır.

Uçucu organik bileşikler, Tenax TA sorbenti ile doldurulmuş paslanmaz çelik thermal desorber tüpleri içerisine aktif örneklemeye metodu ile toplanmıştır. Tüpler, örneklemeye öncesinde içlerinden 50 ila 75 ml/dk debide azot gazı geçirilmek suretiyle, tüp temizleme fırınında 275 °C'de 5 saat şartlandırılarak temizlenmiştir. Fırında temizlenen örneklemeye tüpleri örneklemeye sahasına götürülmeden önce de ilave olarak, thermal desorber'da hazırlanan bir program ile şartlandırılmış ve tüplerin temizlendiklerinden emin olmak için Gaz Kromatografi-Kütle Seçici Dedektör (GC-MS) ile analizleri US EPA Method-TO17'ye göre yapılmıştır.

İç ve dış ortam hava örnekleri, 75ml/dk sabit debi ile 1 saat boyunca pompa (SKC-Delux) vasıtasıyla Tenax TA sorbenti doldurulmuş paslanmaz çelik thermal desorber örneklemeye tüpleri içerisine toplanmıştır. Pompalar iç ortamda; herhangi bir emisyon kaynağına yakın olmadan, kullanılan ortamın havasını en iyi temsil edecek şekilde yerden yaklaşık 1.5m yüksekliğe; dış ortamda ise yine doğrudan bir emisyon kaynağına yakın olmayacak şekilde yerden yaklaşık 1.5 m yükseğe yerleştirilmiştir. Her bir örneklemeye periyodu öncesinde kullanılan pompanın debisi rotametre ile kontrol edilmiştir. Toplanan bütün hava örnekleri aynı gün içerisinde analiz edilmiştir. Tüpler öncelikle Thermal Desorber cihazında hazırlanan program ile konsantre hale getirilmiş, sonrasında ise konsantre hale gelen uçucu organik bileşiklerin miktar ve tür tayini Gaz Kromatografi-Kütle Seçici Dedektör (GC-MS) SIM modu kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada miktar tayininin yapılması hedeflenen uçucu organik bileşikler DWM-550 standartında (Ultra scientific) bulunan 15 aromatik bileşikten (naftalin, n-butilbenzen, sec-butilbenzen, tert-

butilbenzen, 1,2,4-1,3,5 trimetilbenzen, n-propilbenzen, o-ksilen, benzen, toluen, etilbenzen, m,p-ksilen, isopropilbenzen ve stiren) oluşmaktadır.

Tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan giriş kısmında, konu ile ilgili kısaca bilgi verilmekte, çalışmanın amacı ve çalışma yönteminden bahsedilmektedir. İkinci bölümde konu ile ilgili genel bilgiler verilmekte, literatürde yapılan benzer çalışmalardan örnekler sunulmaktadır. Üçüncü bölüm olan materyal ve metot kısmında, örnekleme noktalarının özelliklerinden bahsedildikten sonra örnekleme, kalibrasyon ve analiz sistemleri ve çevresel faktörlerin ölçülmesi ile ilgili bilgi yer almaktadır. Elde edilen sonuçlardan dördüncü bölümde bahsedilirken, genel sonuçlar ve öneriler beşinci bölümde yer almaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İç Ortam Hava Kirliliği

Günümüzde kentsel bölgelerde yaşayan insanların birçoğu, zamanlarının büyük bir bölümünü kapalı çalışma ortamları veya evlerde geçirmektedirler. Çalışılan ve/veya yaşanan kapalı ortamlarda geçirilen zamanın en verimli şekilde değerlendirilmesi için, ortam koşullarını olumsuz yönde etkileyen durumların ortadan kaldırılması veya negatif etkilerinin en aza indirilmesi için yeterli tedbirlerin alınması gerekmektedir. İç ortam hava kirliliğinin insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin olduğu konusunda bilinç arttıkça, kirliliğe sebep olan kaynakların tespit edilmesi ve kirleticilerle maruziyet ile ilgili yapılan çalışmalarda da artış görülmektedir. İç ortam hava kalitesi, iç ortam hava temizliği ile ilgili olmakla beraber karmaşık bir yapıya sahiptir (Bulut, 2007).

2.1.1. İç ortam hava kirleticiler ve kaynakları

İç ortam hava kirliliğinin oluşmasında önemli etkisi olan iki sebep; iç ortam havalandırmasının yetersizliği ve kirleticilerle kaynaklardan oluşan emisyonlar olarak tanımlanabilir (Brown, 1997). Spengler ve Samet (1991)'e göre, iç ortam hava kalitesinin evrensel bir tanımı yoktur (Brown, 1997). İç ortam hava kirliliğini azaltmak için yapılacak müdahaleler üç başlık altında toplanabilir. Bunlar; kirlilik kaynaklarına müdahale etmek, yaşam ortamlarını geliştirmek ve kullanıcı alışkanlıklarını değiştirmektir (Bruce et al., 2006). İç ortam hava kalitesini geliştirmek amacıyla bir dizi önlem alınmasına rağmen, yoksul hanelerin önlem eylemlerini benimseme sürecinde birçok engel ile yüz yüze gelineceğinden, konu ile ilgili etkin politikaların geliştirilmesi gerekmektedir (Bruce et al., 2006).

Geçmişte birçok araştırma dış ortam hava kirliliğinin incelenmesi üzerine yapılırken, insanların zamanlarının büyük bir kısmını iç ortamda geçirmelerinden dolayı, bu tür çalışmalar iç ortam hava kirliliğinin incelenmesi araştırmalarıyla bağlantılı hale gelmiştir (Guo et al., 2004). Yapılan çalışmalarda, iç ortam hava kirleticilerinin, dış ortam hava kirleticilerinden daha yüksek seviyelerde gözlemlendiği tespit edilmiştir (Edwards et al., 2001a; Isbell et al., 1999; Lee et al., 2001), bu sebeple iç ortam hava kirliliği araştırmalarına verilen önem artmıştır.

Ticari ve tüketim ürünleri, boya ve türevleri, yapıştırıcılar, döşeme ve giysiler, yapı malzemeleri gibi birçok UOB emisyon kaynağı, iç ortamdaki temel hava kirleticilerindendir (Guo et al., 2004). Ortam havasında bulunan uçucu bileşiklerin içeriği, genellikle olası emisyon kaynaklarının yerleri hakkında fikir verebilir (Field et al., 1992), ancak benzen emisyonuna sebep olan kaynaklar her zaman belirlenemeyebilir (Brown, 2002). UOB'ler iç ortamda yaygın olarak bulunurlar ve iç ortam hava kirliliğine sebep olan ana kaynaklar insan aktiviteleri, yapı ürünleri emisyonları ve dış ortam havasının iç ortama sızmasıdır (Wolkoff and Nielsen, 2001).

Herbarth ve Matysik (2010), çözücülerden, yapıştırıcılardan ve monomer plastikleştirici kimyasal malzemelerden salınan birincil UOB'lerin bağlı olmadıklarını ve genellikle düşük molekül ağırlıklı UOB'ler olduklarını belirtmiş, bu kimyasal malzemelerin iç ortamdaki kaynakları olarak yeni mobilyalar, yer döşemeleri, yapı malzemelerinin yanı sıra, onarım işleri, sigara içmek ve yemek pişirmek gibi aktivitelerinde olası kaynaklar arasında yer aldıklarını belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda, tamirat ve onarım işlemleri sonrasında, iç ortamda “normal” UOB seviyelerine erişilmesi için geçmesi gereken ortalama zaman aralığının iki ay olduğu, tamirat veya onarım gibi yenileme çalışmaları arkasından ortamdaki UOB seviyelerinin “normal” seviyelere ulaşması için en az üç ay geçmesi gerektiği belirtilmiştir. Seifert (1999), iç ortamdaki UOB seviyeleri için tanımlanan “normal” değeri $0,3 \text{ mg/m}^3$ kabul etmiştir (Herbarth and Matysik, 2010).

Elbir et al. (2007) tarafından yapılan çalışmada, İzmir İli'nde şehir ve şehir dışı olmak üzere iki farklı alanda hava örnekleri toplanmış ve belirlenen 60 UOB çeşidi tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda ortam havasında 28 UOB çeşidi tespit edilmiştir. Şehir alanı ortam havasında tespit edilen 28 adet UOB bileşiğinin toplam konsantrasyonu, şehir dışı alanda tespit edilen 28 UOB türünün toplam konsantrasyonundan dört kat daha fazla tespit edilmiştir. Yaz ve kış çalışmalarında, toluen ve isopropil benzen gibi bazı UOB türlerinin tespit edilen konsantrasyonları arasında önemli bir fark görülmezken, benzen bileşiğinin kış konsantrasyonunun, yaz konsantrasyonuna göre 3,1 kat fazla olduğu belirtilmiştir.

Yaz aylarında şehir alanlarında tespit edilen en baskın bileşiklerin sırasıyla toluen, p-ksilen, o,m-ksilen ve etilbenzen olduğu belirtilmiştir.

Kwon et al. (2007) tarafından yapılan çalışmada potansiyel iç ortam hava kirliliği kaynağı olarak düşünülen ve Kore’de satılan 59 adet evle ilgili ürünün üst katmanından alınan gaz fazı analiz edilmiştir. Analizi yapılan ürün sınıfları; temizlik ürünleri, deodorantlar, yapıştırıcılar, oje çıkarıcılar, boyalar, pestisitler, cilalar ve yalıtım/sızdırmazlık malzemeleri olarak belirtilmiştir. Yağlı boya kategorisindeki ürünlerden kaynaklanan UOB türleri ve toplam UOB konsantrasyonu yüksek bulunmuştur. Benzen emisyonu kaynağı olarak çamaşır deterjanları ve ojeler; etilbenzen emisyonu kaynağı olarak zemin döşemelerinde kullanılan zamlar, yağlı boya, duvar kağıdı yapıştırıcıları, su bazlı boya; toluen emisyonu kaynağı olarak dezenfektan, zemin döşemelerinde kullanılan zamlar, yalıtım malzemeleri, oje, yağlı boya ve duvar kağıdı yapıştırıcısı; m,p,o-ksilenler için emisyon kaynağı olarak zemin yapıştırıcıları ve yağlı boyalar belirtilmiştir.

2.1.1.1. Endüstriyel hava kirletici kaynakları

EPA’nın basın-yayın endüstrisi için oluşturduğu Toksik Salınım Envanterine göre, baskı endüstrisinde çıkan toksik maddelerin %99’u hava alıcı ortamına verilirken, kalan %1’lik kısım su ve toprak ortamına deşarj edilmektedir (U.S. EPA, 1995⁽¹⁾).

Yuan et al. (2010) tarafından yapılan çalışmada, mimari boyama, mobilya boyama ve otomobil boyama uygulamaları sonucunda oluşan UOB profilleri incelendiğinde, birbirlerine benzer oldukları; en fazla gözlenen bileşiklerin toluen, m,p-ksilen, etilbenzen, o-ksilen gibi aromatik bileşikler olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada basım işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar da incelenmiştir. Matbaalarda oluşan UOB emisyonlarının büyük bir kısmının ağır hidrokarbonlar olduğu; mürekkep buharlaşmasından ve makineleri temizlemede kullanılan deterjanlardan kaynaklandığı belirtilmiştir. Matbaalarda oluşan UOB toplam emisyonlarının kütlece %66,7’si alkanlardan oluşurken, %31,6’sı m,p-ksilen, toluen ve 1,2,4-trimetilbenzen gibi aromatik bileşiklerden oluştuğu belirtilmiştir.

Kagi et al. (2007) tarafından yapılan çalışmada, 2 adet lazer printer ve 1 adet ink-jet fotokopi makinelerinin bulunduğu iç ortamda UOB emisyonları, ozon oluşumu ve partikül madde dağılımı izlenmiştir. Basım işlemi gerçekleşirken, lazer printerda stiren, m,p-ksilen ve o-ksilen seviyelerinin $2300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerine yükseldiği belirtilmiştir. Stiren emisyonu lazer printerda gözlenirken, ink-jet printer'da gözlenmemiştir. Aynı zamanda stiren bileşiğinin sadece basım işlemi sırasında olduğu tespit edilmiş ve bunun üzerine basımda kullanılan toner incelendiğinde, stiren emisyonunun tamamen tonerden kaynaklandığı anlaşılmıştır.

Fotokopi merkezleri iç ortam hava kalitesinin, ofis ortamlarının hava kalitesine kıyasla daha kötü olduğu düşünülmekte ve bunun sonucunda fotokopi merkezlerinde çalışan kişilerin tehlikeli maddelere maruz kalmaları önemli bir konu haline gelmektedir (Lee et al., 2006).

Bir bütün olarak kereste ve ahşap sanayi için, en önemli toksik madde salınımı toluen, ksilen, methanol, formaldehit gibi UOB'lerdir. Bu endüstrideki salınımların önemli bir kısmı sektörde yaygın olarak kullanılan yapıştırıcılar ve reçinelerden oluşan sızıntı veya noktasal kaynaklardan oluşur. En fazla UOB salınımı, ahşap panel ürünlerin üretimi sırasında sıkıştırma fazında ve kuruma süresince oluşur (U.S. EPA, 1995⁽²⁾).

Sönmez ve arkadaşları (2009) tarafından çalışmada Ankara'da mobilya endüstrisinde faaliyet gösteren bazı işletmelerde fiziksel çevre koşulları incelenmiştir. Buna göre; işletmelerde kış aylarında genel olarak talaş sobası kullanılarak ısındığı, havalandırmanın ise yaz ve kış aylarında yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Guo et al. (2002)'nin kontrplak, sunta, odunlifi levha ve PVC tahta kullanarak yaptığı oda deneyi çalışması sonucunda, formaldehit dışında toplam UOB emisyonunun en yüksek olduğu malzemeler odunlifi levha ve sunta olarak belirtilmiş, çalışma sonucunda ürünlerden oluşan maksimum TUOB emisyonlarının $18-408 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerinde tespit edildiği belirtilmiştir.

Chiang et al. (2010), demir ve çelik endüstrilerinde çalışan işçilerin hava kirliliği kaynaklı sağlık risklerinin incelendiği çalışmaların az olduğuna değinmiş, kendi

alışmasında entegre demir-elik sanayisinin sinterleme, kok hazırlama, sıcak şekillendirme ve soğuk şekillendirme süreçlerinde çalışan işçilerin kanser risklerini araştırmıştır. Çalışmada, sinterleme sürecinde etilbenzen emisyonunun baskın olduğu (100 ppb); benzen ve etilbenzen bileşiklerinin, kok hazırlama sürecinde oluşan ana kirleticiler olduğu; sıcak şekillendirme ve soğuk şekillendirme işlemlerinde etilbenzen bileşiğinin baskın olduğu (194 ppb ve yaklaşık 100 ppb) belirtilmiştir. Kanser riski en fazla olan sürecin kok hazırlama olduğu, bu süreçte ise kanser riskinin artmasına etkisi en fazla olan bileşiğin benzen olduğu belirtilmiştir. Chang et al. (2010), entegre demir-elik endüstrisinde sinterleme, kok hazırlama, sıcak ve soğuk şekillendirme süreçlerinden kaynaklanan UOB emisyonlarını ve kanser risklerini incelemiş, toluen, ksilen, 1,2,4-1,3,5 trimetilbenzen, diklorobenzen ve trikloroetilen emisyonlarının tüm süreçlerde yüksek tespit edildiğini belirtmiştir.

2.2. Uçucu Organik Bileşikler (UOB) Ve Hava Ortamındaki Reaksiyonları

Aktif rnekleme metodu kullanılarak toplanan örneklere, yaz döneminde (26.07-01.08.2003) benzen için $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'yi, toluen için $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'yi aşan değerler gözlenmiştir (Pilidis et al., 2005). Pasif rnekleme sonuçlarında, yılın sıcak dönemlerinde elde edilen B/T, B/X ve T/X değerleri, yılın soğuk dönemlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun sebebi, bileşiklerin farklı kimyasal özellikleri sonucunda oluşan farklı fotokimyasal reaktivite özellikleridir (Hagerman et al., 1997).

Emisyon kaynakları ve ortam konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi belirlemede, taşınım ve dağılım süreçlerinin yanı sıra, bazı tür bileşiklerin bozunarak yeni tür bileşikleri oluşması ile sonuçlanan dönüşümlerde kimyasal reaksiyonların da etkisi büyüktür (Berkowicz et al., 1997).

Derwent and Jenkin (1991), benzen bileşiğinin kararlı yapısından dolayı daha az reaktif bir molekül olduğunu, aksine toluen ve özellikle ksilen izomerlerinin fotoliz ile bir kararlı radikal verme özelliklerinden dolayı, daha şiddetli fotokimyasal aktivite gösterdiklerini belirtmişlerdir ve bu sebeple uzun süreli güneşe maruz kalındığı durumlarda, toluen ve ksilen fotokimyasal olarak bozunurlar ve başka

bileşikler ile tepkimeye girerler (Pilidis et al., 2005). Bundan dolayı, bu bileşikler atmosferde benzene göre daha az baskındırlar.

120 organik bileşiğin atmosferde bozunmaları ve ikincil kirletici olarak ozon oluşturma kapasiteleri incelendiğinde, fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli en yüksek tespit edilen bileşik 1,3,5-trimetilbenzen olmuştur (Derwent et al., 1998). Alken grubundan stiren ile aromatik hidrokarbonlardan benzen bileşiklerinin fotokimyasal ozon oluşturma potansiyelleri oldukça düşüktür (Derwent et al., 1998). Ozon ve PAN (peroksiasetil nitrat) atmosferde bulunan ikincil kirleticilerdendir ve ozonun yarılanma ömrü birkaç dakika iken, PAN'ın yarılanma ömrü yarım saat ile bir saat aralığındadır (Jakobi and Fabian, 1997). Weschler (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, normal koşullarda ozonun iç ortam havasında yarılanma ömrünün 7 ila 10 dakika aralığında olduğu belirtilmiş ve ozon konsantrasyonlarının gün içerisinde oldukça fazla değişkenlik gösterdiğinden bahsedilmiştir. Havalandırma oranı az olan iç ortamlarda, iç ortam kirleticileri arasında oluşan reaksiyonlar sonucunda oluşan ürünlerin derişimleri yüksek gözlenmektedir (Weschler and Shields, 2000). Weschler (2004), hidroksil (OH) radikalinin yükseltgenmiş ürünlerin oluşumunda etkisinin büyük olduğundan bahsetmiştir.

Çeşitli yerlerde örnek alınarak tespit edilen kirleticiler ile kaynağı belli olan maddeler arasındaki korelasyon ne kadar kuvvetli olursa, kirleticilerin de aynı kaynakta oluşma ihtimalleri o kadar artmaktadır (Vardoulakis et al., 2002). Buna göre, Vardoulakis et al. (2002) tarafından yapılan çalışmada benzen, toluen ve ksilen (BTX) bileşikleri ile yanma ürünü olan CO arasında yüksek korelasyonlar gözlenmiştir.

Dutta et al., (2009) tarafından yapılan çalışmada ortam havasında gözlenen BTEX konsantrasyonlarının ana kaynağı olarak egzoz gazı emisyonları gösterilmiştir. Çalışmada, benzen ortalama konsantrasyonları $24.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $79.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$; toluen ortalama konsantrasyonları $27.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ila $103.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında tespit edilmiştir.

2.3. Sıklıkla Rastlanan UOB Türlerinin Toksisitesi Ve Sağlık Etkileri

İç ortam hava kirliliği konusunda yapılan çalışmalar arttıkça, kirliliğin sebep olduğu sağlık problemlerinin ciddiyeti de anlaşılmış ve göz ardı edilemez bir konu haline gelmiştir. Soysal ve Demiral (2007), kapalı ortamların insanların temel sağlık gereksinimlerini karşılaması gerektiğini belirtmiş, özellikle gökdelen benzeri yapıların yaygın kullanıldığı günümüzde, yapı malzemelerinin, ısıtma sisteminin, ortam havalandırma sistemlerinin doğru seçilmesi gerektiğine dikkat çekmiştir.

Meslek hastalığı olarak alerjik astımın görülme sıklığı, çalışan nüfusta daha fazladır (Peden and Reed, 2010). Alerjik astıma sebep olabilecek bazı malzemeler lateks, ahşap tozu, talaştır (Peden and Reed, 2010). OEHHA tarafından yapılan toksik maddelerin sağlık değerlendirmeleri Tablo 2.1'de verilmiştir (<http://www.oehha.ca.gov/air/allrels.html>).

Çizelge 2.1. OEHHA Akut, 8-saatlik ve Kronik Referans Maruziyet Düzeyleri (REL) Özeti (<http://www.oehha.ca.gov/air/allrels.html>)

Bileşik	REL tipi (1)	Solunma REL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hedef Organlara Tehlike Endeksi	Tür ⁽²⁾
Benzen	A	1300	Üreme/gelişim	R
	C	60	Hematolojik ve sinir sistemleri/gelişim	H
Etilbenzen	C	2000	Gelişim, gastrointestinal sistem (karaciğer), böbrek, endokrin sistem	M, R
Naftalin	C	9	Solunum sistemi	H
Stiren	A	21000	Solunum sistemi, gözler	H
	C	900 ⁽⁴⁾	Sinir sistemi	H
Toluen	A	37000	Solunum ve sinir sistemi	H
	C	300	Sinir sistemi, solunum sistemi, gelişim	R
Ksilenler (o-ksilen, m-ksilen ve p-ksilen karışımı)	A	22000	Sinir ve solunum sistemi, gözler	H
	C	700	Sinir ve solunum sistemi, gözler	H

REL Referans maruziyet düzeyi (Reference Exposure Level).

- (1) REL tipleri:
A= Akut. Akut REL'ler için ortalama maruziyet süresi 1 saattir.
C= Kronik. Kronik REL'ler ömür boyunca sürekli maruz kalınması durumunda, yıllık ortalama maruziyet olarak düşünülmüştür.
- (2) REL geliştirmek için bu çalışmada kullanılan türler:
R: Sıçan
H: İnsan
M: Fare
- (4) REL, kıyaslama dozu yaklaşımına dayanmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

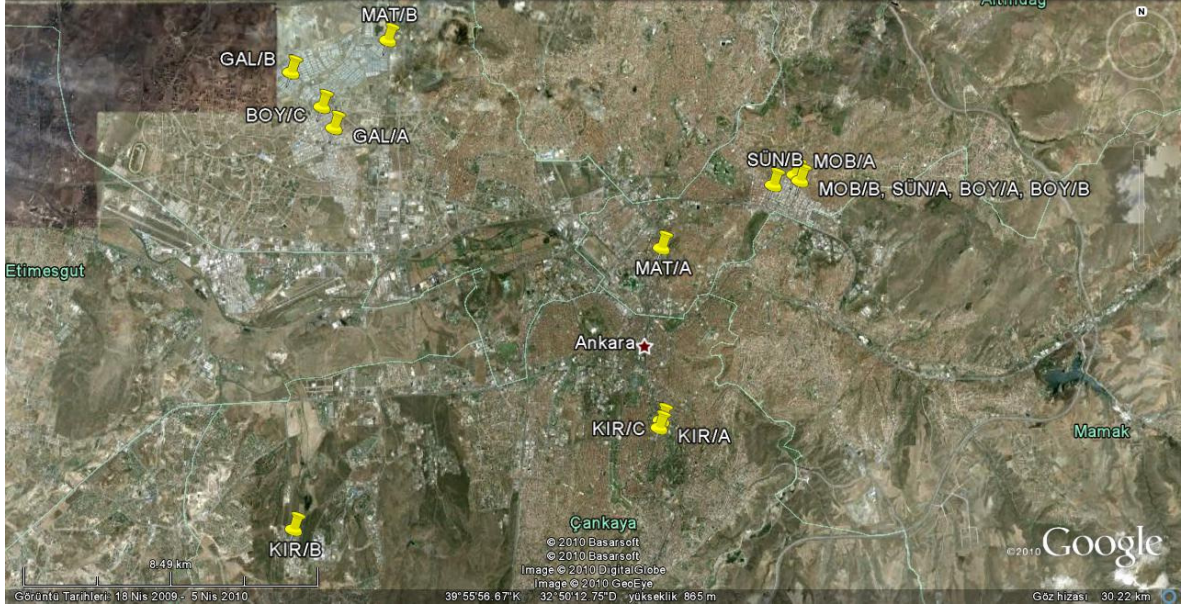
3.1. Örnekleme Noktaları

Altı farklı iş sektörü seçilerek yapılan örnekleme çalışmaları, Ankara'nın farklı semtlerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekleme yapılacak iş yerlerinin, özellikle sanayinin yoğun olduğu bölgelerde seçilmesine özen gösterilmiştir. Örnekleme istasyonları İvedik, Ulus, Kavaklıdere, Ostim, Beytepe ve Siteler semtlerinde yer almaktadır. Örnekleme istasyonlarının yerleri Çizelge 3.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1. Örnekleme istasyonlarının yerleri ve bulunduğu semtler

No	İstasyon Adı	Örnekleme Yeri	Örnekleme Yapılan Semt
1	MOB/A MOB/B	Mobilya mağazası, atölye, depo ve ofis	Siteler
2	SÜN/A SÜN/B	Sünger deposu ve ofis	Siteler
3	MAT/A MAT/B	Offset baskı yapan matbaa, depo ve ofis	Ulus, Matbaacılar San. Sit./İvedik
4	KIR/A KIR/B KIR/C	Fotokopi odası ve/veya bölümü, kırtasiye	Cinnah Cad./Kavaklıdere, Hacettepe Üni./ Beytepe
5	BOY/A BOY/B BOY/C	Sadece boya satışı yapan hırdavat dükkanı, ofis	Siteler, Ostim O.S.B.
6	GAL/A GAL/B	Galvaniz ile metal kaplama işlemi yapılan atölye, depo, ofis	Ostim O.S.B., Başkent O.S.B./Ostim

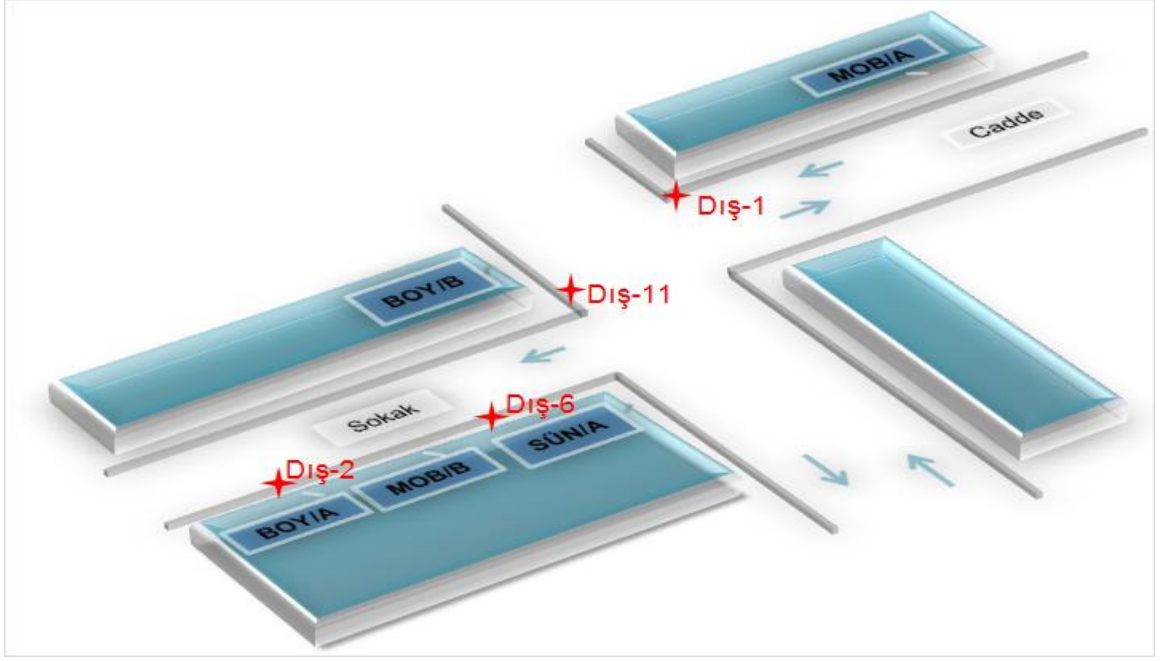
UOB örnekleme yapılan istasyonlar Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Beytepe semtinde bulunan KIR/B örnekleme noktası, kentsel hava kirliliğinden daha az etkilenen bir bölgedir. GAL/A, GAL/B, BOY/C ve MAT/B örnekleme noktaları Ostim ve İvedik semtlerinde bulunan sanayi sitelerinde yer alırken; SÜN/A, SÜN/B, MOB/A, MOB/B, BOY/A ve BOY/B örnekleme noktaları mobilyacılar sitesinde yer almaktadır.



Şekil 3.1. Örnekleme İstasyonları

Altı adet örnekleme noktası Siteler mevkiinde yer almaktadır ve bu sebeple en fazla örnekleme istasyonu bulunan semttir. 1960 yılında oluşmaya başlayan Siteler 7000 dönümlük arazi üzerine kurulmuştur. Bünyesinde yer alan on binlerce işyeri ile ülkemizin en büyük mobilya üretim sanayisine sahiptir (<http://www.sitelerankara.com.tr/sayfa.php?kod=19>).

Siteler’de bulunan SÜN/B noktası dışındaki SÜN/A, MOB/A, MOB/B, BOY/A ve BOY/B örnekleme istasyonlarının bir özelliği de diğer semtlerdeki örnekleme noktalarına kıyasla, bu semtteki beş örnekleme noktasının birbirlerine daha yakın olmasıdır. Birbirine en yakın iki dış örnekleme noktası (Dış-6 ve Dış-11) arasındaki yaklaşık mesafe 6 m iken, birbirine en uzak iki dış örnekleme noktası (Dış-1 ve Dış-2) arasındaki yaklaşık mesafe 100 m’dir. Şekil 3.2’de iç ortam örnekleme yapılan Siteler semtindeki beş iş yeri ve dış ortam örnekleme istasyonları gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Birbirine en yakın örnekleme istasyonları ve dış örnekleme noktaları

Dört adet örnekleme noktası Ostim O.S.B.'de yer almaktadır. Ostim O.S.B. Türkiye'nin en büyük küçük ve orta boy sanayi üretim alanlarından biridir. Beş milyon metre kare açık alanda, yaklaşık beş bin işletmede %46'sı sac şekillendirme, %42'si talaşlı imalat, %8'i plastik işleme ve %4'ü ise kimyasal konularda üretim yapılmaktadır (<http://www.kobitek.com/makale.php?id=74;> <http://www.ostim.org.tr/BilgiMerkezi.aspx?Kat=1&AKat=57&MakaleID=3>).

İvedik O.S.B. 488 hektar alan üzerine kurulmuştur. Yaklaşık yedi bin firmanın faaliyet gösterdiği İvedik O.S.B.'nde yer alan firmaların %70'i üretim yapmaktadır (<http://www.isim.org.tr/tr/hakimizda/ivedik-hakkinda.html>).

Bu çalışmada 2010 yılı yaz dönemi Haziran ve Eylül ayları arasında, 11 günlük örnekleme periyodunda, belirlenen iş yerlerinden 32 adet iç ortam ve 13 adet dış ortam örneği olmak üzere toplam 45 adet örnek alınmıştır. Örnekleme periyotları ile örnekleme istasyonlarının iç ve dış ortamlarından alınan örnek sayıları Çizelge 3.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.2. Örneklem periyotları, örneklem yerleri ve alınan örnek sayıları

Örneklem Periyodu		Örneklem Yerleri		Alınan Örnek Sayısı	
No	Tarih	İç	Dış	İç	Dış
1	24.Haz.10	MOB/A SÜN/A	dış-1	5	1
2	08.Tem.10	BOY/A MAT/A	dış-2 dış-3	3	2
3	23.Tem.10	KIR/A KIR/B	dış-4 dış-5	4	2
4	28.Tem.10	MOB/B BOY/B	dış-6	4	1
5	30.Tem.10	GAL/A	dış-7	2	1
6	05.Ağu.10	SÜN/B	dış-8	2	1
7	12.Ağu.10	BOY/C	dış-9	2	1
8	18.Ağu.10	MAT/B	dış-10	3	1
9	28.Ağu.10	SÜN/A BOY/B	dış-11	3	1
10	01.Eyl.10	GAL/B	dış-12	3	1
11	03.Eyl.10	KIR/C	dış-13	1	1

Örneklem istasyonları olarak belirlenen mobilya atölyesi, sünger deposu, matbaa, fotokopi merkezi, boya satışı yapan hırdavat dükkanı ve metal kaplama sanayi iş yerlerinde uygulanan prosesler, ortamda bulunan malzemelerin özellikleri ve kullanılan kimyasal maddeler sebebiyle, UOB emisyonlarının yüksek olduğu düşünülmektedir. Ankara sanayisinin yoğun olduğu bölgelerde seçilen altı adet farklı sektöre ait işin, iç ve dış ortam havasındaki organik bileşik kirliliğine önemli ölçüde katkı sağlayacağı düşünüldüğünden, örneklem istasyonları bu işyerlerine kurulmuştur. Yaz döneminde her bir iç/dış ortamdaki sabah (09.00-13.00) olmak üzere bir periyotta uçucu organik bileşikler ve çevresel parametrelerin ölçümü yapılmıştır. İç/dış ortamlarda tespit edilecek uçucu organik bileşik düzeylerinin

yüksek olması beklendiğinden, kapsamlı örnekleme çalışması tercih edilmemiştir. Yaz dönemi boyunca, sabah periyodunda örnekleme çalışmalarının yapıldığı iş yerleri hakkında detaylı bilgiler alt bölümlerde verilmiştir.

3.1.1. Mobilya atölyesi

İstasyon adı MOB/A ve MOB/B olan iki farklı mobilya atölyesinin iç/dış ortamlarından hava örnekleri alınmıştır. Her iki iş yeri de Siteler'de yer almaktadır. Örnekleme yapılan mobilya atölyeleri Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Mobilya atölyeleri

MOB/A ve MOB/B örnekleme istasyonları olmak üzere iki farklı mobilya atölyesinden, iki ayrı günde, toplam 5 adet iç ortam ve 2 adet dış ortam örneği alınmıştır. Mobilya atölyesi olarak tanımlanan iş yerlerinde yapılan işler: mobilya imalatı, mobilya montajı, üretilen ham mobilyaların boyanması ve cilalanması olarak sıralanabilir. MOB/A ve MOB/B örnekleme istasyonlarının iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri Çizelge 3.3’de özetlenmiştir.

MOB/A örnekleme istasyonundan 3 adet iç ortam ve 1 adet dış ortam örneği alınmıştır. İç ortam örnekleme noktalarından MOB/A-1, MOB/A istasyonunun atölye kısmında yer almaktadır. MOB/A-1 noktasının bulunduğu bölümde mobilyalar imal edilmektedir. Bu bölümde çeşitli testereler, zımpara, masifleme makinesi, kalınlık makinesi gibi çeşitli el aletleri bulunmaktadır (http://xa.yimg.com/kq/groups/22358478/669820712/name/5-Bildiri- Mobilya_KMO_Sempozyum.doc). Mobilya montajının da yapılabildiği MOB/A-2 örnekleme noktası, MOB/A istasyonunun mağaza kısmında yer almaktadır. Atölye kısmından gelen malzemelerin montajlanarak boya ve cila işlemlerinin yapıldığı alanın bir bölümü de depo olarak kullanılmaktadır. Depoda saklanan malzemeler, satış yapılan yere gönderilmek için bekletilen mobilyalardan ibarettir. MOB/A-3 örnekleme noktası, MOB/A istasyonunun ofis kısmında yer almaktadır. MOB/A-3 ile MOB/A-2 örnekleme noktasının yer aldığı ofis ve mağaza-depo bölümleri zemin katta yer almakla beraber, iki ayrı bölüm arasında ayırım sağlayacak herhangi bir kapı bulunmamaktadır.

MOB/B örnekleme istasyonundan 2 adet iç ortam ve 1 adet dış ortam örneği alınmıştır. MOB/B-1 örnekleme noktası, MOB/B örnekleme istasyonunun mobilya montajı yapılan kısmında yer almaktadır. Bu bölüm aynı zamanda satış mağazası olarak da kullanılmaktadır. Herhangi bir cila ve/veya boya işlemi yapılmamaktadır. MOB/B-2 örnekleme noktası, MOB/B istasyonunun deposu olarak kullanılmaktadır. Burada montajlanması gereken ham mobilya parçaları yer almaktadır. Bu bölümün ortam havasındaki yoğun ahşap kokusu oldukça şiddetli hissedilmektedir.

Çizelge 3.3. Mobilya atölyeleri iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri

	MOB/A			MOB/B	
	<u>MOB/A-1</u> <u>İmalathane</u>	<u>MOB/A-2</u> <u>Atölye</u>	<u>MOB/A-3</u> <u>Ofis</u>	<u>MOB/B-1</u> <u>Atölye</u>	<u>MOB/B-2</u> <u>Depo</u>
Alınan Örnek Sayısı	1	1	1	1	1
Bulunduğu Kat	Bodrum	Zemin	Zemin	Zemin	Bodrum
Trafiğe Yakınlığı	Orta	Orta	Orta	Az	Az
Bina Yaşı (yıl)	30	30	30	32	32
Alanı (m ²)	450	200	20	140	150
Cephesi	G.B. ^a	K.D. ^b	G.B.	K.D.	K.D.
Havalandırma Sistemi	D.H. ^c	D.H.	D.H.	D.H.	D.H.
Pencere Sayısı	5	1	4	1	Yok
Pencere Çerçevesi	Metal	Metal	Metal	Metal	Yok
Yer Kaplama Türü	Beton	Beton	Halıfleks	Beton	Beton
Yer Kaplama Yaşı (yıl)	30	30	10	32	32
Ahşap Kaplamalı Eşya Yoğunluğu	Çok	Çok	Orta	Çok	Çok
Duvar Kaplama Türü	Sıva	Sıva	Serpme	Kireç	Kireç
Duvar Kaplama Yaşı (yıl)	30	30	20	6	32
Çalışan Kişi Sayısı	2	2	1*	3*	1**
Sigara İçen Kişi Sayısı	1	Yok	1*	2*	Yok
Toplam Sigara Sayısı/Gün	15/gün	Yok	30/gün*	20/gün*	Yok

- ^a Güneybatı
^b Kuzeydoğu
^c Doğal Havalandırma
* Değişken sayı
** Çok sık kullanılmayan alan

3.1.2. Sünger deposu

İstasyon adı SÜN/A ve SÜN/B olan iki farklı sünger deposundan örnek alınmıştır. Her iki iş yeri de Siteler’de yer almaktadır. Örnekleme yapılan sünger depoları Şekil 3.4’de gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Sünger depoları

SÜN/A ve SÜN/B örnekleme istasyonları olmak üzere iki farklı iş yerinden, üç ayrı günde toplam 5 iç ortam ve 3 dış ortam örneği alınmıştır. SÜN/A-1, SÜN/A-3 ve SÜN/B-1 örnekleme noktaları sünger depolarında bulunmaktadır. Sünger deposu olarak tanımlanan iş yerlerinde toptan satışa çıkarılacak farklı yoğunluklardaki süngerler depolanmaktadır. SÜN/A ve SÜN/B örnekleme istasyonlarının iç

ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri Çizelge 3.4’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.4. Sünger depoları iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri

	SÜN/A			SÜN/B	
	<u>SÜN/A-1</u> <u>Depo-1</u>	<u>SÜN/A-2</u> <u>Ofis</u>	<u>SÜN/A-3</u> <u>Depo-2</u>	<u>SÜN/B-1</u> <u>Depo</u>	<u>SÜN/B-2</u> <u>Ofis</u>
Alınan Örnek Sayısı	1	1	1	1	1
Bulunduğu Kat	Zemin	Zemin	Bodrum	Zemin	1
Trafiğe Yakınlığı	Çok	Çok	Az	Çok	Orta
Bina Yaşı (yıl)	20	20	20	25-30	32
Alanı (m ²)	80	10	100	270	150
Cephesi	G.D. ^a	G.D.	Yok	G.D.	K.D. ^b
Havalandırma Sistemi	D.H. ^c	D.H.	D.H.	D.H.	Klima ve D.H.
Pencere Sayısı	1	1	1	5	1
Pencere Çerçevesi	Alüminyum	Alüminyum	Metal	Metal	Metal
Yer Kaplama Türü	Beton	Sunta üzeri muşamba	Beton	Beton	PVC
Kaplama Yaşı (yıl)	20	20	20	25-30*	10
Ahşap Kaplamalı Eşya Yoğunluğu	Az	Orta	Yok	Yok	Orta
Duvar Kaplama Türü	Plastik boya	Kireç	Plastik boya	Sıva	Plastik boya
Kaplama Yaşı (yıl)	2	2	2	25-30*	1
Çalışan Kişi Sayısı	2*	1	1**	2	3*
Sigara İçen Kişi Sayısı	Yok	Yok	Yok	2*	Yok
Toplam Sigara Sayısı/Gün	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok

^a Güneydoğu

- b Kuzeydoğu
- c Doğal havalandırma
- * Değişken sayı
- ** Çok sık kullanılmayan alan

3.1.3. Matbaa

İstasyon adı MAT/A ve MAT/B olan iki farklı matbaanın iç/dış ortamlarından hava örnekleri alınmıştır. MAT/A örnekleme istasyonu Ulus semtinde yer alırken, MAT/B örnekleme istasyonu İvedik Organize Sanayi Bölgesi, Matbaacılar Sitesi'nde bulunmaktadır. Örnekleme yapılan matbaalar Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Matbaalar

MAT/A ve MAT/B örnekleme istasyonları olmak üzere iki farklı işyerinden, iki ayrı günde, toplam 5 iç ortam ve 2 dış ortam örneği toplanmıştır. Matbaalarda davetiye, tebrik kartları ve zarf basımı gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple solvent ve su bazlı boyalar, toz boyalar, çeşitli bağlayıcı maddeler ve yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Bu örnekleme istasyonlarının iç ortamlarında bulunan örnekleme noktaları özellikleri Çizelge 3.5’de özetlenmiştir.

Matbaaların MAT/A-1 ve MAT/B-1 olarak belirtilen imalathane kısımlarında ofset baskı yapılmaktadır. Ofset baskı, mürekkebi kağıda aktarmak için bir aracı merdane kullanılarak yapılan baskı tekniğidir. Temelinde su ve yağın ayrışma prensibi ile çalışan bu baskı tekniği, kağıt üzerine çok küçük noktaların aktarılabilmesine imkan verir ve görsel kalite açısından en gelişmiş çoğaltım tekniklerinin başında gelir ([Uztuğ, 2010, 24 Kasım](#)). Matbaalarda insan sağlığına önemli etkileri olabilecek birçok kimyasal madde kullanılmaktadır. Hazne suyu, mürekkep kurutucusu, banket temizleyici, merdane temizleme pastası, mürekkep kusturucu, film ve kalıp banyo makineleri temizleme kimyasalları bu kimyasal maddelerden bazılarıdır (<http://matbaaturk.org/matbaa-kimyasallari/matbaa-kimyasallari/>).

MAT/B-3 olarak belirtilen depo kısmında, baskı işlemi tamamlanmış ürünler bulunmakta ve zarfları hazırlanmaktadır. Bu sebeple depo kısmında yapıştırıcı maddeler yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Çizelge 3.5. Matbaaların iç ortamlarında bulunan örnekleme noktaları özellikleri

	MAT/A		MAT/B		
	<u>MAT/A-1</u>	<u>MAT/A-2</u>	<u>MAT/B-1</u>	<u>MAT/B-2</u>	<u>MAT/B-3</u>
	<u>İmalathane</u>	<u>Ofis</u>	<u>İmalathane</u>	<u>Ofis</u>	<u>Depo</u>
Alınan Örnek Sayısı	1	1	1	1	1
Bulunduğu Kat	Zemin	Zemin	Zemin	1	2
Trafiğe Yakınlığı	Çok	Çok	Az	Az	Az
Bina Yaşı (yıl)	100*	100*	15	15	15
Alanı (m ²)	50	20	120	60	15
Cephesi	Yok	Batı	K.D. ^a	Yok	G.B. ^b
Havalandırma Sistemi	D.H. ^c ve aspiratör	D.H.	D.H. ve aspiratör	D.H.	D.H.
Pencere Sayısı	Yok	1	4	3	1
Pencere Çerçevesi	Yok	Metal	Metal	Ahşap	PVC
Yer Kaplama Türü	Beton	Seramik	Beton	Beton	Beton
Kaplama Yaşı (yıl)	49	1	15	15	15
Ahşap Kaplamalı Eşya Yoğunluğu	Orta	Orta	Yok	Orta	Orta
Duvar Kaplama Türü	Kerpiç üzerine alçıpan	Yağlı boya	Plastik boya	Plastik boya	Plastik boya
Kaplama Yaşı (yıl)	2	1	15	1	1
Çalışan Kişi Sayısı	1	2**	4	4	3**
Sigara İçen Kişi Sayısı	1	1	3	1**	Yok
Toplam Sigara Sayısı/Gün	8/gün	4/gün	60/gün	20/gün	Yok

^a Kuzeydoğu
^b Güneybatı
^c Doğal Havalandırma

- * Ahşap binanın tarihi olmasından ötürü inşa yılı bilinmediğinden tahmini bir rakam verilmiştir. İşletme 1961 yılından beri faaliyet göstermektedir.
- ** Değişken sayı

3.1.4. Fotokopi merkezi

İstasyon adı KIR/A, KIR/B ve KIR/C olan üç farklı fotokopi merkezinin iç/dış ortamlarından hava örnekleri alınmıştır. KIR/A ve KIR/C örnekleme istasyonları Cinnah Caddesi'nde, KIR/B istasyonu Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü'nde yer almaktadır. Bu örnekleme noktaları kentsel hava kirliliğinden daha az etkilenen bölgelerde bulunmaktadır. Örnekleme yapılan fotokopi merkezi istasyonları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Fotokopi merkezleri

KIR/A, KIR/B ve KIR/C olmak üzere üç farklı iş yerinden, iki ayrı günde toplam 5 adet iç ortam, 3 adet dış ortam örneği alınmıştır. Fotokopi merkezleri bünyesinde renkli fotokopi, fotokopi, plan kopya çekimi, plotter baskı, renkli poster ve proje baskıları ile cilt, spiral tarama ve arşivleme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bunun yanı sıra kırtasiye bölümlerinde ofis malzemeleri, çeşitli sanatsal malzemelerin satışı yapılmaktadır. Bu örnekleme istasyonlarının iç ortamlarında bulunan örnekleme noktaları özellikleri Çizelge 3.6'da özetlenmiştir.

KIR/A örnekleme istasyonunda bulunan KIR/A-1 ve KIR/A-2 örnekleme noktaları farklı katlarda yer almaktadır ve fotokopi odası ile kırtasiye kısmı tamamen birbirinden ayrılmıştır. KIR/B ve KIR/C istasyonlarında aynı durum söz konusu değildir. KIR/B istasyonu KIR/C istasyonuna nazaran daha geniş bir alana sahiptir ve fotokopi makineleri alanın yaklaşık 1/3'ini kaplayan bir kısma yerleştirilmiştir. KIR/C istasyonunda ise fotokopi çekim işlemi kırtasiye bölümünde yapılmaktadır. En fazla ve en ileri teknolojiye sahip fotokopi makinelerinin bulunduğu istasyon KIR/A'dır.

Fotokopi merkezlerinde gerçekleştirilen basım işlemlerinde ağırlıklı olarak dijital makineler kullanılmaktadır. Yavuz (2010)'un yaptığı çalışmanın sonuçlarına göre; hemen teslim gerektiren işlerde, dijital baskının ofset baskıya göre daha hızlı olduğu, dijital baskıda elde edilen renk kalitesinin orjinale yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Kınık (2008), dijital baskı makinelerini; mürekkep püskürtmeli (inkjet) dijital baskı makineleri, kuru tonerli (elektrofotografik) dijital baskı makineleri, ıslak tonerli (elektrofotografik) dijital baskı makineleri, dijital ofset baskı makineleri olmak üzere dört gruba ayırmış ve bu makinelerde özel sıvı mürekkeplerin, siyah ve renkli tonerlerin, bir çeşit sıvı toner olan ıslak tonerin ve matbaa mürekkeplerinin kullanıldığını belirtmiştir.

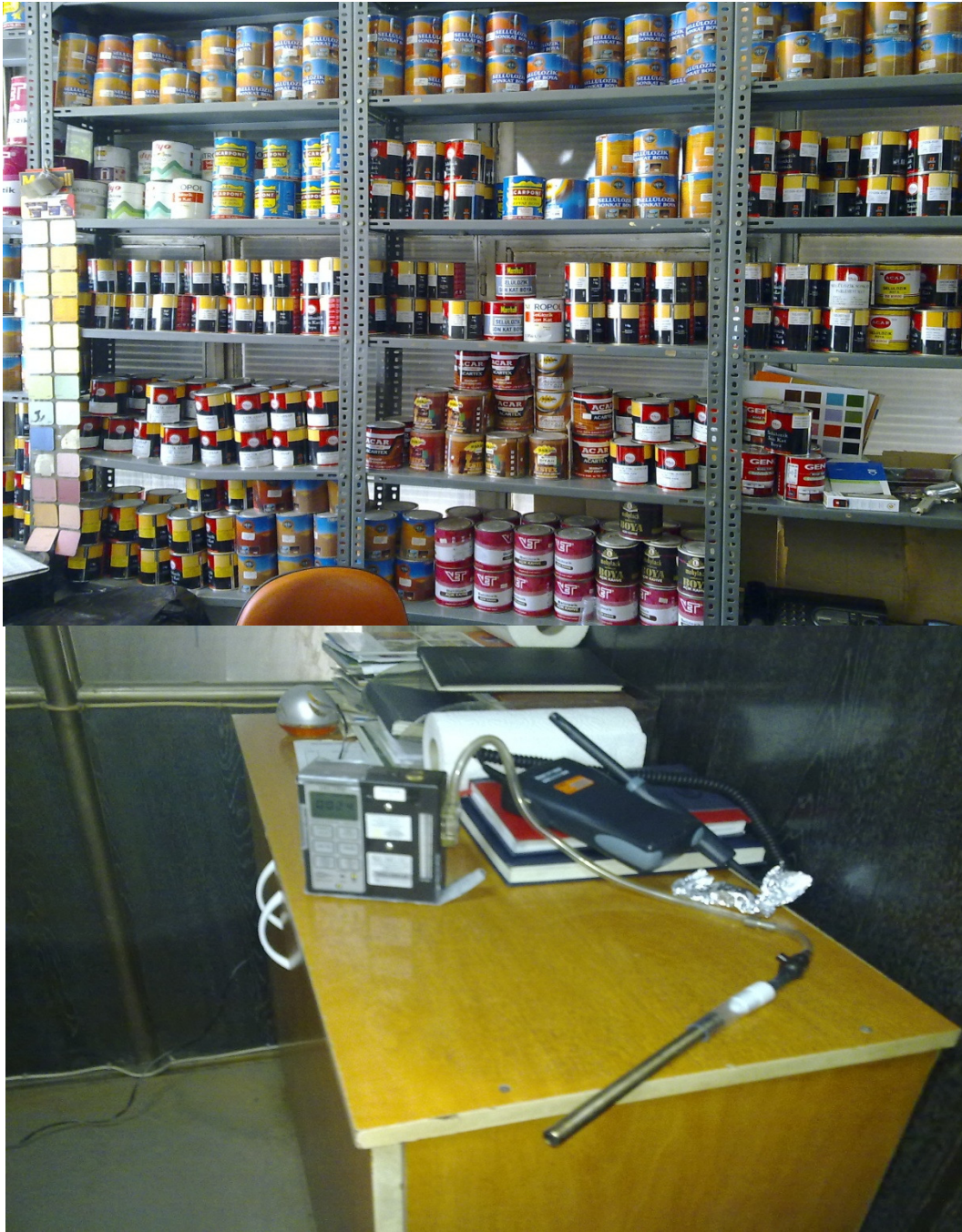
Çizelge 3.6. Fotokopi merkezlerinin iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri

	KIR/A		KIR/B		KIR/C
	<u>KIR/A-1</u> <u>Fotokopi</u> <u>Odası</u>	<u>KIR/A-2</u> <u>Kırtasiye</u>	<u>KIR/B-1</u> <u>Kırtasiye</u> <u>(fotokopi</u> <u>bölümü)</u>	<u>KIR/B-2</u> <u>Kırtasiye</u>	<u>KIR/C-1</u> <u>Fotokopi</u> <u>Bölümü ve</u> <u>kırtasiye</u>
Alınan Örnek Sayısı	1	1	1	1	1
Bulunduğu Kat	Bodrum	Zemin	Zemin	Zemin	Zemin
Trafiğe Yakınlığı	Az	Çok	Az	Az	Orta
Bina Yaşı (yıl)	50	50	25	25	35
Alanı (m ²)	50	50	60	60	40
Cephesi	K.B. ^a	G.D. ^b	Kuzey	Kuzey	K.D. ^c
Havalandırma Sistemi	D.H. ^d ve iki adet klima	D.H.	D.H. ve klima	D.H. ve klima	D.H.
Pencere Sayısı	5	6	1	1	1
Pencere Cinsi	Pimapen	Pimapen	Pimapen	Pimapen	Pimapen
Yer Kaplama Türü	Seramik	Seramik	Seramik	Seramik	Seramik
Yer Kaplama Yaşı (yıl)	1	7	10	10	5
Ahşap Kaplamalı Eşya Yoğunluğu	Orta	Çok	Orta	Orta	Orta
Duvar Kaplama Türü	Plastik boya	Yağlı boya	Plastik boya	Plastik boya	Yağlı boya
Duvar Kaplama Yaşı (yıl)	1	2	4	4	1
Çalışan Kişi Sayısı	6	7	4	4	5
Sigara İçen Kişi Sayısı	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Toplam Sigara Sayısı/Gün	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok

^a Kuzeybatı
^b Güneydoğu
^c Kuzeydoğu
^d Doğal havalandırma

3.1.5. Hırdavat dükkânı

İstasyon adı BOY/A, BOY/B ve BOY/C olan üç farklı boya satışı yapan hırdavat dükkânının iç/dış ortamlarından hava örnekleri alınmıştır. BOY/A ve BOY/B örnekleme istasyonları Siteler’de, BOY/C istasyonu Ostim Organize Sanayi Bölgesi’nde yer almaktadır. Hırdavat dükkânları, sadece boya ve malzemeleri üzerine satış yapan iş yerleri olarak tanımlanabilir. Örnekleme yapılan hırdavat dükkânı istasyonları Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Hırdavat dükkânları

BOY/A, BOY/B ve BOY/C olmak üzere üç farklı iş yerinden, dört ayrı günde toplam 7 adet iç ortam, 4 adet dış ortam örneği alınmıştır. Hırdavat dükkânlarında satışı yapılan ürünler; alkit bağlayıcı esaslı tahta koruyucu, poliüretan selülozik boya, selülozik son kat ve astar boyalar, poliüretan vernik, epoxy boya, toz boya, inşaat boyaları, tiner (selülozik, endüstriyel, sentetik), ispirto, matbaa boyaları olarak sıralanabilir. Poliüretan boyalar UV ışınlarına karşı dayanıklıdır ve mekanik/kimyasal direnç gösterirler. Epoxy boyalar sürtünmeye, darbelere ve kimyasallara direnç gösterirler. Bu örnekleme istasyonlarının iç ortamlarında bulunan örnekleme noktaları özellikleri Çizelge 3.7’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.7. Hırdavat dükkânları iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri

	BOY/A	BOY/B		BOY/C	
	<u>BOY/A-1</u>	<u>BOY/B-1,3,4</u>	<u>BOY/B-2</u>	<u>BOY/C-1</u>	<u>BOY/C-2</u>
	<u>Mağaza</u>	<u>Mağaza</u>	<u>Ofis</u>	<u>Mağaza</u>	<u>Depo</u>
Alınan Örnek Sayısı	1	3	1	1	1
Bulunduğu Kat	2	Zemin	Zemin	Zemin	Bodrum
Trafiğe Yakınlığı	Az	Çok	Orta	Çok	Yok
Bina Yaşı (yıl)	35	35	35	24	24
Alanı (m ²)	50	69	6	200	200
Cephesi	K.D. ^a	G.B. ^b	G.B.	G.B.	Yok
Havalandırma Sistemi	D.H. ^c ve aspiratör	D.H.	D.H. ve klima	D.H.	D.H.
Pencere Sayısı	2	2	1	1	Yok
Pencere Cinsi	Metal	Metal	Ahşap	Metal	Yok
Yer Kaplama Türü	Beton	Beton	Sunta	Beton ve seramik	Beton
Yer Kaplama Yaşı (yıl)	35	35	15	24 ve 7	24
Ahşap Kaplamalı Eşya Yoğunluğu	Çok	Az	Çok	Yok	Yok
Duvar Kaplama Türü	Sıva	Plastik boya	Ahşap lambiri	Alçı	Alçı

Çizelge 3.7. (Devam) Hırdavat dükkânları iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri

Duvar Kaplama Yaşı (yıl)	35	10	15	6	24
Çalışan Kişi Sayısı	1	2*	1*	8	1**
Sigara İçen Kişi Sayısı	1	1	1*	Yok	Yok
Toplam Sigara Sayısı/Gün	20/gün*	20/gün*	6/gün*	Yok	Yok

a Kuzeydoğu
b Güneybatı
c Doğal havalandırma
* Değişken sayı
** Çok sık kullanılmayan alan

3.1.6. Metal kaplama sanayi

İstasyon adı GAL/A ve GAL/B olan iki farklı metal kaplama sanayisi iç/dış ortamlarından hava örnekleri alınmıştır. GAL/A örnekleme istasyonu Ostim Organize Sanayi Bölgesi'nde, GAL/B istasyonu Ostim Başkent Organize Sanayi Bölgesi'nde yer almaktadır. Örnekleme yapılan metal kaplama sanayi istasyonları Şekil 3.8'de gösterilmiştir.





Şekil 3.8. Metal kaplama sanayileri

GAL/A ve GAL/B örnekleme istasyonları olmak üzere iki farklı metal kaplama sanayi tesisinden, iki ayrı günde, toplam 5 adet iç ortam ve 2 adet dış ortam örneği alınmıştır. Metal kaplama sanayi tesisi olarak tanımlanan iş yerlerinde sıcak daldırma ve elektro kaplama yöntemleri kullanılarak çelik malzemelerin yüzeyleri galvaniz kaplanmaktadır. Bu yöntemler, çelik sacların yüzeylerinin korozyon direncini arttırmak için uygulanmaktadır (Aydın ve Gülenç, 2003) GAL/A ve GAL/B örnekleme istasyonlarının iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri Çizelge 3.8’de özetlenmiştir.

GAL/A örnekleme istasyonunda yer alan GAL/A-1 olarak adlandırılan atölye örnekleme noktasında sıcak daldırma metodu ile galvaniz kaplama yapılmaktadır. Sıcak daldırma galvaniz kaplama, demir ve çelik ürünlerinin 450°C’de ergimiş çinko banyosuna daldırılarak yapılan bir kaplama yöntemidir. Banyo üzeri açık kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra yüzey temizleme işlemleri için kullanılan asit tanklarının da herhangi bir kapağı bulunmamaktadır.

GAL/B örnekleme istasyonunda, GAL/B-1 olarak adlandırılan atölye örnekleme noktasında ise elektro kaplama yöntemi ile demir çelik ürünleri galvaniz kaplanmaktadır.

Çizelge 3.8. Metal kaplama sanayi tesisleri iç ortamlarında bulunan örnekleme noktalarının özellikleri.

	GAL/A		GAL/B		
	<u>GAL/A-1</u> <u>Atölye</u>	<u>GAL/A-2</u> <u>Ofis</u>	<u>GAL/B-1</u> <u>Atölye</u>	<u>GAL/B-2</u> <u>Ofis</u>	<u>GAL/B-3</u> <u>Boş oda</u>
Alınan Örnek Sayısı	1	1	1	1	1
Bulunduğu Kat	Zemin	1	Zemin	1	1
Trafiğe Yakınlığı	Orta	Az	Az	Az	Az
Bina Yaşı (yıl)	24	24	10	10	10
Alanı (m ²)	350	50	80	10	6
Cephesi	K.B. ^a	K.B.	G.B. ^b	G.B.	G.B.
Havalandırma Sistemi	D.H. ^c ve aspiratör	D.H.	D.H.	D.H.	D.H.
Pencere Sayısı	2	1	1	2	1
Pencere Cinsi	Sac	Metal	Metal	Pimapen	Pimapen
Yer Kaplama Türü	Beton	Muşamba	Beton	Beton	Beton
Yer Kaplama Yaşı (yıl)	24	6	10	10	10
Ahşap Kaplamalı Eşya Yoğunluğu	Yok	Az	Yok	Az	Yok
Duvar Kaplama Türü	Sıva	Plastik boya	Alçı	Alçı	Alçı
Duvar Kaplama Yaşı (yıl)	24	6	3	3	3
Çalışan Kişi Sayısı	13	3*	2*	1**	1**
Sigara İçen Kişi Sayısı	5*	3*	1*	Yok	Yok
Toplam Sigara Sayısı/Gün	60/gün*	60/gün*	10/gün*	Yok	Yok

^a Kuzeybatı
^b Güneybatı
^c Doğal havalandırma
* Değişken sayı
** Sık kullanılmayan alan

3.2. UOB Örnekleme, Kalibrasyon Ve Analiz Yöntemi

Yaz döneminde, Haziran ve Eylül ayları arasındaki zaman periyodunda gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında, uçucu organik bileşiklerin örnekleme ve analiz çalışmaları ile çevresel parametrelerin ölçüm çalışmaları yapılmıştır.

İç ve dış ortam hava örnekleri, 75-85 ml/dk sabit debi ile, 1 saat boyunca pompa (SKC-Delux) vasıtasıyla, 500mg Tenax TA sorbenti doldurulmuş paslanmaz çelik thermal desorber örnekleme tüpleri (Şekil 3.9) içerisine toplanmıştır.



Şekil 3.9. Örnekleme tüpü

Tüpler, örnekleme öncesinde içlerinden 50 ila 75 ml/dk debide azot gazı geçirilmek suretiyle, tüp temizleme fırınında (Şekil 3.10) 275 °C'de 5 saat şartlandırılarak temizlenmiştir. Fırında temizlenen örnekleme tüpleri örnekleme sahasına götürülmeden önce de ilave olarak, Thermal Desorber'da hazırlanan bir program ile şartlandırılmış ve tüplerin temizlendiklerinden emin olmak için Gaz Kromatografi-Kütle Seçici Dedektör (GC-MS) ile analizleri US EPA Metot-TO17'ye göre yapılmıştır. Temizlik kontrolü yapılmış olan tüp, teflon kapakları sıkıca kapatılarak alüminyum folyoya sarılmış; içerisinde silika-jel bulunan, hava geçirmez, opak bir kap içerisine yerleştirilmiş ve örnekleme sahasına götürülene kadar organik madde içermeyen derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Örneklemede kullanılacak tüpler, örnekleme sahasına temiz taşınmaları amacıyla, içerisinde aktif karbon bulunan, hava geçirmez bir kap içerisinde getirilmiştir. Pompalar iç ortamda; herhangi bir emisyon kaynağına yakın olmayan, kullanılan ortamın havasını en iyi temsil edecek şekilde, yerden yaklaşık 1.5m yüksekliğe;

dış ortamda ise yine doğrudan bir emisyon kaynağına yakın olmayacak şekilde, yerden yaklaşık 1.5m yüksekliğe yerleştirilmiştir. Her bir örnekleme periyodu öncesinde kullanılan pompanın debisi rotametre ile kontrol edilmiştir (US EPA TO17).



Şekil 3.10. Tüp temizleme fırını

Toplanan bütün hava örnekleri, Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan TD-GC-MS (Şekil 3.11) sistemi kullanılarak, aynı gün içerisinde analiz edilmiştir. Tüpler öncelikle TD cihazında hazırlanan program ile konsantre hale getirilmiş, sonrasında ise konsantre hale gelen uçucu organik bileşiklerin tür ve miktar tayini GC-MS ünitesi SIM modunda çalıştırılarak yapılmıştır. TD sisteminde kullanılan analiz metotları Çizelge 3.9'da, GC-MS ünitesinde kullanılan analiz metotları Çizelge 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.11. TD-GC-MS sistemi

Çizelge 3.9. TD sistemi çalışma koşulları

THERMAL DESORBER (TEKMAR Dohrmann AEROTrap 6000)	
<u>Çalışma Koşulları</u>	Fırın Sıcaklığı: 200 °C Trap Sıcaklığı: 35 °C Transfer hattı sıcaklığı: 200 °C Nem kontrol sistemi (MCS) hattı sıcaklığı: 200 °C Trap desorb sıcaklığı: 240 °C Tüp fırınlama sıcaklığı: 250 °C Trap fırınlama sıcaklığı: 250 °C Nem kontrol sistemi (MCS) fırınlama sıcaklığı: 300 °C Taşıyıcı gaz (He) akışı: 40 ml/dk Taşıyıcı gaz (He) basıncı: 20 psi
<u>UOB metodu</u>	Tüp desorb süresi: 5 dk Tüp desorb sıcaklığı: 225 °C Trap desorb süresi: 1 dk Trap fırınlama süresi: 15 dk
<u>Tüp temizleme metodu</u>	Ön temizleme süresi: 5 dk Tüp desorb süresi: 1dk Tüp desorb sıcaklığı: 200 °C Trap desorb süresi: 1 dk Trap fırınlama süresi: 45 dk

Çizelge 3.10. GC-MS ünitesi çalışma koşulları

GC (Agilent 6890N)				
<u>Çalışma Koşulları</u>	<u>Inlet</u>			
	Splitless			
	Toplam akış: 45 ml/dk			
	<u>Fırın</u>			
	Fırın Basamağı	°C/dk	Son Sıcaklık (°C)	Kalış Süresi (dk)
	Başlangıç		65	0
	1. basamak	5	170	0
	Son	10	220	5
	Taşıyıcı (He): 7 ml/dk			
	Isıtıcı: 300 °C			
<u>Kullanılan Kolon</u>	DB-1 (Agilent J&W GC Columns, part number: 123-1063)			

ID: 0,32 mm, length: 60 m, film: 1µm

Kolon enjeksiyonu: 1 µL

MS (Agilent 5975C)

	İyon	Molekül ağırlığı	Gözlenme süresi (dk)
SIM modu ayarları	Benzen	78;51	0-8,50
	Toluen	91;92	8,50-10,60
	Etilbenzen	91;106	10,60-13,20
	m,p-ksilen ^a	91;106	13,20-13,40
	stiren	104;78	13,40-13,90
	o-ksilen ^b	91;106	13,20-14,00
	isopropilbenzen	105;120	14,00-15,00
	n-propilbenzen	91;120	15,00-15,80
	1,2,4+1,3,5	105;120	15,80-16,40
	TMB ^c		
	tert-butilbenzen	119;134	16,40-17,20
	sec-butilbenzen	105;134	17,20-17,75
	n-butilbenzen	91;134	18,40-19,50
	naftalin	128	19,50-23,00

^a meta-para ksilen
^b orto ksilen
^c 1,2,4-1,3,5 trimetilbenzen

Hava örneklerinde gözlenen aromatik UOBlerin tür ve miktar tayini GC-MS ünitesi SIM modunda çalıştırılarak yapılmıştır. Çalışmada miktar tayininin yapılması hedeflenen uçucu organik bileşikler, DWM-550 standardında (Ultra scientific) bulunan 15 aromatik bileşikten oluşmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan aromatik UOBlerin fiziksel özellikleri ile kalibrasyon çalışmaları sonucunda elde edilen kolerasyon katsayıları Çizelge 3.11'de verilmektedir.

Çizelge 3.11. Aromatik UOB türlerinin özellikleri

UOB Türü	Cas No	Kaynama Noktası (°C)	Kolerasyon Katsayısı (r^2)
Benzen	71-43-2	80,1	0,99998
Toluen	108-88-3	110,6	0,99468
Etilbenzen	100-41-4	136	0,99139
m-ksilen	108-38-3	138-139	0,99134
p-ksilen	106-42-3	138	0,99134
stiren	100-42-5	145	0,99272
o-ksilen	95-47-6	144	0,99165
isopropilbenzen	98-82-2	152	0,99042
n-propilbenzen	103-65-1	159	0,98770
1,2,4-trimetilbenzen	95-63-6	169,4	0,98058
1,3,5-trimetilbenzen	108-67-8	165	0,98058
tert-butilbenzen	98-06-6	169	0,98177
sec-butilbenzen	135-98-8	173-174	0,96894
n-butilbenzen	104-51-8	183	0,99698
naftalin	91-20-3	218	0,93960

Tespit edilmesi hedeflenen aromatik UOBlerden m-ksilen ve p-ksilen aynı kütleye sahip bileşiklerdir ve kromatogram üzerinde üst üste çakışarak aynı zamanda görülmüşlerdir. Bu sebeple, aynı pik üzerinde görünen bu iki bileşiğin ayrımları tam olarak yapılamadığından tür bazında kuantifikasyonları da yapılamamıştır. Aynı durum 1,2,4-trimetilbenzen ve 1,3,5- trimetilbenzen bileşikleri için de geçerlidir.

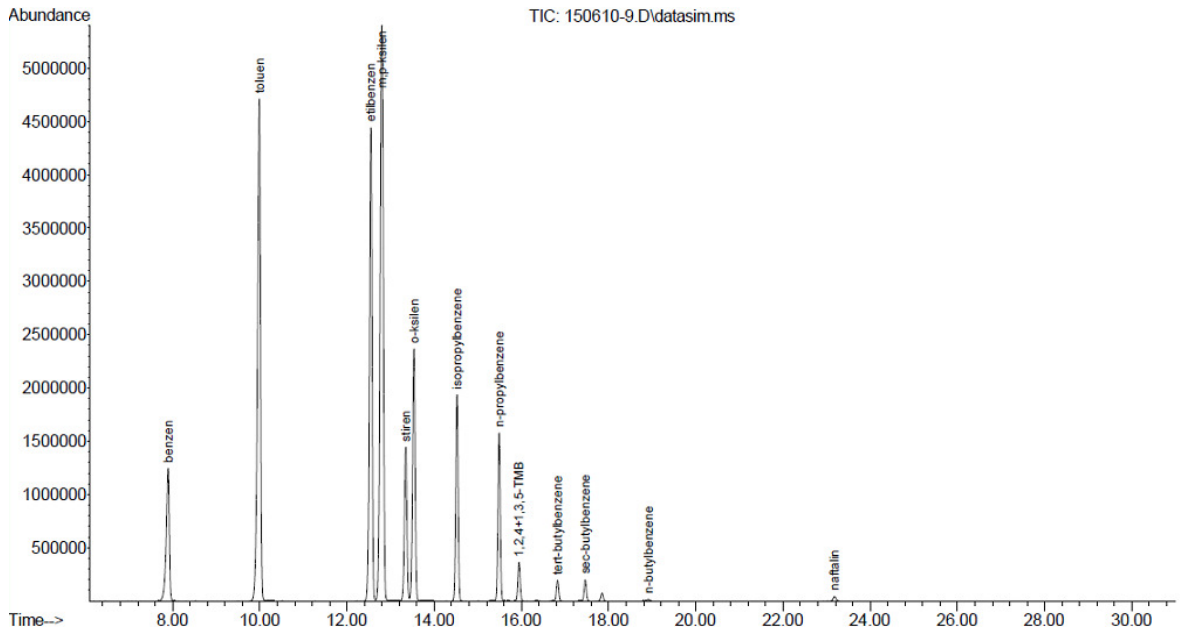
TD-GC-MS sistemi kalibrasyonu için, 4 ng/μL, 10 ng/μL, 40 ng/μL, 100 ng/μL ve 200 ng/μL olarak hazırlanan beş adet kalibrasyon standardının her birinden 1 μL hacminde enjeksiyon yapılmıştır. UOBler için hesaplanan ortalama LOD değeri 0,31 ve ortalama LOQ değeri 1,05 bulunmuştur. Her bir UOB için hesaplanan LOD ve LOQ değerleri Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12. LOD ve LOQ değerleri

UOB Türü	LOD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	LOQ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
naftalin	0,60	1,98
n-butylbenzene	0,73	2,44
sec-butylbenzene	0,33	1,09
tert-butylbenzene	0,05	0,18
1,2,4+1,3,5-TMB*	0,91	3,04
n-propylbenzene	0,40	1,32
o-ksilen	0,16	0,52
benzen	0,17	0,55
toluen	0,02	0,07
etilbenzen	0,07	0,25
m,p-ksilen	0,14	0,46
isopropylbenzene	0,23	0,76
stiren	0,29	0,97
ORTALAMA	0,31	1,05

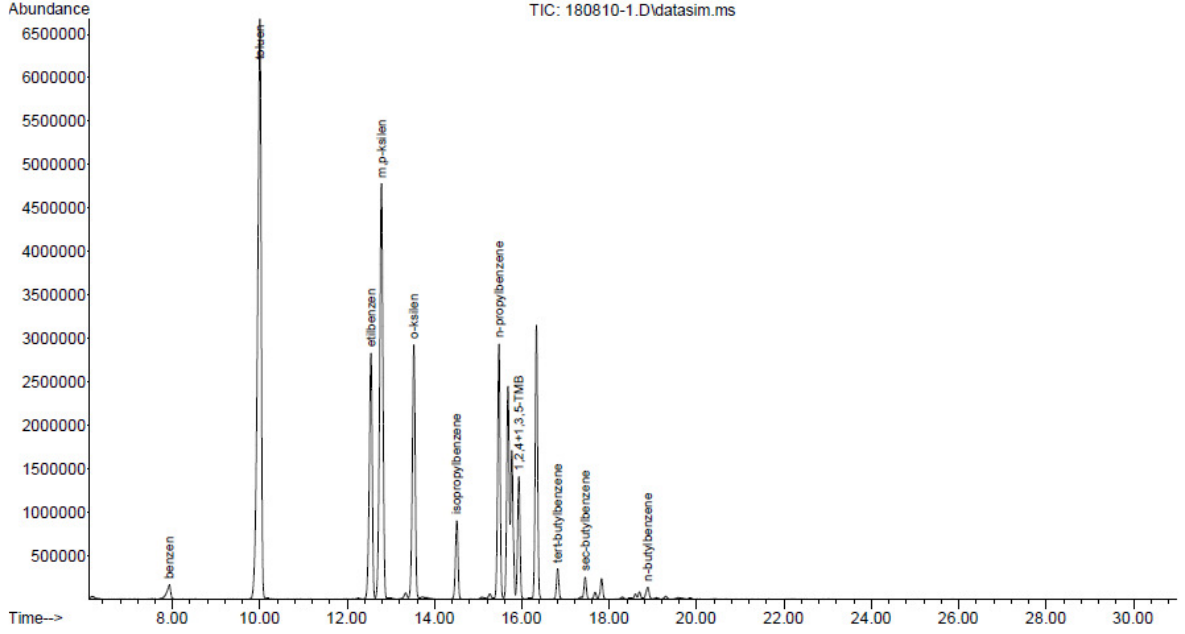
* Trimetilbenzen

UOBlere ait kalibrasyon standardı kromatogramı Şekil 3.12’de verilmiştir. Kromatogramda, UOB türleri ve kromatogram üzerindeki gözlenme süreleri yer almaktadır.



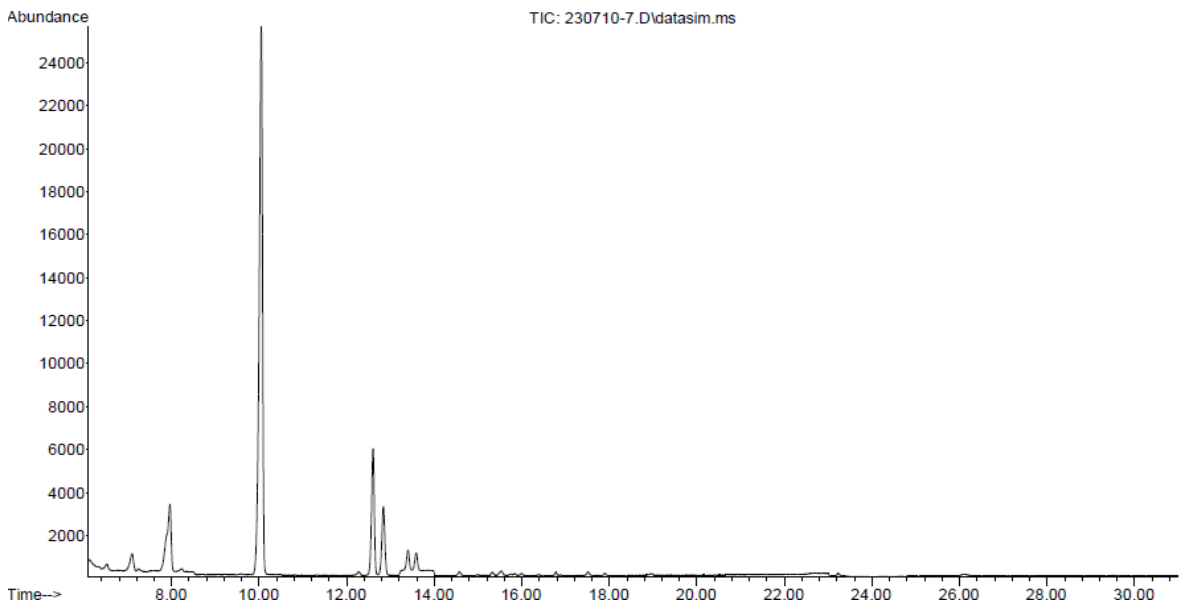
Şekil 3.12. UOB standardına ait kromatogram

İç ortam havasından toplanan örneklere ait bir kromatogram Şekil 3.13'de verilmiştir.



Şekil 3.13. İç ortam hava örneğine ait kromatogram

Örnekleme öncesinde termal olarak da temizlenen tüplerin temizlenme verimi, TD-GC-MS sisteminde analizi yapılarak tespit edilmiştir. Örnekleme öncesinde temizlenen tüplerin laboratuvar ortamından, saklama koşullarından veya taşımadan kaynaklı bir kirliliğe maruz kalıp kalmadıkları kör numuneleri ile araştırılmıştır. Kör numunelerinden birine ait kromatogram Şekil 3.14'de verilmiştir.



Şekil 3.14. Kör numuneye ait kromatogram

3.3. Çevresel Faktörlerin Ölçülmesi

Örnekleme yapılan her gün, sıcaklık ve bağıl nem gibi çevresel parametrelerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık ve bağıl nem parametreleri tüm istasyonlarda, örnekleme süresince eş zamanlı olarak, bir saat boyunca, 15'er dakikalık aralıklarla kaydedilmiştir. Bu amaçla kullanılan KIMO elektronik thermohygrometer HD 200 cihazı dijital ve anlık ölçüm yapmaya olanak sağlamaktadır.

3.4. Verilerin Değerlendirilmesi Ve İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Çalışma süresince yapılan ölçüm sonuçlarını değerlendirilmesinde Statgraphics XV.I istatistik paket programı kullanılmıştır. Veriler %95 güven aralığında değerlendirilmişlerdir ve Spearman rank korelasyonu, ANOVA ve regresyon analizleri, Statgraphics XV.I programı ile yapılmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. UOB Sonuçları

Bu çalışmadaki UOB örnekleri, Çizelge 3.1’de verilen semtlerde yer alan altı farklı sektörün iç ve dış ortamlarından alınmıştır. Yaz mevsimi aylarında gerçekleştirilen örnekleme çalışmaları, sabah periyodunda, 09.00 ila 13.00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.

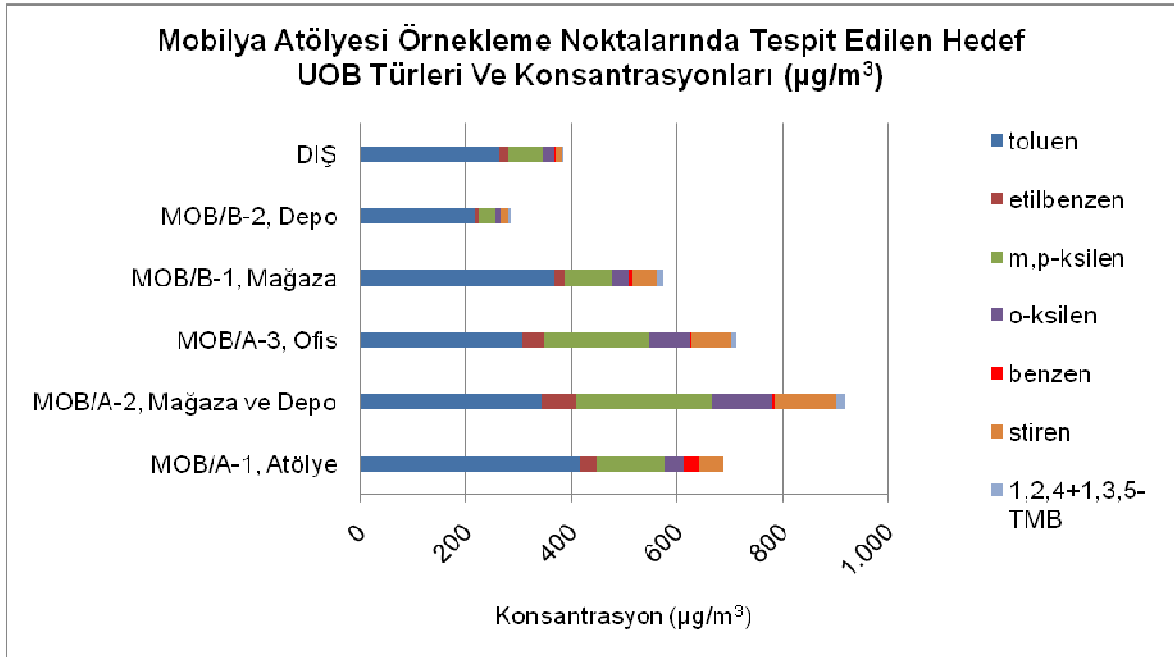
Aşağıdaki bölümlerde mobilya atölyesi, sünger deposu, matbaa, fotokopi merkezi, hırdavat dükkânı ve metal kaplama sanayi iş yerlerinde yer alan örnekleme noktalarında gözlenen hedef UOB türleri için iç ve dış ortamlarda gözlenen ortalama düzeyleri ve kaynakları hakkında yapılan değerlendirmeler verilmektedir.

4.1.1. Mobilya atölyeleri örnekleme istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı mobilya istasyonlarının atölye, ofis, depo ve mağaza bölümlerinde gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarında, iki ayrı mobilya atölyesinde yer alan, MOB/A-1, MOB/A-2, MOB/A-3, MOB/B-1 ve MOB/B-2 olmak üzere beş farklı örnekleme noktasından iç ortam örnekleri toplanmıştır. Mobilya atölyeleri örnekleme noktaları ile ilgili detaylı bilgi üçüncü bölüm olan materyal ve metot kısmında verilmektedir.

Şekil 4.1’de MOB/A-1, MOB/A-2, MOB/A-3, MOB/B-1 ve MOB/B-2 olmak üzere beş farklı örnekleme noktası iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türleri ve konsantrasyonları görülmektedir. Tüm mobilya örnekleme noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin tolüen olduğu görülmektedir. Mobilya örnekleme noktaları arasında maksimum tolüen konsantrasyonu ($416,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) MOB/A-1 mobilya atölye kısmında gözlenirken, minimum konsantrasyon ($218,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) MOB/B-2 mobilya depo kısmında gözlenmiştir. Mobilya atölyeleri örnekleme noktalarında tespit edilen ve ortalama konsantrasyonu $330,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olan tolüeni sırasıyla $141,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyon ile m,p-ksilen, $59,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyon ile stiren ve $53,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyon ile o-ksilen izlemektedir. Tespit edilen toplam hedef UOB konsantrasyonunun en yüksek

gözlemlendiği yer MOB/A-2 noktasıdır (926,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En düşük toplam hedef UOB konsantrasyonu ise MOB/B-2 noktasında görülmektedir (291,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Şekil 4.1. Mobilya atölyesi örnekleme noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen yedi hedef UOB türü konsantrasyonları

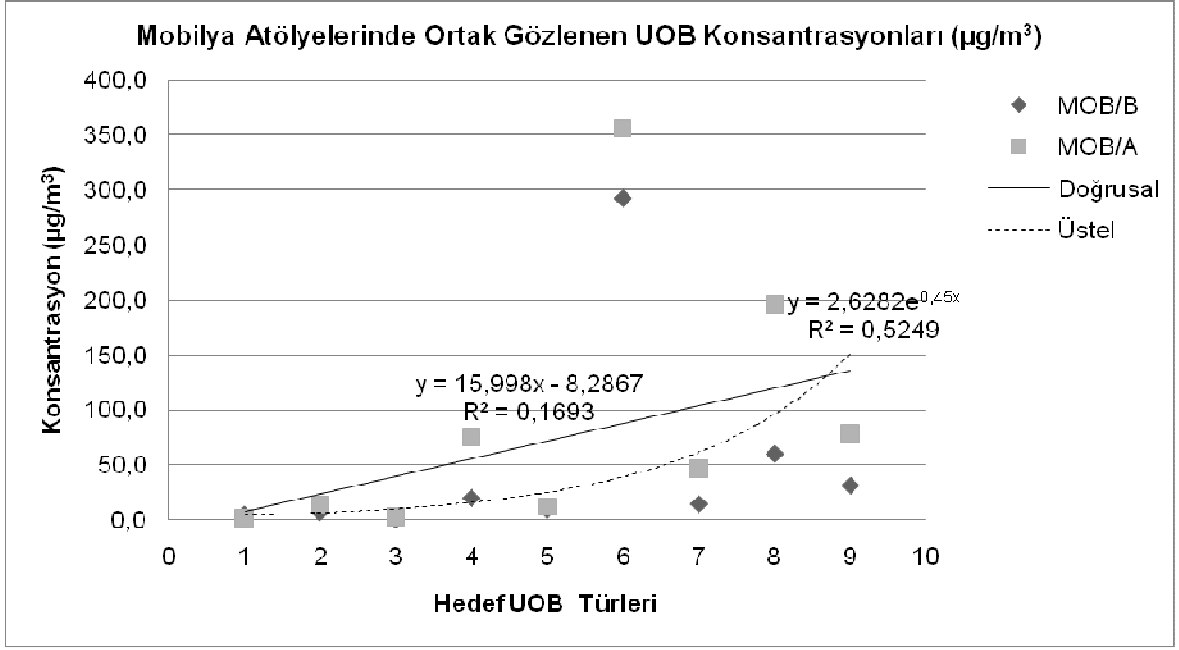
Mobilya atölyeleri örnekleme istasyonları olan MOB/A ve MOB/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’e göre MOB/A atölyesinde tespit edilen ortalama toplam uçucu organik bileşik (TUOB) konsantrasyonu, MOB/B atölyesinde tespit edilen ortalama toplam uçucu organik bileşik konsantrasyonundan fazladır. Çizelge 4.1’de elde edilen sonuçlardan hareketle, MOB/A ve MOB/B işyerlerinde yapılan UOB örnekleme sonuçlarının doğrusal ilişkisinin olup olmadığı incelenmiştir (Şekil 4.2).

Çizelge 4.1. MOB/A ve MOB/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

No	Mobilya Atölyelerinde Ortak Gözlenen Hedef UOB Türleri	MOB/A ortalama konsantrasyon (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MOB/B ortalama konsantrasyon (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mobilya atölyeleri ortalama konsantrasyon (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	n-butilbenzen	1,8 (0,2)	4,7 (0,8)	3,3 (1,7)
2	1,2,4+1,3,5-TMB	14,2 (5,6)	6,5 (3,9)	10,4 (6,0)
3	n-propilbenzen	2,8 (1,3)	0,2	2,0 (1,8)
4	o-ksilen	75,5 (39,7)	19,7(14,7)	53,2 (42,1)
5	benzen	12,0 (13,5)	9,1	11,3 (11,2)
6	toluen	355,5 (56,0)	292,6 (104,5)	330,4 (74,0)
7	etilbenzen	46,5 (16,9)	14,4 (11,5)	33,6 (22,0)
8	m,p-ksilen	196,0 (64,9)	59,9 (41,3)	141,6 (89,9)
9	stiren	78,7 (33,8)	31,1 (20,7)	59,7 (36,9)
TUOB*		783,9	440,3	648,1

* TUOB değeri hesaplanırken, işyerinde tespit edilen tüm hedef UOB türleri ortalama konsantrasyonları hesaba katılmıştır.

Şekil 4.2’de MOB/A ve MOB/B örnekleme istasyonlarında ortak gözlenen hedef UOB konsantrasyonlarının noktasal dağılımları verilmiştir. Buna göre, her iki iş yerinde gözlenen toluen, etilbenzen, ksilenler ve stiren bileşikleri ortalama konsantrasyonları arasında fark görülmektedir. MOB/B işyerine kıyasla, MOB/A işyerinde toluen, etilbenzen, ksilenler ve stiren bileşikleri ortalama konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Şekle göre, mobilya atölyelerinde tespit edilen hedef UOB ortalama konsantrasyon verileri 0,5249’luk bir korelasyon katsayısı ile logaritmik denkleme, 0,1693’lük bir korelasyon katsayısı ile lineer denkleme uygunluk göstermektedir.



Şekil 4.2. Mobilya atölyeleri örnekleme istasyonlarında ortak olarak tespit edilen UOB türlerinin dağılımları

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı mobilya istasyonlarının atölye, ofis, depo ve mağaza bölümlerinden oluşan iç ortamlarında gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarından elde edilen minimum, maksimum ve ortalama (SD) iç ortam hedef UOB konsantrasyonları Çizelge 4.2’de verilmektedir. Çizelgeye göre, mobilya atölyeleri iç ortamında gözlenen en yüksek ortalama konsantrasyona sahip bileşik toluen’dir ($330,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Toluen’den sonraki en yüksek ortalama konsantrasyona sahip bileşik m,p-ksilen’dir. Mobilya atölyelerinde stiren ve o-ksilen bileşiklerinin ortalama konsantrasyonlarının birbirine yakın olduğunu söylemek mümkündür. Benzen, MOB/B-2 örnekleme noktasının bulunduğu mobilya deposu dışındaki tüm örnekleme noktalarında gözlenmektedir ve ortalama konsantrasyonu $11,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’dür. Sec-butylbenzen sadece MOB/B-2 örnekleme noktasının bulunduğu depo bölümünde gözlemlenirken, tert-butylbenzen sadece MOB/A-2 örnekleme noktasının bulunduğu mobilya mağazası-deposu bölümünde gözlemlenmiştir. Mobilya atölyeleri örnekleme istasyonlarında gözlenen en düşük konsantrasyona sahip UOB türü tert-butylbenzen olmuştur.

Çizelge 4.2. Mobilya atölyeleri örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

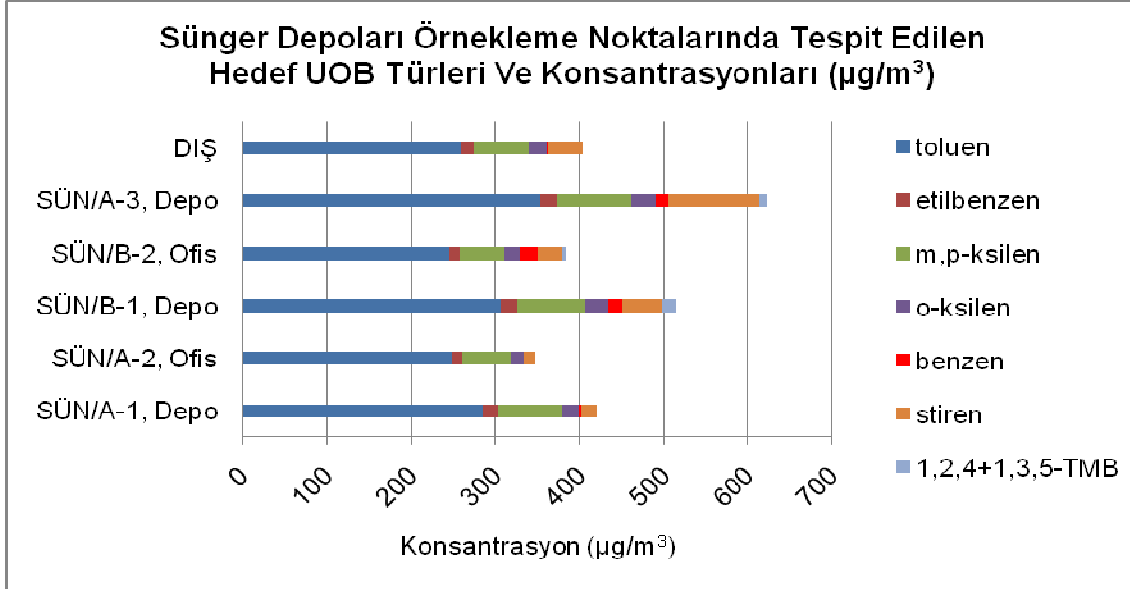
Gözlenen Hedef UOB Türü	Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama (sd)
n-butilbenzen (n=4)	1,6	5,3	3,3 (1,7)
sec-butilbenzen (n=1)	2,1	2,1	2,1
tert-butilbenzen (n=1)	0,7	0,7	0,7
1,2,4+1,3,5-TMB (n=4)	3,7	18,2	10,4 (6,0)
n-propilbenzen (n=3)	0,2	3,7	2,0 (1,8)
o-ksilen (n=5)	9,3	115,1	53,2 (42,1)
benzen (n=4)	3,3	27,6	11,3 (11,2)
toluen (n=5)	218,8	416,8	330,4 (74,0)
etilbenzen (n=5)	6,2	65,4	33,6 (22,0)
m,p-ksilen (n=5)	30,7	258,4	141,6 (89,9)
stiren (n=5)	16,5	114,5	59,7 (36,9)

4.1.2. Sünger depoları örnekleme istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı sünger depolarının ofis ve depo bölümlerinde gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarında, iki ayrı sünger deposunda yer alan, SÜN/A-1, SÜN/A-2, SÜN/A-3, SÜN/B-1 ve SÜN/B-2 olmak üzere beş farklı örnekleme noktasından iç ortam örnekleri toplanmıştır. Sünger depoları örnekleme noktaları ile ilgili detaylı bilgi üçüncü bölüm olan materyal ve metot kısmında verilmektedir.

Şekil 4.3’de SÜN/A-1, SÜN/A-2, SÜN/A-3, SÜN/B-1 ve SÜN/B-2 olmak üzere beş farklı örnekleme noktası iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türleri ve konsantrasyonları görülmektedir. Tüm sünger deposu örnekleme noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin toluen olduğu görülmektedir. Sünger depoları örnekleme noktaları arasında maksimum toluen konsantrasyonu ($353,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) SÜN/A-3 örnekleme noktasının yer aldığı sünger depo kısmında gözlemlenirken, minimum konsantrasyon ($245,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) SÜN/B-2 örnekleme noktasının yer aldığı ofis kısmında gözlemlenmiştir. Sünger depoları örnekleme noktalarında ölçülen $287,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyona sahip toluen’i sırasıyla

70,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyona sahip m,p-ksilen, 43,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyona sahip stiren ve 22,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyona sahip o-ksilen izlemektedir. Tespit edilen toplam hedef UOB konsantrasyonunun en yüksek gözlemlendiği yer SÜN/A-3 noktasıdır (631,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En düşük toplam hedef UOB konsantrasyonu ise SÜN/A-2 noktasında görülmektedir (346,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Şekil 4.3. Sünger depoları örnekleme noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen dokuz hedef UOB türü konsantrasyonları

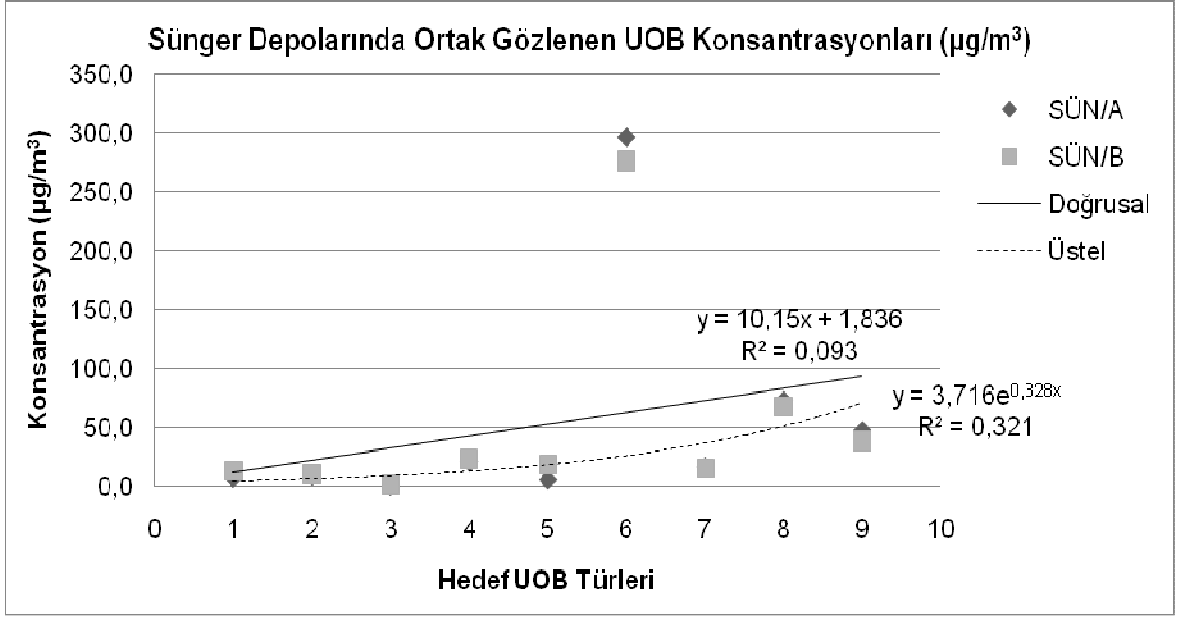
Sünger depoları örnekleme istasyonları olan SÜN/A ve SÜN/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelge 4.3’e göre, SÜN/A işyerinde yapılan örnekleme çalışmaları sonucunda tespit edilen toplam uçucu organik bileşiklerin (TUOB) ortalama konsantrasyonu, SÜN/B işyerinde tespit edilen toplam uçucu organik bileşiklerin ortalama konsantrasyonundan büyüktür. Fakat aralarında önemli bir fark yoktur. Çizelge 4.3’de elde edilen sonuçlardan hareketle, SÜN/A ve SÜN/B işyerlerinde yapılan UOB örnekleme sonuçlarının doğrusal ilişkisinin olup olmadığı incelenmiştir (Şekil 4.4).

Çizelge 4.3. SÜN/A ve SÜN/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

No	Sünger Depolarında Ortak Gözlenen Hedef UOB Türleri	SÜN/A ortalama konsantrasyon (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SÜN/B ortalama konsantrasyon (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sünger depoları ortalama konsantrasyon (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	n-butilbenzen	7,3	13,0 (3,3)	11,1 (4,0)
2	1,2,4-1,3,5 TMB	9,4	10,2 (8,7)	10,0 (6,2)
3	n-propilbenzen	0,7	1,2	0,9 (0,4)
4	o-ksilen	21,4 (6,7)	23,0 (6,1)	22,0 (5,7)
5	benzen	6,0 (7,9)	18,4 (3,6)	11,0 (9,0)
6	toluen	295,8 (53,3)	275,9 (43,0)	287,8 (44,7)
7	etilbenzen	16,8 (3,9)	15,4 (5,0)	16,3 (3,8)
8	m,p-ksilen	73,2 (15,1)	67,5 (19,6)	70,9 (14,8)
9	stiren	47,2 (54,5)	38,4 (13,0)	43,6 (39,4)
TUOB*		477,8	476,3	487,0

* TUOB değeri hesaplanırken, işyerinde tespit edilen tüm hedef UOB türleri ortalama konsantrasyonları hesaba katılmıştır.

Şekil 4.4’de SÜN/A ve SÜN/B örnekleme istasyonlarında ortak gözlenen hedef UOB konsantrasyonlarının noktasal dağılımları verilmiştir. Buna göre, her iki iş yerinde gözlenen toluen bileşiği ortalama konsantrasyonları arasında fark görülmektedir. SÜN/B işyerine kıyasla, SÜN/A işyerinde toluen bileşiği konsantrasyonunun daha yüksek olduğu görülmüştür. Şekle göre, sünger depolarında tespit edilen hedef UOB ortalama konsantrasyon verileri 0,321’lik bir korelasyon katsayısı ile üstel denkleme, 0,093’lük bir korelasyon katsayısı ile doğrusal denkleme uygunluk göstermektedir.



Şekil 4.4. Sünger depoları örnekleme istasyonlarında ortak olarak tespit edilen UOB türleri dağılımları

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı sünger depolarının ofis ve depo bölümlerinden oluşan iç ortamlarında gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarından elde edilen minimum, maksimum ve ortalama (sd) iç ortam hedef UOB konsantrasyonları Çizelge 4.4’de verilmektedir. Çizelgeye göre, sünger depoları iç ortamında gözlenen en yüksek ortalama konsantrasyona sahip bileşik toluen’dir ($287,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Toluen’den sonraki en yüksek ortalama konsantrasyona sahip bileşik m,p-ksilendir ($70,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Benzen tüm sünger deposu örnekleme noktalarında gözlemlenmektedir ve maksimum konsantrasyonu ($21,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) SÜN/B-2 örnekleme noktasının yer aldığı ofis kısmında tespit edilmiştir. Naftalin, sec-butilbenzen ve tert-butilbenzen bileşikleri sadece SÜN/B-1 örnekleme noktasının yer aldığı depo kısmında gözlemlenmiştir. En düşük konsantrasyona sahip UOB türü n-propilbenzen olmuştur ($0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Çizelge 4.4. Sünger depoları örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

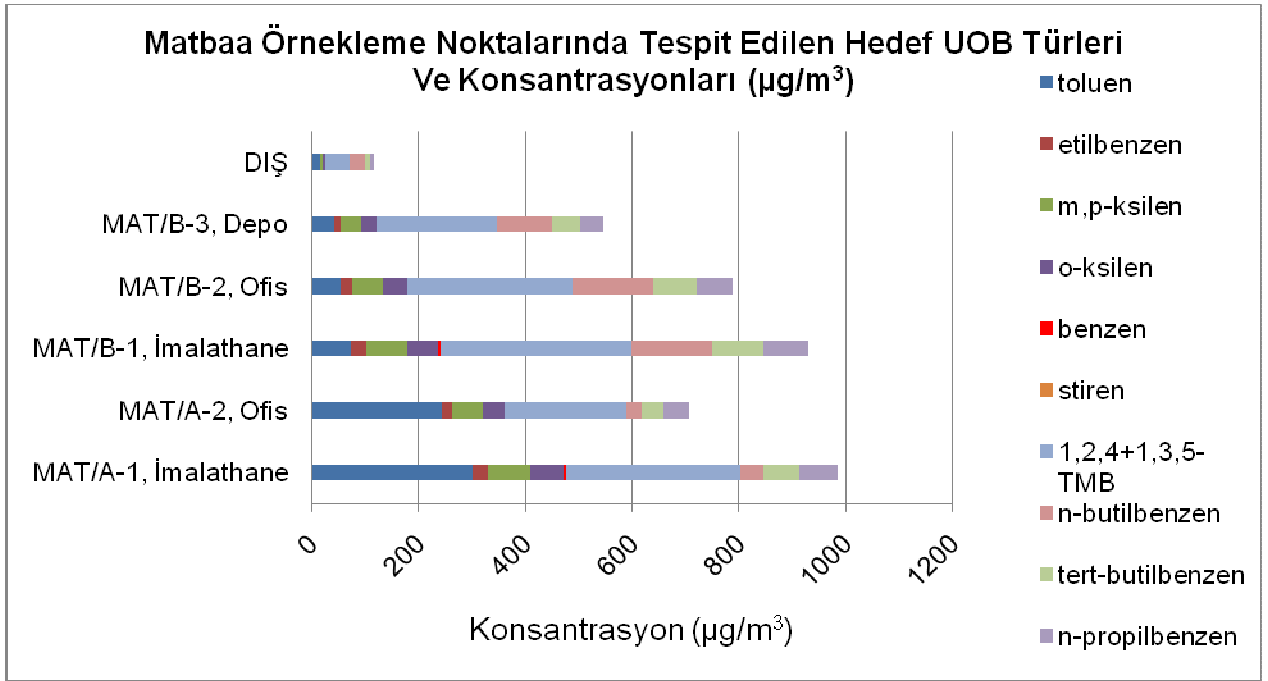
Gözlenen Hedef UOB Türü	Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama (sd)
Naftalin (n=1)	8,7	8,7	8,7
n-butilbenzen (n=3)	7,3	15,4	11,1 (4,0)
sec-butilbenzen (n=1)	3,1	3,1	3,1
tert-butilbenzen (n=1)	1,5	1,5	1,5
1,2,4+1,3,5-TMB (n=3)	4,1	16,4	10,0 (6,2)
n-propilbenzen (n=2)	0,7	1,2	0,9 (0,4)
o-ksilen (n=5)	15,4	28,6	22,0 (5,7)
benzen (n=5)	0,4	21,0	11,0 (9,0)
toluen (n=5)	245,5	353,4	287,8 (44,7)
etilbenzen (n=5)	11,9	20,3	16,3 (3,8)
m,p-ksilen (n=5)	53,6	87,2	70,9 (14,8)
stiren (n=5)	12,7	110,1	43,6 (39,4)

4.1.3. Matbaa örnekleme istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı matbaaların imalathane, ofis ve depo bölümlerinde gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarında, iki ayrı matbaada yer alan, MAT/A-1, MAT/A-2, MAT/B-1, MAT/B-2 ve MAT/B-3 olmak üzere beş farklı örnekleme noktasından iç ortam örnekleri toplanmıştır. Matbaa örnekleme noktaları ile ilgili detaylı bilgi üçüncü bölüm olan materyal ve metot kısmında verilmektedir.

Şekil 4.5’de MAT/A-1, MAT/A-2, MAT/B-1, MAT/B-2 ve MAT/B-3 olmak üzere beş farklı örnekleme noktası iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türleri ve konsantrasyonları görülmektedir. Tüm matbaa örnekleme noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin 1,2,4-1,3,5 TMB olduğu görülmektedir. Matbaa örnekleme noktaları arasında maksimum 1,2,4-1,3,5 TMB konsantrasyonu ($358,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) MAT/B-1 örnekleme noktasının yer aldığı imalathane kısmında gözlemlenirken, minimum 1,2,4-1,3,5 TMB konsantrasyonu ($224,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) MAT/B-3 örnekleme noktasının yer aldığı depo kısmında gözlemlenmiştir. Matbaa

örnekleme noktalarında ölçülen $289,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyona sahip 1,2,4-1,3,5 TMB'i sırasıyla $142,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyona sahip toluen, $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyona sahip n-butilbenzen ve $68,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyona sahip tert-butilbenzen izlemektedir. Tespit edilen toplam hedef UOB konsantrasyonunun en yüksek gözlemlendiği yer imalathanede yer alan MAT/A-1 örnekleme noktasıdır ($1002,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En düşük toplam hedef UOB konsantrasyonun gözlemlendiği yer ise depo bölümünde yer alan MAT/B-3 örnekleme noktasında görülmektedir ($590,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Şekil 4.5. Matbaa örnekleme noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen on bir hedef UOB türü konsantrasyonları

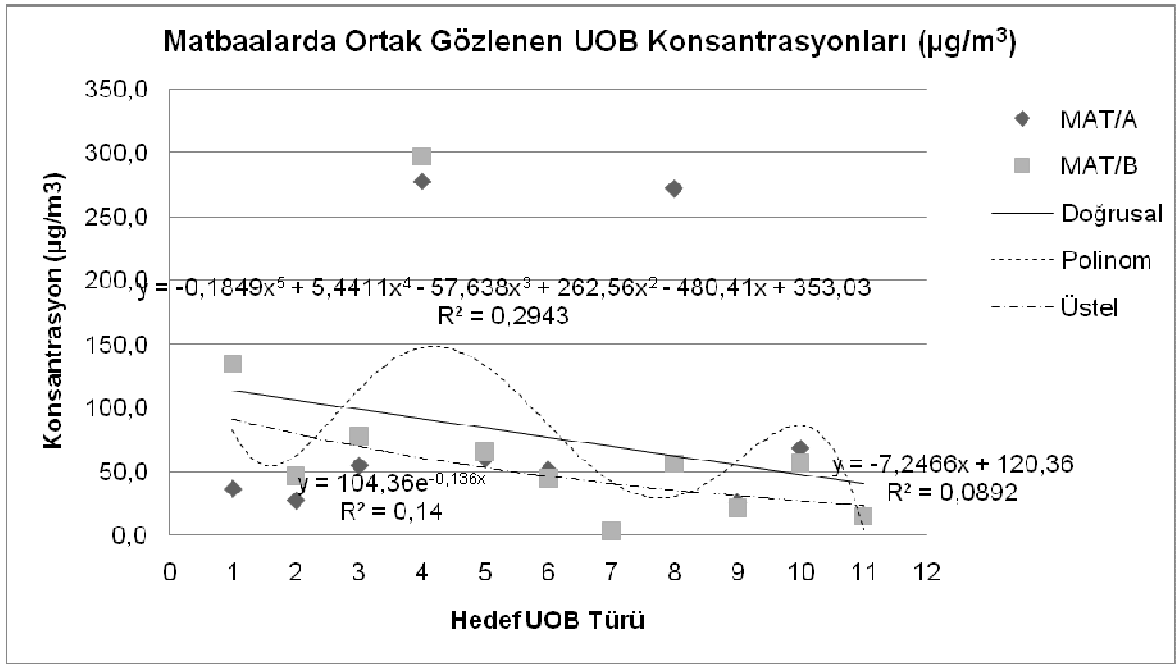
Matbaa örnekleme istasyonları olan MAT/A ve MAT/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelge 4.5’e göre, MAT/A işyerinde yapılan örnekleme çalışmaları sonucunda tespit edilen toplam uçucu organik bileşiklerin (TUOB) ortalama konsantrasyonu, MAT/B işyerinde tespit edilen toplam uçucu organik bileşiklerin ortalama konsantrasyonundan büyüktür. Çizelge 4.5’de elde edilen sonuçlardan hareketle, MAT/A ve MAT/B işyerlerinde yapılan UOB örnekleme sonuçlarının doğrusal ilişkisinin olup olmadığı incelenmiştir (Şekil 4.6).

Çizelge 4.5. MAT/A ve MAT/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

No	Matbaalarda Ortak Gözlenen Hedef UOB Türleri	MAT/A ortalama konsantrasyon (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MAT/B ortalama konsantrasyon (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Matbaalar ortalama konsantrasyon (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	n-butilbenzen	35,9 (11,9)	134,5 (27,4)	95,0 (57,7)
2	sec-butilbenzen	27,0 (9,9)	46,2 (9,5)	38,5 (13,4)
3	tert-butilbenzen	54,3 (17,6)	77,3 (22,0)	68,1 (21,9)
4	1,2,4-1,3,5 TMB	277,3 (68,4)	297,1 (67,6)	289,2 (59,8)
5	n-propilbenzen	59,7 (16,7)	64,9 (20,6)	62,8 (17,0)
6	o-ksilen	50,7 (14,5)	44,7 (13,6)	47,1 (12,5)
7	benzen	2,9 (2,8)	3,3 (3,2)	3,1 (2,4)
8	toluen	271,8 (39,7)	56,4 (16,1)	142,5 (120,2)
9	etilbenzen	25,3 (7,8)	21,2 (8,4)	22,8 (7,5)
10	m,p-ksilen	67,8 (16,4)	56,5 (19,2)	61,0 (17,0)
11	isopropilbenzen	15,9 (5,0)	15,1 (4,9)	15,4 (4,3)
TUOB*		888,6	817,1	845,6

* TUOB değeri hesaplanırken, işyerinde tespit edilen tüm hedef UOB türleri ortalama konsantrasyonları hesaba katılmıştır.

Şekil 4.6'da MAT/A ve MAT/B örnekleme istasyonlarında ortak gözlenen hedef UOB konsantrasyonlarının noktasal dağılımları verilmiştir. Buna göre, her iki iş yerinde gözlenen n-butilbenzen ve toluen bileşikler ortalama konsantrasyonları arasında önemli ölçüde fark görülmektedir. MAT/B işyerine tespit edilen n-butilbenzen, sec-butilbenzen, tert-butilbenzen, 1,2,4-1,3,5 TMB, n-propilbenzen ve benzen bileşiklerinin ortalama konsantrasyonuna kıyasla, MAT/A işyerinde tespit edilen aynı bileşiklerin ortalama konsantrasyon değerleri daha yüksektir. Bununla beraber, MAT/A işyerinde gözlemlenen toluen, etilbenzen, ksilenler ve isopropilbenzen bileşikler konsantrasyonlarının MAT/B işyerinde tespit edilen ortalama değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Şekil 4,6'ya göre, matbaalarda ortak olarak tespit edilen hedef UOB ortalama konsantrasyon verileri 0,2943'lük bir korelasyon katsayısı ile beşinci dereceden polinom denkleme, 0,14'lük bir korelasyon katsayısı ile logaritmik denkleme ve 0,0892'lik bir korelasyon katsayısı ile lineer denkleme uygunluk göstermektedir.



Şekil 4.6. Matbaa örnekleme istasyonlarında ortak olarak tespit edilen UOB türleri dağılımları

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı matbaaların imalathane, ofis ve depo bölümlerinden oluşan iç ortamlarında gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarından elde edilen minimum, maksimum ve ortalama (sd) iç ortam hedef UOB konsantrasyonları Çizelge 4.6'da verilmektedir. Çizelgeye göre, matbaaların iç ortamında gözlenen en yüksek ortalama konsantrasyona sahip bileşik 1,2,4-1,3,5 TMB'dir ($289,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). 1,2,4-1,3,5 TMB'den sonraki en yüksek ortalama konsantrasyona sahip bileşik toluendir ($142,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Benzen depo bölümünde bulunan MAT/B-3 örnekleme noktası dışındaki tüm örnekleme noktalarında gözlemlenmektedir ve maksimum konsantrasyonu ($5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) MAT/B-1 örnekleme noktasının yer aldığı imalathane kısmında tespit edilmiştir. Stiren sadece MAT/A-1 örnekleme noktasının yer aldığı imalathane kısmında gözlemlenmiştir. En düşük konsantrasyona sahip UOB türü stiren olmuştur ($0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Çizelge 4.6. Matbaa örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

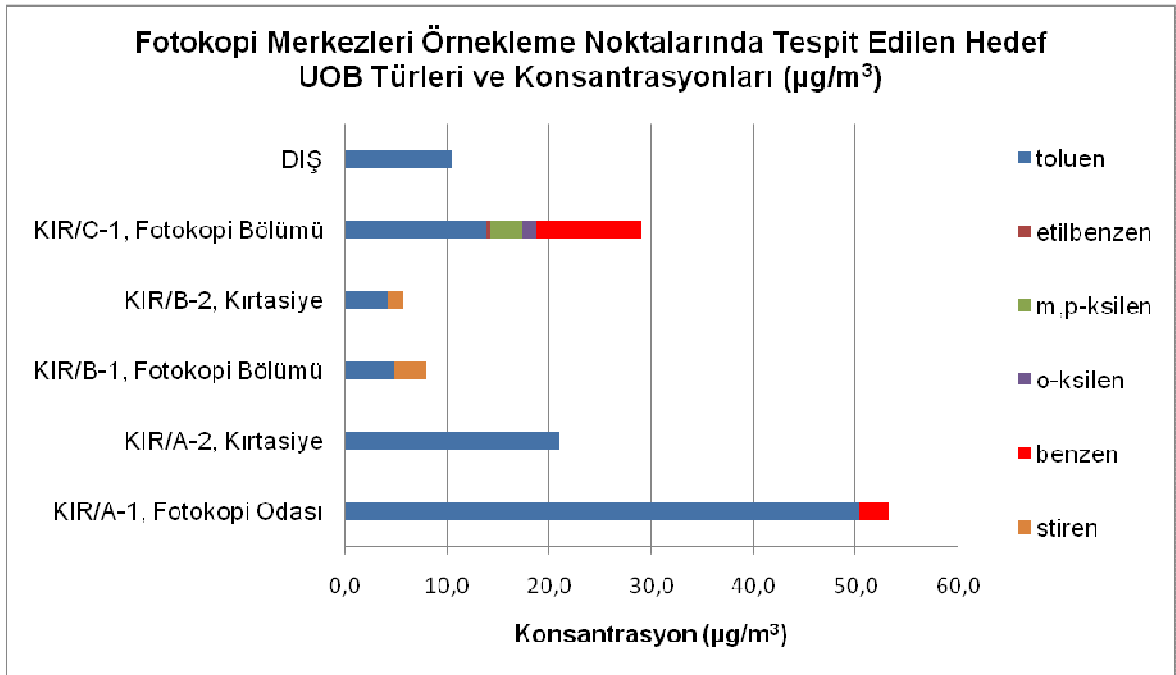
Gözlenen Hedef UOB Türü	Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama (sd)
n-butilbenzen (n=5)	27,5	151,1	95,0 (57,7)
sec-butilbenzen (n=5)	20,0	53,0	38,5 (13,4)
tert-butilbenzen (n=5)	41,9	96,9	68,1 (21,9)
1,2,4-1,3,5 TMB (n=5)	224,4	358,2	289,2 (59,8)
n-propilbenzen (n=5)	43,1	84,1	62,8 (17,0)
o-ksilen (n=5)	30,4	61,0	47,1 (12,5)
benzen (n=4)	0,9	5,5	3,1 (2,4)
toluen (n=5)	41,3	299,9	142,5 (120,2)
etilbenzen (n=5)	12,9	30,8	22,8 (7,5)
m,p-ksilen (n=5)	37,0	79,4	61,0 (17,0)
isopropilbenzen (n=5)	10,0	19,7	15,4 (4,3)
stiren (n=1)	0,04	0,04	0,04

4.1.4. Fotokopi merkezi örnekleme istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı fotokopi merkezlerinin fotokopi odası, fotokopi bölümü ve kırtasiye bölümlerinde gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarında, üç ayrı fotokopi merkezinde yer alan, KIR/A-1, KIR/A-2, KIR/B-1, KIR/B-2 ve KIR/C-1 olmak üzere beş farklı örnekleme noktasından iç ortam örnekleri toplanmıştır. Fotokopi odası, kırtasiye bölümünden tamamen ayrılmış bir oda içerisine yerleştirilmiş makinelerin ve bilgisayarların bulunduğu bir alandır. Bunun yanında, fotokopi bölümü olarak adlandırılan alan, kırtasiye alanı ile aynı katta yer almasının yanı sıra makineler tamamen ayrı bir oda içerisinde değildir, sadece alanın bir bölümüne yerleştirilmişlerdir. Fotokopi merkezleri örnekleme noktaları ile ilgili detaylı bilgi üçüncü bölüm olan materyal ve metot kısmında verilmektedir.

Şekil 4.7’de KIR/A-1, KIR/A-2, KIR/B-1, KIR/B-2 ve KIR/C-1 olmak üzere beş farklı örnekleme noktası iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türleri ve konsantrasyonları görülmektedir. Tüm fotokopi merkezleri örnekleme noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin toluen olduğu görülmektedir. Fotokopi

merkezleri örnekleme noktaları arasında maksimum tolüen konsantrasyonu ($50,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) KIR/A-1 örnekleme noktasının yer aldığı fotokopi odası kısmında gözlemlenirken, minimum tolüen konsantrasyonu ($4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) KIR/B-2 örnekleme noktasının yer aldığı kırtasiye kısmında gözlemlenmiştir. Fotokopi merkezleri örnekleme noktalarında ölçülen $18,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyona sahip tolüeni sırasıyla $6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyona sahip benzen ve $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyona sahip m,p-ksilen izlemektedir. Tespit edilen toplam hedef UOB konsantrasyonunun en yüksek gözlemlendiği yer fotokopi odasında yer alan KIR/A-1 örnekleme noktasıdır ($55,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En düşük toplam hedef UOB konsantrasyonun gözlemlendiği yer ise kırtasiye bölümünde yer alan KIR/B-2 örnekleme noktasında görülmektedir ($5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Toplam hedef UOB konsantrasyonu, KIR/A-1 örnekleme noktasında en yüksek gözlenmesine rağmen, en fazla hedef UOB türü KIR/C-1 noktasında tespit edilmiştir. Ksilenler ve etilbenzen bileşikler sadece KIR/C-1 örnekleme noktasında görülmektedir.



Şekil 4.7. Fotokopi Merkezleri örnekleme noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen sekiz hedef UOB türü konsantrasyonları

Fotokopi merkezi örnekleme istasyonları olan KIR/A, KIR/B ve KIR/C işyerlerinde gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelge 4.7’ye göre, KIR/A, KIR/B ve KIR/C işyerlerinin tümünde toplam

sekiz tür UOB tespit edilmiştir. En fazla UOB türü KIR/C işyerinde tespit edilmiştir. Her üç işyerinde de gözlenen tek ortak UOB türü toluen olmuştur. Sadece düşük konsantrasyonlarda toluen ve stiren bileşiklerinin gözlemlendiği KIR/B işyeri, iç ortamda en az UOB türünün tespit edildiği istasyon olmuştur. İşyerlerinde gözlenen ortalama UOB konsantrasyonlarının toplam değerinin en yüksek olduğu istasyon ise KIR/A işyeridir ($40,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Çizelge 4.7. KIR/A, KIR/B ve KIR/C işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

No	Fotokopi Merkezlerinde Ortak Gözlenen Hedef UOB Türleri	KIR/A ort. kons. (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	KIR/B ort. kons. (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	KIR/C kons. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fotokopi merkezi ort. kons. (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	n-butilbenzen	1,1 (0,5)	-	5,1	2,4 (2,3)
2	n-propilbenzen	0,9	-	-	0,9
3	o-ksilen	-	-	1,4	1,4
4	benzen	2,7	-	10,3	6,5 (5,4)
5	toluen	35,7 (20,8)	4,5 (0,4)	13,8	18,8 (18,9)
6	etilbenzen	-	-	0,4	0,4
7	m,p-ksilen	-	-	3,1	3,1
8	stiren	-	2,3 (1,2)	-	2,3
TUOB*		40,5	6,8	34,0	35,9

* TUOB değeri hesaplanırken, işyerinde tespit edilen tüm hedef UOB türleri ortalama konsantrasyonları hesaba katılmıştır.

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı fotokopi merkezlerinin fotokopi odası, fotokopi bölümü ve kırtasiye bölümlerinden oluşan iç ortamlarında gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarından elde edilen minimum, maksimum ve ortalama (sd) iç ortam hedef UOB konsantrasyonları Çizelge 4.8’de verilmektedir. Çizelgeye göre, fotokopi merkezleri iç ortamında gözlenen en yüksek konsantrasyona sahip bileşik toluendir ($50,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tolueni $10,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyonda tespit edilen benzen takip etmektedir. Beş örnekleme noktasının hepsinde gözlenen tek UOB türü toluendir. Benzen ise, KIR/A-1 örnekleme noktasının yer aldığı fotokopi odasında ve KIR/C-1 örnekleme noktasının yer aldığı fotokopi bölümünde olmak üzere iki iç ortamda tespit edilmiştir. Fotokopi merkezleri iç ortamlarında, etilbenzen en düşük konsantrasyonda gözlenen bileşiktir ($0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve sadece KIR/C-1 örnekleme

noktasında görülmüştür. Sadece bir fotokopi merkezi örnekleme noktasında tespit edilen diğer hedef UOB türleri n-propilbenzen, o-ksilen ve m,p-ksilen olarak sıralanabilir.

Çizelge 4.8. Fotokopi merkezleri örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

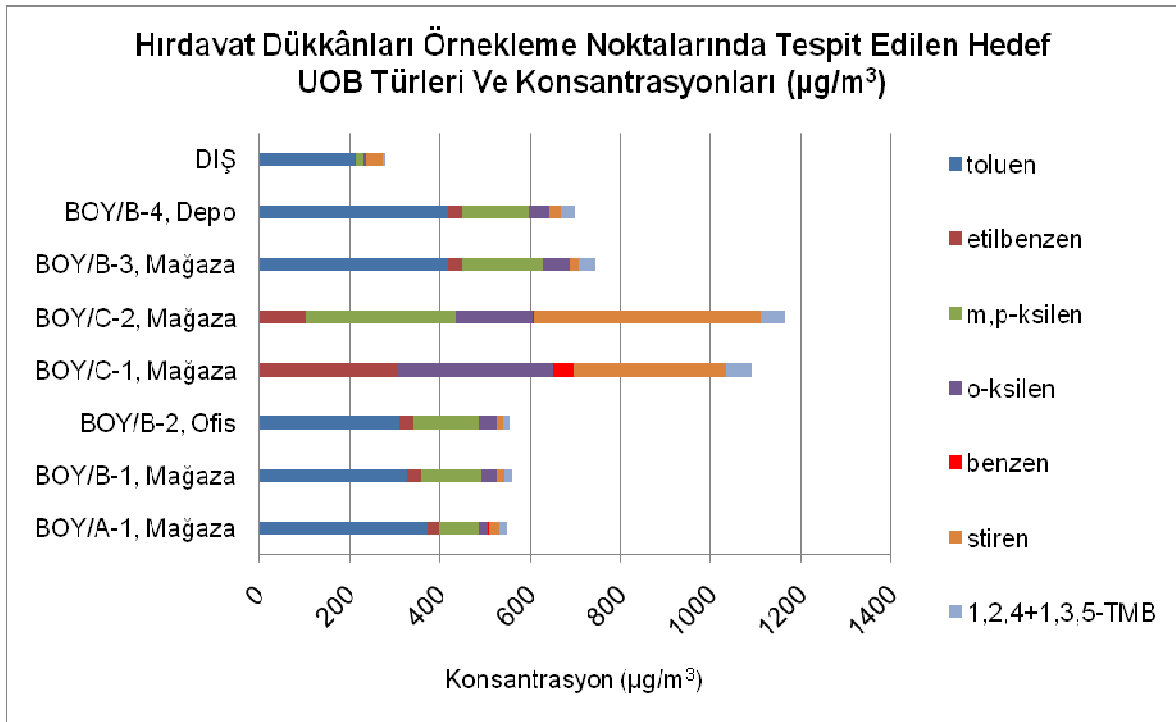
Gözlenen Hedef UOB Türü	Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama (sd)
n-butilbenzen (n=3)	0,8	5,1	2,4 (2,3)
n-propilbenzen (n=1)	0,9	0,9	0,9
o-ksilen (n=1)	1,4	1,4	1,4
benzen (n=2)	2,7	10,3	6,5 (5,4)
toluen (n=5)	4,2	50,4	18,8 (18,9)
etilbenzen (n=1)	0,4	0,4	0,4
m,p-ksilen (n=1)	3,1	3,1	3,1
stiren (n=2)	1,4	3,1	2,3

4.1.5. Hırdavat dükkânı örnekleme istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı hırdavat dükkânlarının mağaza, ofis ve depo bölümlerinde gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarında, üç ayrı fotokopi merkezinde yer alan, BOY/A-1, BOY/B-1, BOY/B-2, BOY/C-1 ve BOY/C-2 olmak üzere beş farklı örnekleme noktasından iç ortam örnekleri toplanmıştır. Hırdavat dükkânları örnekleme noktaları ile ilgili detaylı bilgi üçüncü bölüm olan materyal ve metot kısmında verilmektedir.

Şekil 4.8’de BOY/A-1, BOY/B-1, BOY/B-2, BOY/C-1 ve BOY/C-2 olmak üzere beş farklı örnekleme noktası iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türleri ve konsantrasyonları görülmektedir. BOY/C işyeri dışında, tüm hırdavat dükkânları örnekleme noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin toluen olduğu tespit edilmiştir. Hırdavat dükkânları örnekleme noktaları arasında maksimum toluen konsantrasyonu ($420,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) BOY/B-4 örnekleme noktasının yer aldığı fotokopi odası kısmında gözlemlenirken, minimum toluen konsantrasyonu ($309,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) BOY/B-2 örnekleme noktasının yer aldığı ofis kısmında gözlemlenmiştir.

Hırdavat dükkânları örnekleme noktalarında ölçülen 370,9 (50,6) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama (sd) konsantrasyona sahip tolueni sırasıyla 170,2 (83,7) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama (sd) konsantrasyona sahip m,p-ksilen ve 133,9 (200,7) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama (sd) konsantrasyona sahip stiren izlemektedir. Tespit edilen toplam hedef UOB konsantrasyonunun en yüksek gözlemlendiği yer depo bölümünde yer alan BOY/C-2 örnekleme noktasıdır (1198,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En düşük toplam hedef UOB konsantrasyonun gözlemlendiği yer ise mağaza bölümünde yer alan BOY/A-1 örnekleme noktasında görülmektedir (559,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). İso-propilbenzen sadece BOY/C-1 örnekleme noktasının yer aldığı mağaza kısmında görülmüştür. Şekil 4.8’de dikkat çeken en önemli durum, BOY/C işyerinde yüksek seviyelerde hedef UOB konsantrasyonları elde edilmesine rağmen, en yüksek konsantrasyonda gözlenmesi beklenen toluen bileşiğinin tespit edilememesidir. Bu durumun, BOY/C işyerinden toplanan örneklerin TD-GC-MS sistemi ile analizi sırasında, bozuk şekilde çıkan toluen pikinin sistem tarafından kuantifikasyonunun yapılamamasından kaynaklanabileceğini söyleyebiliriz.



Şekil 4.8. Hırdavat dükkânları örnekleme noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen sekiz hedef UOB türü konsantrasyonları

Hırdavat dükkânları örnekleme istasyonları olan BOY/A, BOY/B ve BOY/C işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Çizelge 4.9'a göre, BOY/A, BOY/B ve BOY/C işyerlerinde ortak gözlenen on adet UOB vardır. N-butilbenzen ve sec-butilbenzen dışındaki tüm ortak gözlenen UOB türlerinin, BOY/A ve BOY/B işyerlerine göre BOY/C işyerinde daha yüksek seviyelerde gözlemlendiği dikkat çekmektedir. En yüksek toplam UOB konsantrasyon değeri BOY/C işyerinde, 1326,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tespit edilmiştir. BOY/A ve BOY/B işyerlerinde en yüksek konsantrasyona sahip olan UOB türü toluen iken, bu bileşiğin BOY/C işyerinde tespit edilememesinden dolayı, toluen bileşiği Çizelge 4.9'da verilmemiştir. Çizelge 4.9'da elde edilen sonuçlardan hareketle, BOY/A, BOY/B ve BOY/C işyerlerinde yapılan UOB örnekleme sonuçlarının doğrusal ilişkisinin olup olmadığı incelenmiştir (Şekil 4.9).

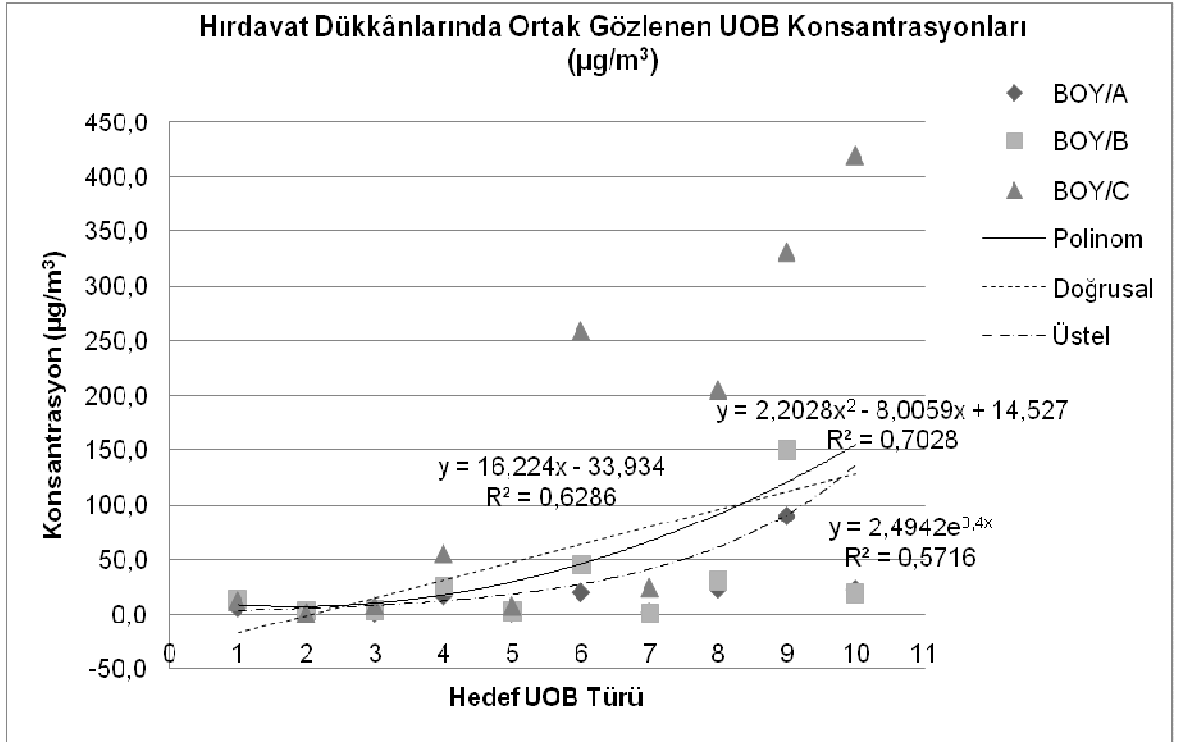
Çizelge 4.9. BOY/A, BOY/B ve BOY/C işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

No	Hırdavat Dükkânlarında Ortak Gözlenen Hedef UOB Türleri	BOY/A kons. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	BOY/B ort. kons.(sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	BOY/C ort. kons.(sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hırdavat Dükkânları ort. kons.(sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	n-butilbenzen	6,6	13,8 (9,3)	12,4 (5,8)	12,3 (7,5)
2	sec-butilbenzen	0,4	3,5 (0,4)	1,7 (0,6)	2,1 (1,4)
3	tert-butilbenzen	1,1	3,8 (3,5)	8,8 (0,6)	4,8 (3,8)
4	1,2,4+1,3,5-TMB	16,9	25,3 (11,8)	55,4 (2,3)	32,7 (17,9)
5	n-propilbenzen	1,8	2,6 (0,7)	8,1 (3,1)	4,0 (3,1)
6	o-ksilen	20,2	45,1 (9,4)	258,5 (126,2)	102,5 (118,9)
7	benzen	2,0	1,0 (0,2)	24,7 (29,0)	10,7 (19,4)
8	etilbenzen	23,5	30,8 (2,9)	205,3 (141,4)	79,6 (103,5)
9	m,p-ksilen	89,9	150,0 (19,5)	330,9	170,2 (83,7)
10	stiren	22,7	19,0 (5,3)	419,4 (116,0)	133,9 (200,7)
TUOB*		559,5	664,9	1326,6	925,3

* TUOB değeri hesaplanırken, işyerinde tespit edilen tüm hedef UOB türleri ortalama konsantrasyonları hesaba katılmıştır.

Şekil 4.9'da BOY/A, BOY/B ve BOY/C örnekleme istasyonlarında ortak gözlenen hedef UOB konsantrasyonlarının noktasal dağılımları verilmiştir. Buna göre, BTEX ve stiren bileşikler değerlendirildiğinde, BOY/A ve BOY/B işyerlerinde birbirine

yakın konsantrasyon değerleri gözlenirken, BOY/C işyerinde gözlenen konsantrasyonlar oldukça yüksek bulunmuştur. BOY/B işyerinde, BOY/A işyerine göre daha yüksek konsantrasyon değerlerinin görüldüğü söylenebilir. Şekil 4,9'a göre, hırdavat dükkânlarında ortak olarak tespit edilen hedef UOB ortalama konsantrasyon verileri 0,7028'lik bir korelasyon katsayısı ile ikinci dereceden polinom denkleme, 0,6286'lık bir korelasyon katsayısı ile lineer denkleme ve 0,5716'lık bir korelasyon katsayısı ile logaritmik denkleme uygunluk göstermektedir.



Şekil 4.9. Hırdavat dükkânları örnekleme istasyonlarında ortak olarak tespit edilen UOB türleri dağılımları

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı hırdavat dükkânlarının mağaza, ofis ve depo bölümlerinden oluşan iç ortamlarında gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarından elde edilen minimum, maksimum ve ortalama (sd) iç ortam hedef UOB konsantrasyonları Çizelge 4.10'da verilmektedir. Çizelgeye göre, hırdavat dükkânları iç ortamlarında gözlenen en yüksek konsantrasyona sahip bileşik BOY/C-2 depo bölümünde tespit edilen stirendir (501,4 µg/m³). Stireni 420,1 µg/m³ konsantrasyonda, mağaza kısmında tespit edilen toluen takip etmektedir. Hemen hemen tüm örnekleme noktalarında, UOB türlerinin tamamı gözlenmiştir. Ancak

isopropilbenzen sadece BOY/C-1 mağaza kısmında görülmektedir. Hırdavat dükkânları iç ortamlarında, sec-butylbenzen ve tert-butylbenzen en düşük konsantrasyonda gözlenen bileşiklerdir.

Çizelge 4.10. Hırdavat dükkânları örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

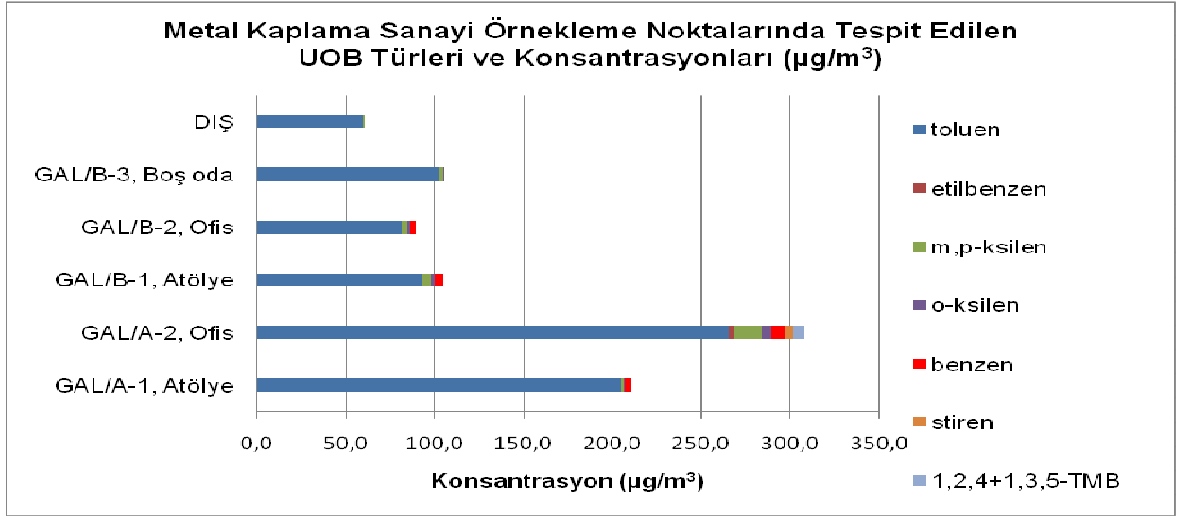
Gözlenen Hedef UOB Türü	Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama (sd)
n-butylbenzen (n=7)	5,9	24,6	12,3 (7,5)
sec-butylbenzen (n=5)	0,4	3,8	2,1 (1,4)
tert-butylbenzen (n=7)	0,6	9,2	4,8 (3,8)
1,2,4+1,3,5-TMB (n=7)	13,9	57,0	32,7 (17,9)
n-propilbenzen (n=7)	1,8	10,3	4,0 (3,1)
o-ksilen (n=7)	20,2	347,8	102,5 (118,9)
benzen (n=5)	0,8	45,2	10,7 (19,4)
toluen (n=5)	309,6	420,1	370,9 (50,6)
etilbenzen (n=7)	23,5	305,3	79,6 (103,5)
m,p-ksilen (n=6)	89,9	330,9	170,2 (83,7)
isopropilbenzen (n=1)	1,4	1,4	1,4
stiren (n=7)	14,0	501,4	133,9 (200,7)

4.1.6. Metal kaplama sanayi örnekleme istasyonlarında ölçülen UOB seviyeleri

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı metal kaplama sanayi tesislerinin atölye ve ofis bölümlerinde gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarında, iki ayrı metal kaplama sanayi tesisinde yer alan, GAL/A-1, GAL/A-2, GAL/B-1, GAL/B-2 ve GAL/B-3 olmak üzere beş farklı örnekleme noktasından iç ortam örnekleri toplanmıştır. Metal kaplama sanayi tesisleri örnekleme noktaları ile ilgili detaylı bilgi üçüncü bölüm olan materyal ve metot kısmında verilmektedir.

Şekil 4.10'da GAL/A-1, GAL/A-2, GAL/B-1, GAL/B-2 ve GAL/B-3 olmak üzere beş farklı örnekleme noktası iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türleri ve konsantrasyonları görülmektedir. Tüm metal kaplama sanayi tesisleri örnekleme

noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin toluen olduğu tespit edilmiştir. Metal kaplama sanayi tesisleri örnekleme noktaları arasında maksimum toluen konsantrasyonu ($265,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) GAL/A-2 örnekleme noktasının yer aldığı ofis kısmında gözlemlenirken, minimum toluen konsantrasyonu ($81,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) GAL/B-2 örnekleme noktasının yer aldığı ofis kısmında gözlemlenmiştir. En fazla hedef UOB türünün gözlemlendiği yer, GAL/A-2 örnekleme noktasıdır. GAL/A-2 örnekleme noktasında tespit edilen UOB türleri ve yüksek konsantrasyonlarının, örnekleme esnasında, iç ortamda sigara içilmesi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.10. Metal kaplama sanayi tesisleri örnekleme noktalarında en yüksek seviyelerde gözlemlenen sekiz hedef UOB türü konsantrasyonları

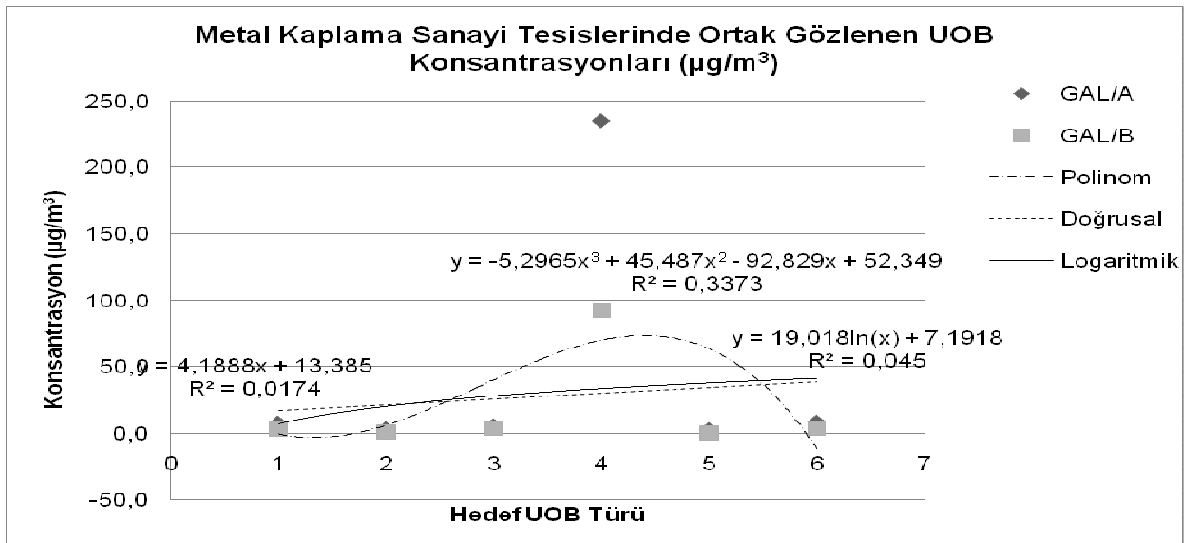
Metal kaplama sanayi tesisleri örnekleme istasyonları olan GAL/A ve GAL/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelge 4.11’e göre, GAL/A ve GAL/B işyerlerinde ortak gözlenen altı adet UOB vardır. Tüm ortak gözlenen UOB türlerinin, GAL/B işyerine göre GAL/A işyerinde daha yüksek seviyelerde gözlemlendiği dikkat çekmektedir. En yüksek toplam UOB konsantrasyon değeri GAL/A işyerinde, $275,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tespit edilmiştir. Çizelge 4.11’de elde edilen sonuçlardan hareketle, GAL/A ve GAL/B işyerlerinde yapılan UOB örnekleme sonuçlarının doğrusal ilişkisinin olup olmadığı incelenmiştir (Şekil 4.11).

Çizelge 4.11. GAL/A ve GAL/B işyerlerinde ortak gözlenen hedef UOB türlerinin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

No	Metal Kaplama Sanayi Tesislerinde Ortak Gözlenen Hedef UOB Türleri	GAL/A ort. kons. (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GAL/B ort. kons. (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Metal kaplama sanayi tesisleri ort. kons. (sd) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	n-butilbenzen	7,7 (8,4)	3,1 (1,1)	4,9 (4,9)
2	o-ksilen	3,4 (3,6)	1,2 (0,8)	2,1 (2,2)
3	benzen	5,7 (2,8)	3,7 (1,4)	4,7 (2,1)
4	toluen	234,9 (42,6)	92,2 (10,8)	149,3 (81,4)
5	etilbenzen	2,9	0,5	1,7 (1,7)
6	m,p-ksilen	8,5 (10,3)	3,7 (1,6)	5,6 (5,9)
TUOB		275,1	105,1	181,1

* TUOB değeri hesaplanırken, işyerinde tespit edilen tüm hedef UOB türleri ortalama konsantrasyonları hesaba katılmıştır.

Şekil 4.11’de GAL/A ve GAL/B örnekleme istasyonlarında ortak gözlenen hedef UOB konsantrasyonlarının noktasal dağılımları verilmiştir. Buna göre, işyerlerinde toluen dışında tespit edilen UOB türleri, GAL/A istasyonunda elde edilen konsantrasyon değerleri daha yüksek olmak üzere, birbirine yakın değerlerde gözlenmektedir. Şekil 4,11’e göre, metal kaplama sanayi tesislerinde ortak olarak tespit edilen hedef UOB ortalama konsantrasyon verileri 0,3373’lük bir korelasyon katsayısı ile üçüncü dereceden polinom denkleme, 0,045’lik bir korelasyon katsayısı ile logaritmik denkleme ve 0,0174’lük bir korelasyon katsayısı ile lineer denkleme uygunluk göstermektedir.



Şekil 4.11. Metal kaplama sanayi tesisleri örnekleme istasyonlarında ortak olarak tespit edilen UOB türleri dağılımları

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı metal kaplama sanayi tesislerinin atölye ve ofis bölümlerinden oluşan iç ortamlarında gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarından elde edilen minimum, maksimum ve ortalama (sd) iç ortam hedef UOB konsantrasyonları Çizelge 4.12’de verilmektedir. Çizelgeye göre, metal kaplama sanayi tesisleri iç ortamlarında gözlenen en yüksek konsantrasyona sahip bileşik GAL/A-2 ofis bölümünde tespit edilen toluendir ($265,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tolueni, $15,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyonda, aynı yerde tespit edilen m,p-ksilen takip etmektedir. Örnekleme noktalarında genellikle, BTEX bileşikleri gözlenmiştir. Sec-butilbenzen, 1,2,4-1,3,5 TMB ve stiren bileşikleri sadece GAL/A-2 ofis kısmında görülmektedir. Metal kaplama sanayi tesisleri iç ortamlarında, o-ksilen ve etilbenzen en düşük konsantrasyonda gözlenen bileşiklerdir.

Çizelge 4.12. Metal kaplama sanayi tesisleri örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Gözlenen Hedef UOB Türü	Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama (sd)
n-butilbenzen (n=5)	1,8	13,6	4,9 (4,9)
sec-butilbenzen (n=1)	1,0	1,0	1,0
1,2,4-1,3,5 TMB (n=1)	6,8	6,8	6,8
n-propilbenzen (n=2)	0,7	0,8	0,7 (0,01)

Çizelge 4.12. (Devam) Metal kaplama sanayi tesisleri örnekleme noktaları iç ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin minimum, maksimum ve ortalama (sd) konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

o-ksilen (n=5)	0,4	5,9	2,1 (2,2)
benzen (n=4)	2,8	7,7	4,7 (2,1)
toluen (n=5)	81,1	265,0	149,3 (81,4)
etilbenzen (n=2)	0,5	2,9	1,7 (1,7)
m,p-ksilen (n=5)	1,2	15,8	5,6 (5,9)
stiren (n=1)	4,3	4,3	4,3

4.1.7. İşyerleri dış ortamlarında ölçülen UOB seviyeleri ve iç/dış oranları

Örnekleme çalışmalarının yapıldığı mobilya imalathaneleri, sünger depoları, matbaalar, fotokopi merkezleri, hırdavat dükkânları ve metal kaplama sanayi tesisleri işyerlerinin dış ortamlarında gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarında on iki farklı dış ortamdan toplam 13 adet örnek toplanmıştır. Dış ortam örnekleri, Siteler, Ulus, Kavaklıdere, Beytepe ve Ostim semtlerinde bulunan işyerleri dış ortamlarından alınmıştır. Örnekleme noktaları ile ilgili detaylı bilgi üçüncü bölüm olan materyal ve metot kısmında verilmektedir.

Çizelge 4.13'de örnekleme yapılan dış ortam atmosferinde en sık gözlenen hedef UOB türleri ve konsantrasyonları verilmiştir. Çizelgede, hedeflenen UOB türleri bazında gözlenme sıklığı %50 ve üzerinde olan bileşiklerin konsantrasyonları görülmektedir. Buna göre, dış örnekleme noktalarında en sık gözlenen UOB türleri n-butilbenzen, o-ksilen, toluen, etilbenzen, m,p-ksilen ve stiren bileşikleri olmuştur.

Çizelgede yer almayan Dış-3 örneği, Ulus semtinde bulunan matbaa işyerinin dış ortamından alınmıştır. Örneklemenin taşıt trafiğinin oldukça yoğun olduğu bir cadde üzerinde, emisyon kaynağına yakın bir noktada yapılması dolayısıyla, yüksek UOB konsantrasyonları elde edilmiştir. Ancak örnekleme uygun yapılmadığından, Dış-3 örneği değerlendirmeye alınmamıştır.

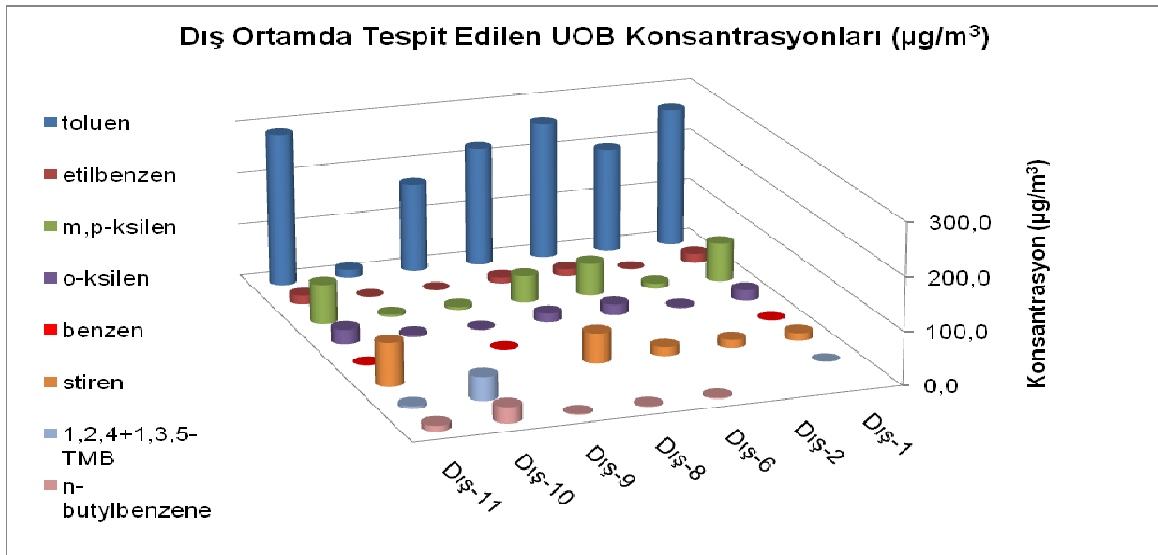
Fotokopi merkezleri dış ortamlarından alınan örnekler içerisinde, sadece bir örnekte toluen tespit edilmiştir ($10,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Bunun dışında, fotokopi merkezleri dış ortamlarında gözlenen UOB türü bulunmamaktadır. Metal kaplama sanayi tesisleri dış ortamlarında ise ortak olarak sadece n-butilbenzen ve toluen bileşikleri gözlenmiştir.

Çizelge 4.13. Dış ortamlarda en sık gözlenen hedef UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Semt	S	S	S	S	O	İ	S
Sektör	Mo+S	B	Mo+B	S	B	Ma	S +B
Hedef							
Bileşikler	Dış-1	Dış-2	Dış-6	Dış-8	Dış-9	Dış-10	Dış-11
n-butilbenzen			2,3	1,8	2,0	29,7	10,9
o-ksilen	20,7	2,2	20,2	17,1	0,9	4,4	28,5
toluen	266,1	199,8	263,1	226,9	168,9	15,6	290,3

etilbenzen	16,5	1,2	13,4	10,4	0,7	0,8	16,9
m,p-ksilen	74,2	9,8	61,7	51,0	5,8	4,5	75,4
stiren	14,8	16,0	16,1	56,8	-	-	81,2
S : Siteler	Mo : Mobilya atölyesi	Ma : Matbaa					
O : Ostim	B : Hırdavat dükkânı						
İ : İvedik	S : Sünger deposu						

Şekil 4.13'de dış ortamlarda sıklıkla gözlenen UOB türleri ve konsantrasyonları görülmektedir. Trafiğin yoğun olduğu yerlere yakın noktalardan alınan Dış-1, Dış-6, Dış-8 ve Dış-11 örneklerinde yüksek toluen, m,p-ksilen, stiren, o-ksilen ve etilbenzen konsantrasyonları gözlenmektedir. Stiren, sadece Siteler semtinde gözlenmiştir. Matbaa dış ortamından alınan Dış-11 örneğinde ise, diğer dış ortam örneklerine göre tamamen farklı bir dağılım gözlenmektedir.



Şekil 4.12. Dış ortamlarda en sık gözlenen UOB türleri ve konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Her bir örnekleme yapılan sektörün mikro ortamlarından alınan iç ortam örnekleri sonuçları ile aynı sektörün dış ortamında yapılan örnekleme sonucu incelenmiş ve birbirleri ile ilişkisi gözlenmiştir. Çizelge 4.14'de sektörlerin iç ortam ve dış ortamlarında tespit edilen UOB konsantrasyonlarının İ/D oranlarının ortalamaları verilmektedir. İncelenen sektörün iç ve dış ortamlarında eşit sayıda UOB türü gözlenmemesinden ötürü, bazı UOB türleri için İ/D oranı hesaplanamamıştır. Çizelgede genel olarak İ/D oranlarının 1'den büyük olduğu görülmektedir. İ/D oranı yüksek tespit edilen bileşiklerin, iç ortamda önemli bir emisyon kaynağının bulunduğunu söylemek mümkündür. Çizelgeye göre, hırdavat dükkanlarında önemli o-ksilen, benzen, m,p-ksilen ve etilbenzen kaynağı bulunmaktadır. Stiren

bileşimininse genellikle dış ortam havasından kaynaklandığı görülmektedir. Genel olarak tüm sektörlerde iç ortamda gözlenen TUOB seviyelerinin, dış ortamdaki düzeylerden daha yoğun olduğu görülmektedir. İç ortam TUOB düzeyinin en yoğun olduğu iş yeri hırdavat dükkânıdır. Hırdavat dükkânını, matbaa işyerleri ve mobilya atölyeleri izlemektedir.

Bruno et al. (2008)'nin cafeler, kütüphaneler, fotokopi merkezleri, eczaneler, gazete stantları, ofisler, spor salonları, kuaförler, restoranlar ve süpermarketler olmak üzere on farklı ev dışı ortamda yaptığı çalışmada, iki farklı gazete standında toluen için tespit edilen İ/D oranları 24.7 ve 91.9 bulunmuştur.

Gazete stantlarında yapılan farklı bir çalışmada toluen için tespit edilen ortalama İ/D oranı 61 olarak bulunmuştur (Caselli et al., 2009).

Çizelge 4.14. Sektörlerin iç ortam ve dış ortamlarında gözlenen UOB konsantrasyonlarının İ/D oranları ortalamaları (SD)

Hedef Bileşikler		Sektörlerde gözlenen İ/D oranları ortalama değerleri (SD)					
		MOB	SÜN	MAT	BOY	GAL	KIR
1	naftalin	-	N.D.	-	-	-	-
2	n-butilbenzen	2,08 (0,37)	5,01 (3,97)	3,01 (2,2)	3,6 (2,4)	2,84 (3,6)	N.D.
3	sec-butilbenzen	N.D.	N.D.	5,09 (4,1)	N.D.	N.D.	-
4	tert-butilbenzen	N.D.	N.D.	5,55 (4,6)	N.D.	-	-
5	1,2,4-1,3,5 TMB	N.D.	1,77	4,38 (3,3)	6,6 (1,0)	N.D.	-
6	n-propilbenzen	N.D.	2,16	5,8 (4,9)	10,4 (0,81)	0,83 (0,7)	N.D.
7	o-ksilen	2,58 (2,02)	1,08 (0,32)	6,42 (5,5)	9,7* (151,8)	N.D.	-
8	benzen	16,21 (18,25)	6,27 (7,46)	0,29 (0,3)	4,1* (27,9)	N.D.	N.D.
9	toluen	1,25 (0,28)	1,13 (0,16)	2,5 (1,7)	1,44 (0,7)	2,65 (1,93)	3,43 (2,0)
10	etilbenzen	2,11 (1,27)	1,20 (0,39)	16,56 (16,2)	11,0* (152,2)	N.D.	-
11	m,p-ksilen	1,97 (1,15)	1,12 (0,30)	7,81 (7,0)	4,79* (20,8)	75,83 (33,7)	-
12	isopropilbenzen	-	-	0,82 (0,3)	N.D.	-	-
13	stiren	3,97 (2,54)	0,97 (0,35)	0,36 (0,5)	0,78 (0,5)	N.D.	N.D.

MOB : Mobilya atölyesi

SÜN : Sünger deposu

MAT : Matbaa

GAL : Metal kaplama sanayi tesisi

KIR : Fotokopi merkezi

BOY : Hırdavat dükkanı

N.D. : Tespit edilememiştir

- : İç ve dış ortamda gözlenmemiştir

* : Geometrik ortalama

4.1.8. İşyerleri dış ortamlarında ölçülen UOB oranları

Kirliliğin ana kaynağının tespit edilebilmesi için, dış ortamda örnekleme yapılan her bir istasyonda toluen konsantrasyonunun, benzen konsantrasyonuna oranı (T/B) hesaplanmıştır. Tespit edilen ortalama ($\pm$ SD) T/B değeri 164,6 ($\pm$ 139,2) bulunmuştur. Bileşiklerin standart dağılım göstermesi, konsantrasyonları etkileyen tek bir kaynağın var olduğuna işaret etmektedir (Badol et al., 2008a). Bu çalışmada elde edilen toluen ve benzen bileşiklerinin dağılımı standart olmayıp, toluen emisyonlarının sadece trafik kaynaklı değil, birden fazla kaynaktan oluştuğu tahmin edilmektedir. Ho et al., (2004) tarafından yapılan çalışmada yaz mevsiminde yol kenarından toplanan hava örneklerinin analizi sonucunda tespit edilen T/B oranı 37 bulunmuş; bu durum, yaz mevsiminde toluen emisyonlarının birçok kaynaktan meydana geldiği için yüksek T/B oranı tespit edilebileceği şeklinde açıklanmıştır. Na et al., (2002b) birçok solventin benzen içermediğini belirtmiştir (Na et al., 2003). Toluene ve ksilen gibi aromatik hidrokarbonların emisyon kaynakları ise genellikle solvent kullanımıdır. Bu yüzden Na et al. (2003) T/B veya m,p-ksilen/benzen (X/B) oranının solvent buharlaşması için güvenilir bir işaret olabileceğinin dikkate alınması gerektiğini belirtmektedir. Aynı zamanda, toluen ve m,p-ksilen bileşiklerini benzene göre OH radikali ile daha hızlı tepkimeye girdiğinden, T/B ve X/B oranları fotokimyasal giderim için de işaret olabilir (Na et al., 2003).

Benzen konsantrasyonları, kaynağın gücüne, kaynak ve reseptör arasındaki mesafeye, meteorolojik koşullara ve örnekleme yapılan yerin topografisine bağlı olarak değişmektedir (Pilidis et al., 2005). Örnekleme yapılan günlerde meteorolojik koşullar benzerlik göstermektedir. Trafik yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde tespit edilen benzen konsantrasyonları $75-110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişirken, daha az trafiğin olduğu yerlerde benzen konsantrasyonları $20-40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişmektedir (Pilidis et al., 2005). Genellikle atmosferde en baskın bulunan aromatik hidrokarbon bileşiği toluendir (Ho et al., 2004). Perry and Gee (1994), kurşunsuz süper benzinlerin kullanımının yaygınlaşmasından sonra, benzin bileşiminin değişmesine bağlı olarak petrolde bulunan aromatik hidrokarbonların seviyelerinde arttığını belirtmişlerdir (Ho et al., 2004).

Literatürde yapılan çalışmalarda tespit edilen T/B oranları Çizelge 4.15’de verilmiştir. Gee and Sollars (1998)’ın yaptıkları çalışmada endüstriyel emisyonların fazla olduğu Asya şehirlerinde T/B oranı yüksek tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15. Bu çalışmada elde edilen T/B oranları ve literatürde yer alan T/B oranları

	T/B
Bruno et al. (2008)	3.4±0.5
Na et al. (2003)	8.2
Hsieh and Tsai (2003)	
Shan Hua (SH)	3.1
May Nung (MN)	4.1
Ping-Tung (PT)	5±0.6
Chao Chou (CC)	4.3
Bizim çalışmamız	164,6 (±139.2)

Prinn et al. (1987) 12 saatlik ortalama konsantrasyonu 0.06 ppt olan OH radikale dayalı benzen, toluen ve m-ksilen yarı ömürlerini sırasıyla yaklaşık olarak 12.5 gün, 2 gün ve 7.8 saat hesaplamıştır (Hsieh and Tsai, 2003). Buna göre, X/B oranı düşük olan hava kütlelerini yaşlı olarak tanımlayabiliriz (Hsieh and Tsai, 2003).

Örnekleme yapılan dış ortamlarda tespit edilen m,p-ksilen ve benzen bileşiklerinin konsantrasyon değerlerinden elde edilen oranlar (X/B) Çizelge 4.16’da verilmiştir. Çizelge 4.16’da tespit edilen X/B oranlarından, Siteler’de hava sirkülasyonu oldukça fazla olduğunu ve solvent emisyonlarının oldukça fazla olduğunu anlayabiliriz.

Çizelge 4.16. Dış ortam havasında tespit edilen X/B oranları

	X/B
Dış-1 (Siteler, Çalım Sokak)	100
Dış-3 (Ulus)	8.1
Dış-9 (Ostim)	7.4
Dış-11 (Siteler, Çalım Sokak)	73.7

Monod et al. (2001), OH radikalının konsantrasyonunu 10^6 rad/cm³ olarak kabul ederek bileşiklerin yarı ömürlerini Çizelge 4.17'deki gibi hesaplamıştır.

Çizelge 4.17. Bileşiklerin yarı ömürleri (Monod et al., 2001).

Bileşik	Atmosferik Yarı Ömür
m-ksilen	11.8 saat
p-ksilen	19.4 saat
o-ksilen	20.3 saat
etilbenzen	1.6 gün
toluen	1.9 gün
benzen	9.4 gün

Etilbenzen ve m-ksilen bileşiklerinin emisyon kaynakları aynıdır ve m-ksilen'in yarı ömrü etilbenzen'in yarı ömründen çok daha küçük olduğundan, emisyon kaynağından uzaklaştıkça ksilen/etilbenzen (X/E) oranı azalmaktadır (Monod et al., 2001). Buda gösterir ki X/E oranı, emisyonun kaynağına uzaklığını tespit edebilmek için iyi bir araçtır. Buna göre; bu çalışmada tespit edilen X/E oranları Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Dış ortam havasında tespit edilen X/E oranları

	X/E
Dış-1 (Siteler)	4.5
Dış-2 (Siteler)	8.2
Dış-3 (Ulus)	2.7
Dış-6 (Siteler)	4.6
Dış-8 (Siteler)	4.9
Dış-9 (Ostim)	7.7
Dış-10 (İvedik)	5.8
Dış-11 (Siteler)	4.5

4.2. Çevresel Parametreler

Yaz döneminde gerçekleştirilen örnekleme çalışmasına ait sıcaklık ve bağıl nem değerleri Çizelge 4.19'da verilmiştir. Örnekleme dönemi boyunca iç ortam sıcaklığı 20 ila 34°C arasında değişim göstermiştir. Dış ortam sıcaklığı ise 20 ila 37°C

arasında değişmiştir. Yaz dönemi olmasından dolayı, iç ve dış ortam sıcaklıkları arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir. Gözlenen en yüksek sıcaklık değerleri Ağustos ayında kaydedilmiştir. İç ortam bağıl nemi %25 ila %61 arasında değişirken, dış ortam bağıl nemi %22 ila %53 arasında değişmiştir. Hem iç hem dış ortamda bağıl nem değerleri %50'nin altında bir dağılım göstermişlerdir.

Çizelge 4.19. Yaz dönemi örnekleme çalışmalarında ölçülen çevresel parametre sonuçlarına ait minimum-maksimum (medyan) değerleri

Örnekleme noktaları	İç ortam sıcaklık (°C)	Dış ortam sıcaklık (°C)	İç ortam nem (%)	Dış ortam nem (%)
<u>Mobilya atölyesi</u>				
MOB/A-1, A.	23,2-25 (24,1)	21,2-23 (22,1)	-	-
MOB/A-2, M-D	21,1-23,2 (22,2)	21,2-23 (22,1)	-	-
MOB/A-3, O.	21,2-24 (22,6)	21,2-23 (22,1)	-	-
MOB/B-1, M.	26,8-27,8 (27,8)	28,7-31,2(30,8)	44,9-46,9 (46,1)	42-45 (43,8)
MOB/B-2, D.	25,3-27,1 (26)	28,7-31,2(30,8)	50-54,3 (52,6)	42-45 (43,8)
<u>Sünger deposu</u>				
SÜN/A-1, D.	22-24,5 (23,3)	23,1-26,3 (24,7)	-	-
SÜN/A-2, O.	23,4-26,5 (25)	23,1-26,3 (24,7)	-	-
SÜN/A-3, D.	23,4-25,7 (24,9)	23,5-29,9 (29,8)	59,6-60,7 (60,2)	31,1-35,9(34,4)
SÜN/B-1, D.	30,5-33,8 (31,8)	34,5-36 (35)	25,1-28 (27,7)	23,4-26 (25)
SÜN/B-2, O.	28-28,9 (28,5)	34,5-36 (35)	27,2-29,7 (27,6)	23,4-26 (25)
<u>Matbaa</u>				
MAT/A-1, İm.	25,5-28,1 (26,5)	26,4-27,3 (27,3)	49,5-53,9 (51)	48,9-52,2(51,2)
MAT/A-2, O.	25,4-27,1 (26,5)	26,4-27,3 (27,3)	50,7-53,8 (52,3)	48,9-52,2(51,2)
MAT/B-1, İm.	31,2-31,3 (31,3)	31,1-32,3 (31,8)	25,2-25,6 (25,4)	22-23,9 (23,3)
MAT/B-2, O.	31,1-31,5 (31,3)	31,1-32,3 (31,8)	28,2-29,5 (28,9)	22-23,9 (23,3)
MAT/B-3, D.	31,1-32 (31,6)	31,1-32,3(31,8)	28-30,4 (29,2)	22-23,9 (23,3)
<u>Fotokopi Merkezi</u>				

KIR/A-1, F.o.	27,4-27,9 (27,7)	26,3-27,8 (26,9)	34,6-35,7 (35,3)	32,9-37 (36,1)
KIR/A-2, Kirt.	27,9-28,2 (27,9)	26,3-27,8 (26,9)	34-35,3 (34,7)	32,9-37 (36,1)
KIR/B-1, F.b.	26,2-28,5 (27,2)	27,1-27,8 (27,3)	33,3-35,3 (34,6)	32,4-33,7(32,6)
KIR/B-2, Kirt.	26,2-27 (26,6)	27,1-27,8 (27,3)	38,9-40,9 (40,3)	32,4-33,7(32,6)
KIR/C-1, F.b.	25,9-27,2 (26,6)	24-28,7 (24,4)	27,9-30 (28,9)	25,8-29,5(29,3)

Hırdavat
Dükkânı

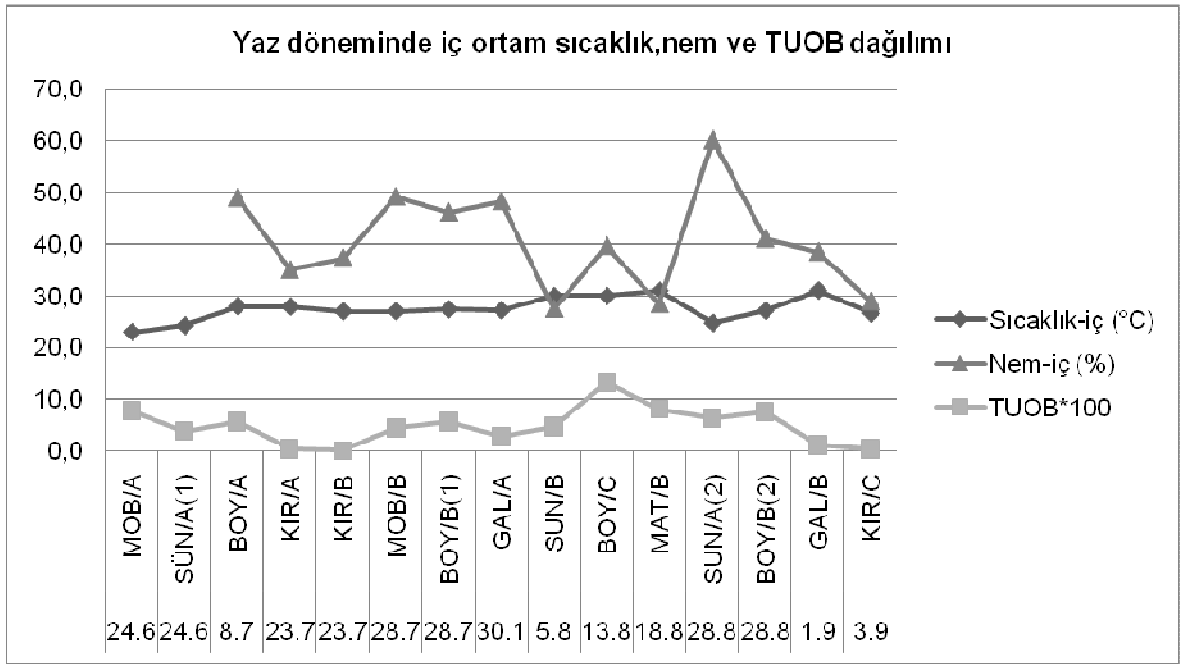
BOY/A-1, M..	26,8-28,9 (28,4)	29,2-32,4 (31,4)	46,4-53 (47,5)	37-48 (39,4)
BOY/B-1, M..	26,3-29,4 (27,3)	28,7-31,2 (30,8)	42,6-47,3 (46,7)	42-45 (43,8)
BOY/B-2, O.	24,6-29,7 (27)	28,7-31,2 (30,8)	41,5-51,5 (46,5)	42-45 (43,8)
BOY/B-3, M.	26,5-27,4 (27,1)	23,5-29,9 (29,8)	38,6-44,8 (40,8)	31,1-35,9(34,4)
BOY/B-4, M.	26,7-27,4 (27,1)	23,5-29,9 (29,8)	38,6-42,8 (41)	31,1-35,9(34,4)
BOY/C-1, M.	31,3-31,7 (31,5)	30,4-32,2 (30,8)	34-36,4 (34,7)	31,1-34,8(33,4)
BOY/C-2, D.	28-29,1 (28,6)	30,4-32,2(30,8)	42,4-43,5 (42,9)	31,1-34,8(33,4)

Metal kaplama
sanayi tesisi

GAL/A-1, A.	26-26,7 (26,3)	24,4-26,2 (25,6)	49,6-51,7 (50,7)	51,1-55,6 (53)
GAL/A-2, O.	27,5-28,4 (27,8)	24,4-26,2 (25,6)	44,7-46,9 (45,8)	51,1-55,6 (53)
GAL/B-1, A.	30,4-33,2 (31)	29,7-31,1 (30,8)	33,5-40,7 (38,6)	38,4-41,3 (40)
GAL/B-2, O.	31-31,5 (31,1)	29,7-31,1 (30,8)	37,8-44,4 (37,9)	38,4-41,3 (40)
GAL/B-3,Od.	30,6-31,1 (30,9)	29,7-31,1 (30,8)	38,1-39,7 (38,6)	38,4-41,3 (40)

A.	: Atölye	İm.	: İmalathane
M-D	: Mağaza ve depo	F.o.	: Fotokopi odası
O.	: Ofis	F.b.	: Fotokopi bölümü
D.	: Depo	Od.	: Oda

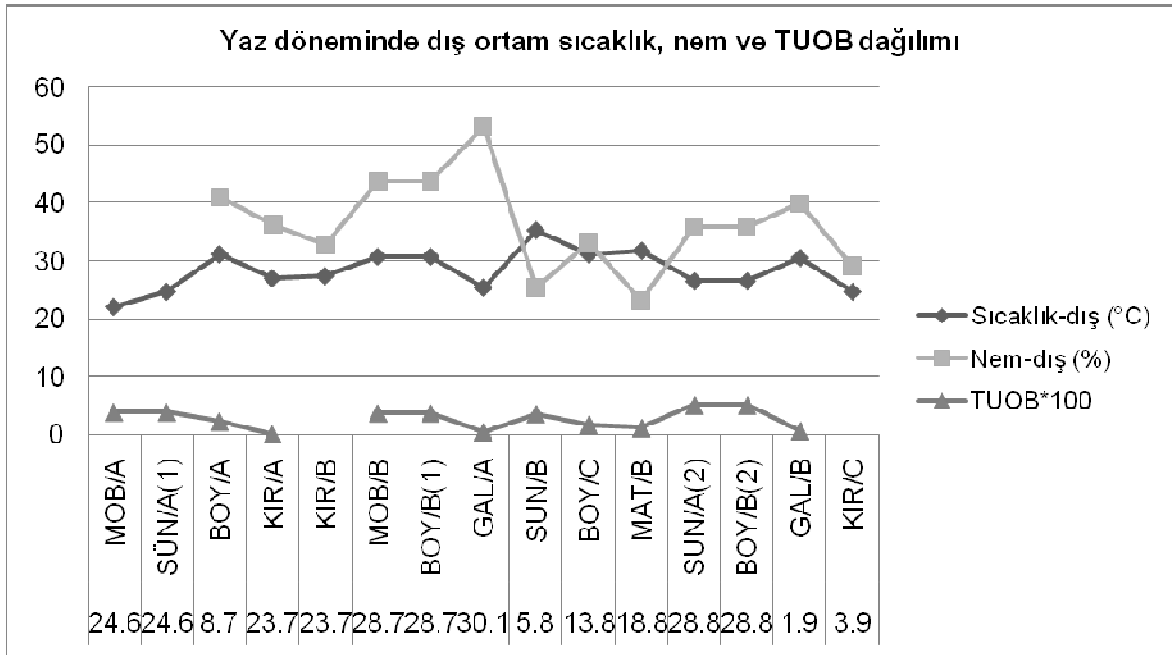
Yaz aylarında gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarında iç ortamda ölçülen sıcaklık ve nem değerleri ile örnekleme istasyonlarında tespit edilen TUOB seviyeleri Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Şekle göre, Temmuz ayı boyunca ölçülen sıcaklıklar hemen hemen aynı seviyelerde seyretmektedir. En yüksek sıcaklıklar Ağustos ayında gözlenirken, en düşük sıcaklık Haziran ayında görülmüştür. Nem değerleri oldukça değişken bir dağılım sergilemektedir. 13 Ağustos tarihinde BOY/C istasyonundaki TUOB konsantrasyonunun en yüksek seviyededir.



SÜN/A(1) 24.Haziran tarihinde SUN/A-1 ve SUN/A-2 örnekleme noktalarından alınmıştır.
 BOY/B(1) 27.Temmuz tarihinde BOY/A-1 ve BOY/A-2 örnekleme noktalarından alınmıştır.
 SUN/A(2) 28.Ağustos tarihinde SUN/A-3 örnekleme noktasından alınmıştır.
 BOY/B(2) 28.Ağustos tarihinde BOY/B-3 örnekleme noktasından alınmıştır.

Şekil 4.13. Yaz aylarında örnekleme istasyonları iç ortamlarında ölçülen sıcaklık ve nem değerleri ile tespit edilen TUOB konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Yaz aylarında gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarında dış ortamda ölçülen sıcaklık ve nem değerleri ile örnekleme istasyonlarında tespit edilen TUOB seviyeleri Şekil 4.14'de gösterilmiştir. En yüksek sıcaklıklar Ağustos ayında gözlenirken, en düşük sıcaklık Haziran ve Eylül aylarında görülmüştür. Sıcaklık ve nem değerleri değişken bir dağılım sergilemektedir. 28 Ağustos tarihinde TUOB konsantrasyonu en yüksek seviyede gözlenmiştir.



SÜN/A(1) 24.Haziran tarihinde SUN/A-1 ve SUN/A-2 örnekleme noktalarından alınmıştır.
 BOY/B(1) 27.Temmuz tarihinde BOY/A-1 ve BOY/A-2 örnekleme noktalarından alınmıştır.
 SUN/A(2) 28.Ağustos tarihinde SUN/A-3 örnekleme noktasından alınmıştır.
 BOY/B(2) 28.Ağustos tarihinde BOY/B-3 örnekleme noktasından alınmıştır.

Şekil 4.14. Yaz aylarında örnekleme istasyonları dış ortamlarında ölçülen sıcaklık ve nem değerleri ile tespit edilen TUOB konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.3. Ölçülen UOB Seviyelerinin Ve Türlerinin Çevresel Parametreler Ve Sektörlere Göre Değişimi

Yaz mevsiminde UOB örneklemesinin yapıldığı mobilya atölyesi, sünger deposu, matbaa, fotokopi merkezi, hırdavat dükkânı ve metal kaplama sanayi işyerlerinde bulunan örnekleme noktaları iç ve dış ortamlarında gözlenen hedef UOB türlerinin noktasal dağılımları aşağıdaki bölümlerde incelenmiştir. UOB seviyelerinin hangi noktasal dağılım modeline uygun olduğu tüm örnekleme noktaları için incelenmiştir. Aynı zamanda korelasyon katsayısı, spearman rank korelasyonu kullanılarak, tüm örnekleme noktaları için hesaplanmıştır. İkili testler kullanılarak, aynı mekânlardaki iç ortam ve dış ortam UOB seviyelerinin karşılaştırması yapılmıştır. İkili testlerde ortalamaların karşılaştırması t-test ile, standart sapmaların karşılaştırması F-test ile, dağılımın normal olup olmadığı Shapiro-Wilks testi ile incelenmiştir. ANOVA testinden elde edilen p değerinin 0,05'den küçük olduğu durumlarda, yüksek korelasyon katsayısına sahip x-y çiftleri için lineer denklem hesaplanmıştır.

4.3.1. MOB/A örnekleme istasyonu

MOB/A örnekleme istasyonunda; MOB/A-1 atölye, MOB/A-2 mağaza ve depo, MOB/A-3 ofis olmak üzere üç farklı mikro ortamdan örnek toplanmıştır. Çizelge 4.20'de bu mikro ortamlarda tespit edilen UOB konsantrasyonları verilmektedir. Buna göre, en yüksek TUOB değeri MOB/A-2 örnekleme noktasında tespit edilmiştir. BTEX ve stiren bileşikleri tüm örnekleme noktalarında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. MOB/A örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Hedef Bileşikler	MOB/A-1 Atölye	MOB/A-2 Mağaza ve Depo	MOB/A-3 Ofis	Dış-1
n-butylbenzene	-	2,0	1,6	-
tert-butylbenzene	-	0,7	-	-
1,2,4+1,3,5-TMB	-	18,2	10,3	-
n-propylbenzene	-	3,7	1,9	-
o-ksilen	35,8	115,1	75,6	20,7
benzen	27,6	5,1	3,3	0,7
toluen	416,8	342,8	307,0	266,1
etilbenzen	32,7	65,4	41,4	16,5
m,p-ksilen	128,9	258,4	200,7	74,2
stiren	47,4	114,5	74,3	14,8
TUOB	689,2	926,1	716,1	393,2

Örnekleme noktalarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkilerine ait istatistiki göstergeler Çizelge 4.21'de verilmektedir. Örnekleme noktalarında tespit edilen UOB konsantrasyonları log-normal dağılım sergilemektedir. Çizelgedeki tüm veri çiftlerinin ortalama ve SD dağılımları arasında fark yoktur. Bunun yanında MOB/A işyerinde örnek alınan tüm mikro ortamların, dış ortam ile ilişkisi gözlenmiştir. Dış ortam verileri ile en fazla ilişki, MOB/A-3 örnekleme noktasının yer aldığı ofis kısmı arasında görülmektedir ($R^2= 0.95$, $p=0.001$). İç ortamda, MOB/A-2 örnekleme noktasının yer aldığı mağaza ve depo kısmı ile MOB/A-3 noktasının yer aldığı ofis kısmı verileri arasında ilişki gözlenmiştir ($R^2= 0.99$, $p=0.001$).

Çizelge 4.21. MOB/A işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi

Veri Çifti ^a	Ort ^b	SD ^c	Dağılım ^d	R ²	Lineer Denklem	p ^e
MOB/A1 Dış	+	+	+	0.70	LOG MOB/A1 = 1.23+0.45*LOG Dış	0.037
MOB/A2 MOB/A3	+	+	+	0.99	LOG MOB/A2=0.23+0.96*LOG MOB/A3	0.000
MOB/A2 Dış	+	+	+	0.93	LOG MOB/A2=0.97+0.74*LOG Dış	0.002
MOB/A3 Dış	+	+	+	0.95	LOG MOB/A3=0.74+0.79*LOG Dış	0.001

^a Verilerin logaritması alınmıştır

^b t-test

^c F-test

^d Shapiro-Wilks test

^e ANOVA

+: İki veri seti arasında istatistiksel fark yok

p<0.05⇒ İki veri seti arasında kuvvetli ilişki var

Çizelge 4.21'den elde edilen sonuçları değerlendirmek gerekirse, birbiri ile ilişkisi gözlenen MOB/A-2 ve MOB/A-3 iç ortam verilerinin, aynı katta (zemin) yapılan örnekleme sonuçları olması dikkat çekmektedir. Bu iki ortam arasındaki ayırım, bir kapı vasıtasıyla yapılmaktaydı. Örnekleme boyunca kapı açık tutulmuştur. Bu sebeple MOB/A-2 ve MOB/A-3 ortamlarının birbirinden etkilendiği düşünülmektedir. MOB/A-1 ortamı ise bodrum katta bulunmaktadır ve MOB/A-2 ve MOB/A-3 ortamından oldukça izoledir. En yüksek TUOB değerinin gözlemlendiği MOB/A-2 bölümünde, yeni imal edilen, satış ve nakliyat için ortamda bekletilen birçok mobilya bulunmaktaydı. Bu mobilyaların üzerindeki boya, koruyucu malzemeler, cila, ve benzeri kimyasal maddeler dolayısıyla yüksek TUOB değerinin elde edildiği düşünülmektedir. Örnekleme çalışmaları yaz mevsiminde yapıldığından, genellikle bina içerisindeki tüm kapılar açık kullanılmaktaydı. Bu sebeple her bir mikro ortamın dış ortam ile kuvvetli ilişkisi olduğu Çizelge 4.21'de görülmektedir.

4.3.2. MOB/B örnekleme istasyonu

MOB/B örnekleme istasyonunda; MOB/B-1 mağaza ve MOB/B-2 depo olmak üzere iki farklı mikro ortamdan örnek toplanmıştır. Çizelge 4.22'de bu mikro

ortamlarda tespit edilen UOB konsantrasyonları verilmektedir. Buna göre, en yüksek TUOB değeri MOB/B-1 örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Toluene, etilbenzen, ksilen ve stiren bileşikleri tüm örnekleme noktalarında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22. MOB/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Hedef Bileşikler	MOB/B-1 Mağaza	MOB/B-2 Depo	Dış-6
n-butilbenzen	5,3	4,1	2,3
sec-butilbenzen	-	2,1	-
1,2,4-1,3,5 TMB	9,2	3,7	-
n-propilbenzen	-	0,2	-
o-ksilen	30,1	9,3	20,2
benzen	9,1	-	-
toluen	366,5	218,8	263,1
etilbenzen	22,5	6,2	13,4
m,p-ksilen	89,1	30,7	61,7
stiren	45,7	16,5	16,1
TUOB	577,5	291,7	376,8

Örnekleme noktalarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkilerine ait istatistiki göstergeler Çizelge 4.23'de verilmektedir. Örnekleme noktalarında tespit edilen UOB konsantrasyonları log-normal dağılım sergilemektedir. Çizelgedeki tüm veri çiftlerinin ortalama ve SD dağılımları arasında fark yoktur. Bunun yanında tüm mikro ortamların, dış ortam ile ilişkisi gözlenmiştir. Dış ortam verileri ile en fazla ilişki, MOB/B-1 örnekleme noktasının yer aldığı mağaza kısmı arasında görülmektedir ($R^2 = 0.98$, $p=0.0002$). Aynı zamanda, MOB/B-1 örnekleme noktasının yer aldığı mağaza kısmı ile MOB/B-2 noktasının yer aldığı depo kısmı verileri arasında ilişki gözlenmiştir ($R^2 = 0.93$, $p=0.0004$).

Çizelge 4.23. MOB/B işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi

Veri Çifti ^a	Ort ^b	SD ^c	Dağılım ^d	R ²	Lineer Denklem	p ^e
MOB/B1 MOB/B2	+	+	+	0.93	LOG MOB/B1=0.44+0.96*LOG MOB/B2	0.0004
MOB/B1 Dış6	+	+	+	0.98	LOG MOB/B1=0.42+0.88*LOG Dış6	0.0002
MOB/B2 Dış6	+	+	+	0.88	LOG MOB/B2=0.08+0.84*LOG Dış6	0.0055

^a Verilerin logaritması alınmıştır

^b t-test

^c F-test

^d Shapiro-Wilks test

^e ANOVA

+: İki veri seti arasında istatistiksel fark yok

p<0.05⇒ İki veri seti arasında kuvvetli ilişki var

Çizelge 4.23'den elde edilen sonuçlarda, MOB/B1 ve dış verileri arasında kuvvetli bir ilişki gözlenmiştir. Mağaza kısmında yer alan MOB/B-1 örnekleme noktası, zemin katta bulunmaktadır. Burada gerçekleştirilen örnekleme süresi boyunca, mağazanın ön tarafını tamamen kaplayan kapıları açık bulunmaktaydı.

MOB/B-2 ile dış verileri arasında ilişki, diğer veri çiftlerine nazaran daha azdır. MOB/B-2 örnekleme noktası, bodrum katta bulunmaktadır ve doğal havalandırma sadece kapısı açıkken gerçekleşmektedir. Ortamı, kapıyı açık kullanmak dışında, havalandırma imkânı kısıtlıdır, çünkü pencere mevcut değildir. Kapısı zemin katta bulunan depo bölümüne, merdivenin bulunduğu koridor kısmından geçilerek ulaşılmaktadır. MOB/B-2 örneği alınırken, kapı açık durumdaydı.

MOB/B-1 ve MOB/B-2 ortamları arasında doğrudan bir bağlantı yoktur. Her ikisinin de girişleri farklı kapılardan yapılmaktadır. Buna rağmen, Çizelge 4.23'de, iki ortamda tespit edilen veriler arasında ilişki olduğu görülmektedir. Örnekleme esnasında, her iki ortamda da havalandırma miktarının en üst seviyede olduğu göz önünde bulundurulursa, her iki iç ortam havasının da dış ortam havasından etkilendiğini söylemek mümkündür.

4.3.3. SÜN/A örnekleme istasyonu

SÜN/A örnekleme istasyonunda; SÜN/A-1 depo ve SÜN/A-2 ofis ve SÜN/A-3 bodrum katta yer alan depo olmak üzere üç farklı mikro ortamdaki örnek toplanmıştır. Çizelge 4.24’de bu mikro ortamlarda tespit edilen UOB konsantrasyonları verilmektedir. Buna göre, en yüksek TUOB değeri SÜN/A-3 örnekleme noktasında tespit edilmiştir. BTEX ve stiren bileşikler tüm örnekleme noktalarında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.24. SÜN/A örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Hedef Bileşikler	SÜN/A-1 Depo	SÜN/A-2 Ofis	Dış-1	SÜN/A-3 Depo	Dış-11
n-butilbenzen	-	-	-	7,3	10,9
1,2,4-1,3,5 TMB	-	-	-	9,4	5,3
n-propilbenzen	-	-	-	0,7	0,3
o-ksilen	20,2	15,4	20,7	28,6	28,5
benzen	2,7	0,4	0,7	15,0	1,0
toluen	285,5	248,4	266,1	353,4	290,3
etilbenzen	17,6	12,6	16,5	20,3	16,9
m,p-ksilen	75,2	57,2	74,2	87,2	75,4
stiren	18,8	12,7	14,8	110,1	81,2
TUOB	420,0	346,6	393,2	631,9	509,7

SÜN/A işyeri örnekleme noktalarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkilerine ait istatistiki göstergeler Çizelge 4.25’de verilmektedir. Örnekleme noktalarında tespit edilen UOB konsantrasyonları log-normal dağılım sergilemektedir. Çizelgedeki tüm veri çiftlerinin ortalama ve SD dağılımları arasında fark yoktur. Bunun yanında tüm mikro ortamların, dış ortam ile ilişkisi gözlenmiştir. Dış ortam verileri ile en fazla ilişki, SÜN/A-2 örnekleme noktasının yer aldığı ofis kısmı arasında görülmektedir ($R^2= 0.99$, $p=0.0000$). Aynı zamanda, SÜN/A-1 örnekleme noktasının yer aldığı depo kısmı ile SÜN/A-2 noktasının yer aldığı ofis kısmı verileri arasında kuvvetli ilişki gözlenmiştir ($R^2= 0.96$, $p=0.0005$). Farklı günlerde aynı noktadan alınan Dış-1 ve Dış-11 verileri arasında da benzerlik görülmektedir ($R^2= 0.89$, $p=0.0044$).

Çizelge 4.25. SÜN/A işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi

Veri Çifti ^a	Ort ^b	SD ^c	Dağılım ^d	R ²	Lineer Denklem	p ^e
SÜN/A1 SUN/A2	+	+	+	0.96	LOG SÜN/A1=0.58+0.72*LOG SÜN/A2	0.0005
SUN/A1 Dış1	+	+	+	0.97	LOG SÜN/A1=0.40+0.79*LOG Dış1	0.0003
SUN/A1 SUN/A3	+	+	+	0.75	LOG SÜN/A1=-0.55+1.13*LOG SÜN/A3	0.0249
SUN/A2 Dış1	+	+	+	0.99	LOG SÜN/A2=-0.24+1.09*LOG Dış1	0.0000
SUN/A2 SUN/A3	+	+	+	0.67	LOG SÜN/A2=-1.37+1.46*LOG SÜN/A3	0.0458
Dış1 Dış11	+	+	+	0.89	LOG Dış1=-0.12+0.96*LOG Dış11	0.0044
SUN/A3 Dış11	+	+	+	0.84	LOG SÜN/A3=0.48+0.77*LOG Dış11	0.0005

^a Verilerin logaritması alınmıştır

^b t-test

^c F-test

^d Shapiro-Wilks test

^e ANOVA

+: İki veri seti arasında istatistiksel fark yok
p<0.05⇒ İki veri seti arasında kuvvetli ilişki var

Veri çiftleri arasında en fazla benzerlik gösteren, SÜN/A-2 ve Dış-1 verileridir. SÜN/A-2, kapıya oldukça yakın ve küçük bir alana sahip ortamdır. Örneklem boyunca kapı açık olduğundan, SÜN/A-2 ortam havasının dış ortam havasından oldukça etkilendiği verilerden de görülmektedir.

4.3.4. SÜN/B örneklem istasyonu

SÜN/B örneklem istasyonunda; SÜN/B-1 depo ve SÜN/B-2 ofis kısmı olmak üzere iki farklı mikro ortamdaki örnek toplanmıştır. Çizelge 4.26'da bu mikro ortamlarda tespit edilen UOB konsantrasyonları verilmektedir. Buna göre, en yüksek TUOB değeri SÜN/B-1 örneklem noktasında tespit edilmiştir. Toluene, etilbenzen, ksilen ve stiren bileşikler tüm örneklem noktalarında tespit edilmiştir.

Naftalin bileşiğinin görüldüğü tek yer SÜN/B-1 örnekleme noktasının yer aldığı depo kısmıdır.

Çizelge 4.26. SÜN/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Hedef Bileşikler	SÜN/B-1 Depo	SÜN/B-2 Ofis	Dış-8
naftalin	8,7	-	-
n-butilbenzen	10,7	15,4	1,8
sec-butilbenzen	3,1	-	-
tert-butilbenzen	1,5	-	-
1,2,4-1,3,5 TMB	16,4	4,1	-
n-propilbenzen	1,2	-	-
o-ksilen	27,3	18,7	17,1
benzen	15,8	21,0	-
toluen	306,3	245,5	226,9
etilbenzen	19,0	11,9	10,4
m,p-ksilen	81,3	53,6	51,0
stiren	47,5	29,2	56,8
TUOB	538,9	399,3	364,1

SÜN/B işyeri örnekleme noktalarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkilerine ait istatistiki göstergeler Çizelge 4.27’de verilmektedir. Örnekleme noktalarında tespit edilen UOB konsantrasyonları log-normal dağılım sergilemektedir. Çizelgedeki tüm veri çiftlerinin ortalama ve SD dağılımları arasında fark yoktur. Bunun yanında tüm mikro ortamların, dış ortam ile ilişkisi gözlenmiştir. Dış-8 verileri ile en fazla ilişki, SÜN/B-1 örnekleme noktasının yer aldığı depo kısmı arasında görülmektedir ($R^2= 0.90$, $p=0.0036$). Aralarında en az ilişki görülen veri çifti SÜN/B-2 ile Dış-8’dir ($R^2= 0.70$, $p=0.0368$).

Çizelge 4.27. SÜN/B işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi

Veri Çifti ^a	Ort ^b	SD ^c	Dağılım ^d	R ²	Lineer Denklem	p ^e
SÜN/B1 SUN/B2	+	+	+	0.80	LOG SÜN/B2=0.39+0.83*LOG SÜN/B2	0.0028
SUN/B1 Dış8	+	+	+	0.90	LOG SÜN/B1=0.69+0.68*LOG Dış8	0.0036
SUN/B2 Dış8	+	+	+	0.70	LOG SÜN/B2=-0.74+0.56*LOG Dış8	0.0368

^a Verilerin logaritması alınmıştır

^b t-test

^c F-test

^d Shapiro-Wilks test

^e ANOVA

+: İki veri seti arasında istatistiksel fark yok

p<0.05⇒ İki veri seti arasında kuvvetli ilişki var

Oldukça yoğun trafiği olan bir cadde üzerinde bulunan SÜN/B işyeri için dış ortam örneği, birinci kattaki cam kenarına örnekleyicinin yerleştirilmesiyle alınmıştır. Bu sebeple birinci katta bulunan depo kısmından alınan SÜN/B-1 örneğinin sonuçları ile dış ortam sonuçları birbiriyle benzer çıkmıştır. SUN/B-2 örnekleme noktasının bulunduğu ofis kısmı ise zemin katta yer almaktadır ve cam duvarlar ile alandan ayrılan bir odadan oluşmuştur. Ofis bölümünde klima çalıştırıldığından, örnekleme boyunca, kapıları kapalı durumdaydı. Ofis kısmının dış ortam havası ile ilişkisi olsa da, diğer veri çiftleri kadar benzerlik göstermemektedir.

4.3.5. MAT/B örnekleme istasyonu

MAT/B örnekleme istasyonunda; MAT/B-1 imalathane, MAT/B-2 ofis ve MAT/B-3 depo kısmı olmak üzere üç farklı mikro ortamdan örnek toplanmıştır. Çizelge 4.28de bu mikro ortamlarda tespit edilen UOB konsantrasyonları verilmektedir. Buna göre, en yüksek TUOB değeri MAT/B-1 örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Benzen ve isopropilbenzen dışında tüm UOB bileşik türleri tüm örnekleme noktalarında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.28. MAT/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Hedef Bileşikler	MAT/B-1 İmalathane	MAT/B-2 Ofis	MAT/B-3 Depo	Dış-10
n-butilbenzen	149,3	151,2	102,9	29,7
sec-butilbenzen	53,0	50,2	35,4	5,8
tert-butilbenzen	96,9	81,7	53,4	8,9
1,2,4-1,3,5 TMB	358,2	308,6	224,4	44,5
n-propilbenzen	84,1	67,6	43,1	7,2
o-ksilen	57,6	46,0	30,4	4,4
benzen	5,5	-	-	-
toluen	73,4	54,4	41,3	15,6
etilbenzen	29,7	21,1	12,9	0,8
m,p-ksilen	75,3	57,1	37,0	4,5
isopropilbenzen	19,7	15,6	10,0	-
TUOB	1.002,6	854,5	590,9	121,4

MAT/B işyeri örnekleme noktalarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkilerine ait istatistiki göstergeler Çizelge 4.29'da verilmektedir. Örnekleme noktalarında tespit edilen UOB konsantrasyonları log-normal dağılım sergilemektedir. Çizelgedeki tüm veri çiftlerinin SD dağılımları arasında fark yoktur. Ancak MAT/B-1 dış-10, MAT/B-2 dış-10 ve MAT/B-3 dış-10 veri çiftlerinin ortalamaları arasında istatistiksel fark vardır. Bunun yanında dış ortam ile arasında en yüksek ilişki gözlenen MOB/B-3 örnekleme noktasının yer aldığı depo kısmına ait verilerdir ($R^2= 0.88$, $p=0.0002$). İç ortam örnekleme noktalarından oluşan veri çiftleri arasında da yüksek benzerlikler gözlenmiştir.

Çizelge 4.29. SÜN/B işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi

Veri Çifti ^a	Ort ^b	SD ^b	Dağılım ^d	R ²	Lineer Denklem	p ^e
MAT/B1 MAT/B2	+	+	+	0.99	LOG MAT/B1=0.21+0.93*LOG MAT/B2	0.0000
MAT/B1 MAT/B3	+	+	+	0.98	LOG MAT/B1=0.43+0.89*LOG MAT/B3	0.0000
MAT/B1 Dış10	-	+	+	0.82	LOG MAT/B1=1.45+0.53*LOG Dış10	0.0008
MAT/B2 MAT/B3	+	+	+	0.996	LOG MAT/B2=0.24+0.96*LOG MAT/B3	0.0000
MAT/B2 Dış10	-	+	+	0.85	LOG MAT/B2=1.31+0.59*LOG Dış10	0.0005
MAT/B3 Dış10	-	+	+	0.88	LOG MAT/B3=1.11+0.63*LOG Dış10	0.0002

^a Verilerin logaritması alınmıştır

^b t-test

^c F-test

^d Shapiro-Wilks test

^e ANOVA

+: İki veri seti arasında istatistiksel fark yok

- : İki veri seti arasında istatistiksel fark var

p<0.05⇒ İki veri seti arasında kuvvetli ilişki var

MAT/B işyeri iki katlı binada yer almaktadır. Zemin katta imalathane yer almaktadır. İmalathane bölümü, dış ortamdan sac kapılar ile ayrılmıştır. Asma katta yer alan ofis bölümünün dış ortam ile direk bağlantısı yoktur ve camları imalathaneye bakmaktadır. İkinci kat olarak belirtilen yerde depo bulunmaktadır. Bu bölüm, bina içerisinde havalandırma miktarının en fazla olduğu kısımdır ve örnekleme boyunca camlar açık durumdaydı. Matbaada yapılan örnekleme süresince elektrik kesintisi olduğundan, makineler çalışmamıştır.

4.3.6. BOY/B örnekleme istasyonu

BOY/B örnekleme istasyonunda; BOY/B-1, mağaza ve BOY/B-2 ofis, kısmi olmak üzere iki farklı mikro ortamdan örnek toplanmıştır. BOY/B-1, BOY/B-2, dış-2 örnekleri 28.Temmuz tarihinde; BOY/B-1(3), BOY/B-1(4), dış-11 örnekleri 28.Ağustos tarihinde toplanmıştır. Çizelge 4.30'da bu mikro ortamlarda tespit edilen UOB konsantrasyonları verilmektedir. Buna göre, en yüksek TUOB değeri

BOY/B-1(3) örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Toluen, etilbenzen, ksilen ve stiren bileşikleri tüm örnekleme noktalarında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.30. BOY/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Hedef Bileşikler	BOY/B-1 Mağaza	BOY/B-2 Ofis	Dış-2	BOY/B-1(3) Mağaza	BOY/B-1(4) Mağaza	Dış-11
n-butilbenzen	5,9	6,0	2,3	24,6	18,5	10,9
sec-butilbenzen	-	-	-	3,8	3,2	-
tert-butilbenzen	1,0	0,6	-	7,6	6,0	-
1,2,4-1,3,5 TMB	17,1	13,9	-	38,9	31,4	5,3
n-propilbenzen	2,0	1,9	-	3,3	3,0	0,3
o-ksilen	36,9	40,2	20,2	58,3	44,8	28,5
benzen	-	-	-	0,8	1,1	1,0
toluen	330,6	309,6	263,1	420,1	420,1	290,3
etilbenzen	27,1	34,1	13,4	30,9	31,2	16,9
m,p-ksilen	134,9	141,1	61,7	178,6	145,6	75,4
stiren	14,0	16,7	16,1	19,2	26,2	81,2
TUOB	569,5	564,1	376,8	786,0	731,2	509,7

BOY/B işyeri örnekleme noktalarında gözlenen UOB seviyelerinin mekânsal ilişkilerine ait istatistiki göstergeler Çizelge 4.31’de verilmektedir. BOY/B1 verileri, mağazada yapılan örnekleme sonuçlarının ortalaması; Dış verileri, iki farklı günde alınan dış-2 ve dış-11 örnekleri sonuçlarının ortalamasıdır. Örnekleme noktalarında tespit edilen UOB konsantrasyonları log-normal dağılım sergilemektedir. Çizelgedeki tüm veri çiftlerinin ortalama ve SD dağılımları arasında fark yoktur. Dış ortam ile arasında en yüksek ilişki gözlenen BOY/B-1 örnekleme noktasının yer aldığı mağaza kısmına ait verilerdir ($R^2= 0.89$, $p=0.0004$). Veri çiftleri arasında en fazla ilişki BOY/B1 ve BOY/B2 verileri arasında görülmüştür ($R^2= 0.95$, $p=0.0001$).

Çizelge 4.31. BOY/B işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi

Veri Çifti ^a	Ort ^b	SD ^c	Dağılım ^d	R ²	Lineer Denklem	p ^e
BOY/B1 BOY/B2	+	+	+	0.95	LOG BOY/B1=-0.32+0.88*LOG BOY/B2	0.0001
BOY/B1 Dış	+	+	+	0.89	LOG BOY/B1=0.55+0.84*LOG Dış	0.0004
BOY/B2 Dış	+	+	+	0.84	LOG BOY/B2=0.53+0.73*LOG Dış	0.0014

^a Verilerin logaritması alınmıştır

^b t-test

^c F-test

^d Shapiro-Wilks test

^e ANOVA

+: İki veri seti arasında istatistiksel fark yok

p<0.05⇒ İki veri seti arasında kuvvetli ilişki var

BOY/B2 örnekleme noktasının yer aldığı ofis kısmı, etrafı PVC duvarlarla kaplı bir odadır ve dış ortam ile direk bir bağlantısı bulunmamaktadır. Ofisin kapısı, mağazanın içerisine açılmaktadır. Çizelge 4.31’de görülen BOY/B1 ve BOY/B2 veri çiftleri arasındaki yüksek korelasyon, iki ortam havasının birbirinden etkilendiğini göstermektedir.

4.3.7. BOY/C örnekleme istasyonu

BOY/C örnekleme istasyonunda; BOY/C-1, mağaza ve BOY/C-2 depo, kısmı olmak üzere iki farklı mikro ortamdan örnek toplanmıştır. Çizelge 4.32’de bu mikro ortamlarda tespit edilen UOB konsantrasyonları verilmektedir. Buna göre, en yüksek TUOB değeri BOY/C-2 örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Benzen, etilbenzen ve ksilen bileşikler tüm örnekleme noktalarında tespit edilmiştir. En yüksek seviyede gözlenmesi beklenen toluen ise, laboratuvarındaki analiz sırasında kromatogram üzerinde görünmesine rağmen, kuantifikasyonu yapılamamıştır.

Çizelge 4.32. BOY/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları (µg/m³)

Hedef Bileşikler	BOY/C-1 Mağaza	BOY/C-2 Depo	Dış-9
n-butylbenzene	8,3	16,5	2,0
sec-butylbenzene	1,2	2,1	-
tert-butylbenzene	8,3	9,2	-
1,2,4+1,3,5-TMB	57,0	53,8	-

Çizelge 4.32. (devam) BOY/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Hedef Bileşikler	BOY/C-1 Mağaza	BOY/C-2 Depo	Dış-9
n-propylbenzene	10,3	5,9	-
o-ksilen	347,8	169,3	0,9
benzen	45,2	4,2	0,8
toluen	-	-	168,9
etilbenzen	305,3	105,3	0,7
m,p-ksilen	-	330,9	5,8
isopropylbenzene	1,4	-	-
stiren	337,3	501,4	-
TUOB	1122,3	1198,7	179,1

BOY/C işyeri örnekleme noktalarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkilerine ait istatistiki göstergeler Çizelge 4.33'de verilmektedir. Örnekleme noktalarında tespit edilen UOB konsantrasyonları log-normal dağılım sergilemektedir. Çizelgedeki tüm veri çiftlerinin ortalama ve SD dağılımları arasında fark yoktur. Dış ortam ile iç ortam verileri arasında istatistiksel ilişki yoktur. Veri çiftleri arasında en fazla ilişki BOY/C1 ve BOY/C2 verileri arasında görülmüştür ($R^2 = 0.77$, $p = 0.0019$).

Çizelge 4.33. BOY/C işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi

Veri Çifti ^a	Ort ^b	SD ^b	Dağılım ^d	R^2	Lineer Denklem	p^e
BOY/C1 BOY/C2	+	+	+	0.77	LOG BOY/C1= 0.22+0.95*LOG BOY/C2	0.0019
BOY/C1 Dış9	+	+	+	0.75	-	>0.05
BOY/C2 Dış9	+	+	+	0.37	-	>0.05

^a Verilerin logaritması alınmıştır

^b t-test

^c F-test

^d Shapiro-Wilks test

^e ANOVA

+: İki veri seti arasında istatistiksel fark yok

- : İki veri seti arasında istatistiksel fark var

$p < 0.05 \Rightarrow$ İki veri seti arasında kuvvetli ilişki var

BOY/C1 örnekleme istasyonunun bulunduğu mağaza kısmı zemin, BOY/C-2 örnekleme istasyonunun bulunduğu depo kısmı ise bodrum katta bulunmaktadır.

Örnekleme esnasında BOY/C işyerinde renk verici madde ile tiner karıştırılarak boya hazırlanmaktaydı. Boya hazırlama işlemi, mağaza içerisinde kapağı olmayan plastik bir kova içerisinde yapıldı ve bu sebeple ortamda keskin bir koku hissedilmekteydi. Yapılan bu işlemden dolayı, BOY/C-1 verileri beklenenden yüksek çıkmıştır. BOY/C-2 örnekleme noktasının yer aldığı depo bölümü ise bodrum katta yer alan karanlık odadır. Deponun havalandırma miktarı oldukça azdır. Odada dış ortama açılan kapı veya pencere bulunmamakla birlikte, odanın havasını seyreltebilecek tek ortam, BOY/C-1 örnekleme noktasının bulunduğu mağaza bölümüdür. Havalandırma imkanının oldukça az olduğu depo bölümünde, genellikle tiner varilleri saklanmaktadır. Örnekleme esnasında, işyeri görevlileri tarafından, deponun doluluk oranının az olduğu ve normalde daha fazla kimyasal maddenin bu bölümde saklandığı belirtilmiştir. İç ortamda tespit edilen en yüksek TUOB seviyesi depo bölümünde gözlenmiştir.

4.3.8. GAL/B örnekleme istasyonu

GAL/B örnekleme istasyonunda; GAL/B-1, atölye, GAL/B-2 ofis ve GAL/B-3 boş oda olmak üzere üç farklı mikro ortamdan örnek toplanmıştır. Çizelge 4.34'de bu mikro ortamlarda tespit edilen UOB konsantrasyonları verilmektedir. Buna göre, en yüksek TUOB değeri GAL/B-1 örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Sadece toluen tüm örnekleme noktalarında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.34. GAL/B örnekleme noktalarında tespit edilen iç ve dış ortam UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Hedef Bileşikler	GAL/B-1 Atölye	GAL/B-2 Ofis	GAL/B-3 Oda	Dış-12
n-butilbenzen	4,3	2,8	2,2	2,5
n-propilbenzen	0,7	0,8	-	0,6
o-ksilen	2,0	1,3	0,4	-
benzen	4,7	2,8	-	-
toluen	92,7	81,1	102,8	71,9
etilbenzen	0,5	-	-	-
m,p-ksilen	5,1	3,9	1,9	-
TUOB	110,0	92,7	107,3	75,0

GAL/B işyeri örnekleme noktalarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkilerine ait istatistiki göstergeler Çizelge 4.35'de verilmektedir. Örnekleme noktalarında tespit edilen UOB konsantrasyonları log-normal dağılım sergilemektedir. Çizelgedeki tüm veri çiftlerinin ortalama ve SD dağılımları arasında fark yoktur. GAL/B-2 ve dış-12 veri çiftinin dağılımları arasında istatistiksel fark görülmüştür. Dış ortam ile iç ortam verileri arasında istatistiksel ilişki yoktur. Veri çiftleri arasında en fazla ilişki iç ortamdan alınan örneklerin verileri arasında görülmüştür.

Çizelge 4.35. GAL/B işyeri mikro ortamlarında gözlenen UOB seviyelerinin mekansal ilişkisi

Veri Çifti ^a	Ort ^b	SD ^b	Dağılım ^d	R ²	Lineer Denklem	p ^e
GAL/B1 GAL/B2	+	+	+	0.98	LOG GAL/B1=0.14+0.98*LOG GAL/B2	0.0001
GAL/B1 GAL/B3	+	+	+	0.99	LOG GAL/B1=0.50+0.71*LOG GAL/B3	0.0060
GAL/B2 GAL/B3	+	+	+	0.98	LOG GAL/B2=0.34+0.76*LOG GAL/B3	0.0093
GAL/B1 Dış12	+	+	+	0.50	-	>0.05
GAL/B2 Dış12	+	+	-	0.52	-	>0.05
GAL/B3 Dış12	+	+	+	0.74	-	>0.05

^a Verilerin logaritması alınmıştır

^b t-test

^c F-test

^d Shapiro-Wilks test

^e ANOVA

+: İki veri seti arasında istatistiksel fark yok

- : İki veri seti arasında istatistiksel fark var

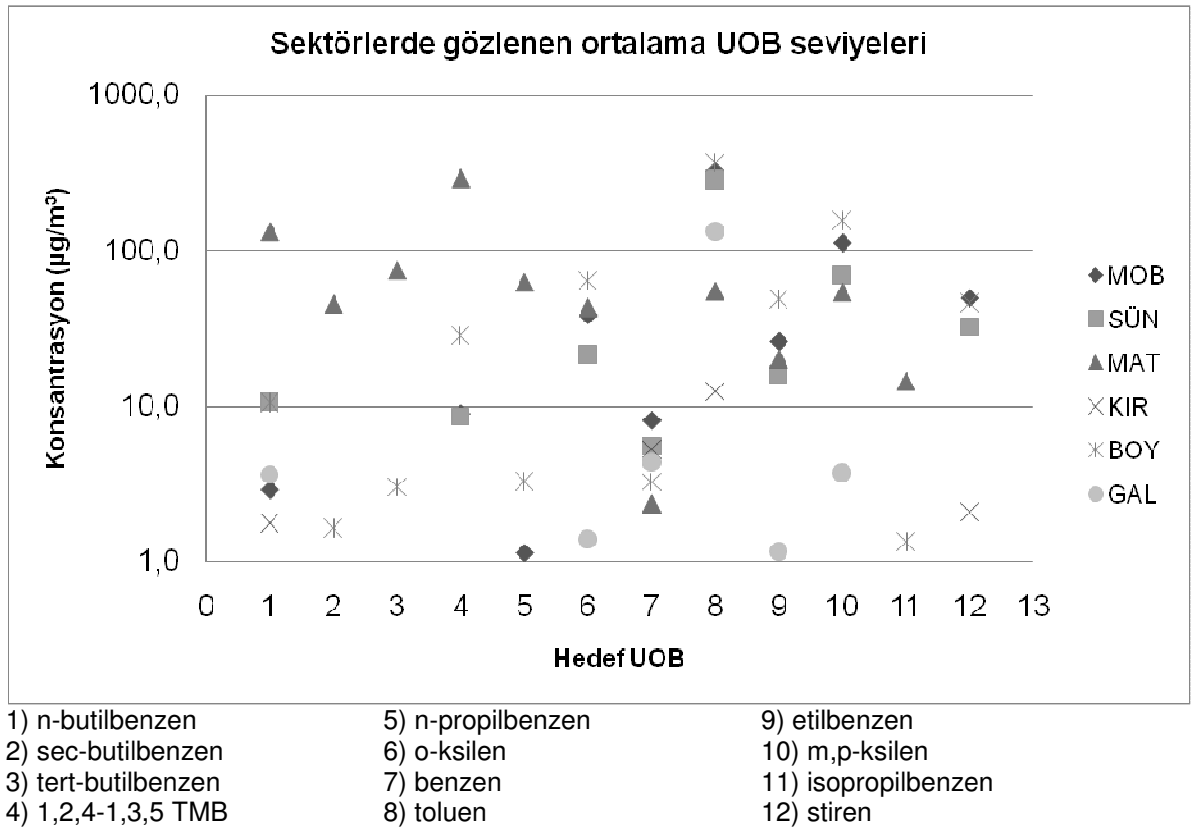
p<0.05⇒ İki veri seti arasında kuvvetli ilişki var

GAL/B-1 örneği, zemin katta bulunan atölye kısmından alınmıştır. GAL/B-2 ve GAL/B-3 örneklerinin alındığı ortamlar ise asma katta yer alan odalardır. Bu odalar yan yana bulunmaktadır ve dış ortamla doğrudan ilişkileri yoktur. Her iki odanın da camları atölye kısmına bakmaktadır. Örnekleme esnasında, boş odanın camları açık iken, ofis olarak kullanılan odanın camları kapalıdır. Ofis odası sık kullanılmamaktadır ve oda içerisinde sadece masa bulunmaktadır. Bu yüzden boş

oda ile aynı özellikte olduklarını söyleyebiliriz. Binanın ön kısmı demir kapılar ile kapatılmıştır. Örnekleme esnasında havalandırma miktarı yeterli olmasına rağmen, iç ortam ile dış ortam arasında istatistiksel ilişki gözlenmemiştir.

4.3.9. İç ortamda tespit edilen UOB konsantrasyonlarının örnekleme noktaları arasında karşılaştırması

Mobilya atölyesi, sünger deposu, matbaa, fotokopi merkezi, hırdavat dükkanı ve metal kaplama sanayi tesislerinde gerçekleştirilen örnekleme çalışmaları sonucunda, örnekleme yapılan sektörlerde elde edilen iç ortam UOB sonuçları, karşılaştırılmıştır. Şekil 4.15’de sektörlerle göre değişimi görülen UOB türlerinin konsantrasyon değerleri logaritmik eksenle verilmiştir. Şekle göre, ilk beş UOB türünün en yüksek gözlemlendiği sektör matbaadır. Genel olarak toluen seviyeleri yüksek, benzen seviyeleri düşük gözlenmektedir. En fazla UOB türünün tespit edildiği sektörler hırdavat dükkanı ve matbaa işyerleridir.



Şekil 4.15. Sektörlerde tespit edilen ortalama UOB sonuçları

4.3.10. UOB türleri arasındaki ilişki

Tüm sektörlerde gözlenen UOB türleri arasındaki ilişki Spearman rank korelasyonu yapılarak incelenmiştir. Çizelge 4.36'da verilen korelasyon tablosunda, -1 ile 1 değerleri aralığında, değişkenler arasındaki lineer ilişkinin gücünü belirten korelasyon katsayıları yer almaktadır. p değerinin 0.05'den küçük olduğu durumlarda veri çiftleri arasında önemli ilişki vardır. Buna göre, 1,2,4-1,3,5 TMB ile n-propilbenzen; n-butilbenzen ile 1,2,4-1,3,5 TMB; toluen ile 1,2,4-1,3,5 TMB; o-ksilen ile etilbenzen; o-ksilen ile m,p-ksilen; etilbenzen ile m,p-ksilen bileşikleri arasında önemli ilişki tespit edilmiştir. Stiren, o-ksilen ve etilbenzen bileşikleri ile TUOB İ/D arasında iyi ilişkinin bulunması, Stiren, o-ksilen ve etilbenzen seviyelerine iç ortamın etkisinin önemli olduğunu göstermektedir. M,p-ksilen ve o-ksilen bileşiklerinin TUOB ile önemli ilişkisi olduğu bulunmuştur. Bu iki bileşik, UOB türleri arasında en sık gözlenen bileşiklerdir.

Çizelge 4.36. İç ortamlarda tespit edilen UOB türleri arasındaki ilişkiler

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1										
2	0,98*	1									
3	0,98*	0,99*	1								
4	0,00	0,02	-0,01	1							
5	-0,17	-0,18	-0,09	0,60*	1						
6	-0,37	0,83*	-0,56*	0,39	0,23	1					
7	-0,11	-0,04	-0,08	0,98*	0,67*	0,51*	1				
8	-0,10	-0,24	-0,24	0,93*	-0,09	0,69*	0,96*	1			
9	0,11	0,76*	0,75*	0,79*	0,32	0,42	0,72*	0,74*	1		
10	0,40*	0,40	0,37	0,73*	0,27	0,60*	0,63*	0,81*	0,75*	1	
11	0,04	0,10	0,06	0,92*	0,64*	-0,43*	0,95*	0,47*	0,80*	0,53*	1
1: n-butilbenzen 4: o-ksilen 6: toluen 8: m,p-ksilen 10: TUOB * $p < 0.05$ 2: 1,2,4-1,3,5 TMB 5: benzen 7: etilbenzen 9: stiren 11: TUOB İ/D 3: n-propilbenzen											

4.4. İmalathanelerde Ölçülen UOB Seviyelerinin Başka Çalışmalar İle Karşılaştırılması

Çalışma sonucunda iş yerlerinde tespit edilen ortalama konsantrasyon değerleri Çizelge 3.37’de verilmiştir.

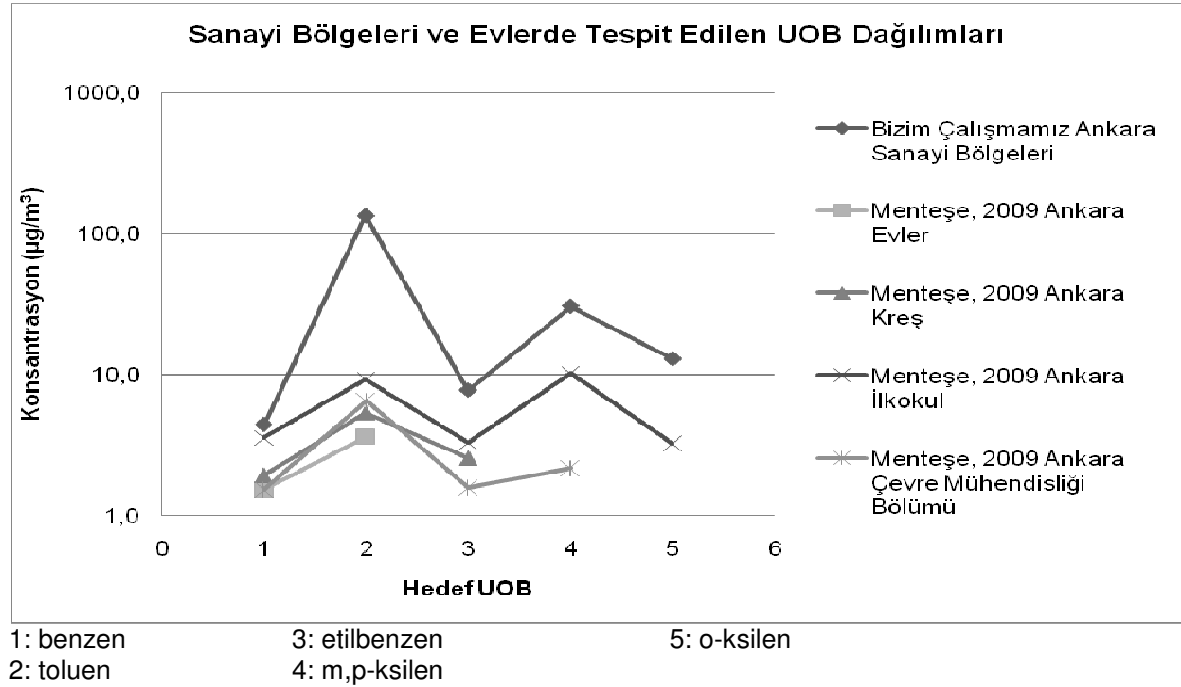
Çizelge 4.37. İşyerlerinde tespit edilen ortalama UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Hedef Bileşikler	MOB	SÜN	MAT	KIR	BOY	GAL
1] naftalin	-	8,7	-	-		
2) n-butilbenzen	2,9	10,6	77,7	1,8	10,5	3,6
3] sec-butilbenzen	2,1	3,1	36,4	-	1,6	1,0
4] tert-butilbenzen	0,7	1,5	65,2	-	3,0	
5] 1,2,4+1,3,5-TMB	9,0	8,6	284,1	-	28,4	6,8
6] n-propilbenzen	1,1	0,9	60,9	0,9	3,3	0,7
7] o-ksilen	38,7	21,4	45,7	1,4	64,4	1,4
8] benzen	8,1	5,5	2,2	5,3	3,3	4,4
9] toluen	323,0	285,1	103,8	12,4	368,1	133,2
10] etilbenzen	26,2	15,9	21,8	0,4	48,9	1,2
11] m,p-ksilen	112,9	69,6	58,9	3,1	156,6	3,8
12] isopropilbenzen	-	-	14,9	-	1,4	
13] stiren	49,7	32,5	0,0	2,1	46,3	4,3

Menteşe (2009)’nin Ankara İli’nde bulunan farklı iç ortamlarda yaz ve kış mevsimlerinde yaptığı çalışmada evlerden, kreşten, ilkokuldan ve Hacettepe Çevre Mühendisliği bölümü iç ortamlarından hava örnekleri toplanmıştır. Bu çalışma ile Mentese (2009)’nin yaz mevsimi örnekleme çalışması sonucunda elde edilen iç ortam UOB konsantrasyonları sonuçları Çizelge 4.38’de verilmiş olup, Şekil 4.16’da UOB dağılımları görülmektedir. Buna göre, Ankara İli sanayi bölgelerinde yapılarak bu çalışma sonucunda elde edilen UOB konsantrasyonlarının tümü, Mentese (2009)’nin ev, ilkokul, kreş, ve Çevre Mühendisliği Bölümü iç ortamlarında elde ettiği UOB konsantrasyonlarından yüksek tespit edilmiştir. Mentese (2009)’nin yaptığı çalışmada sanayi bölgelerinde elde edilen UOB konsantrasyonlarına en yakın sonuçların ilkokul iç ortamlarında gözlenmesi ise dikkat çekicidir.

Çizelge 4.38. Sanayi bölgeleri ve evlerde tespit edilen UOB konsantrasyonları

	Bizim Çalışmamız Ankara	Menteşe, 2009 Ankara	Menteşe, 2009 Ankara	Menteşe, 2009 Ankara	Menteşe, 2009 Ankara
Hedef UOB	Sanayi Bölgeleri	Evler	Kreş	İlkokul	Çevre Mühendisliği Bölümü
1 benzen	4,4	1,5	1,9	3,6	1,5
2 toluen	134,2	3,7	5,4	9,3	6,6
3 etilbenzen	7,8	-	2,6	3,3	1,6
4 m,p-ksilen	30,7	-	-	10,2	2,2
5 o-ksilen	13,0	-	-	3,3	-



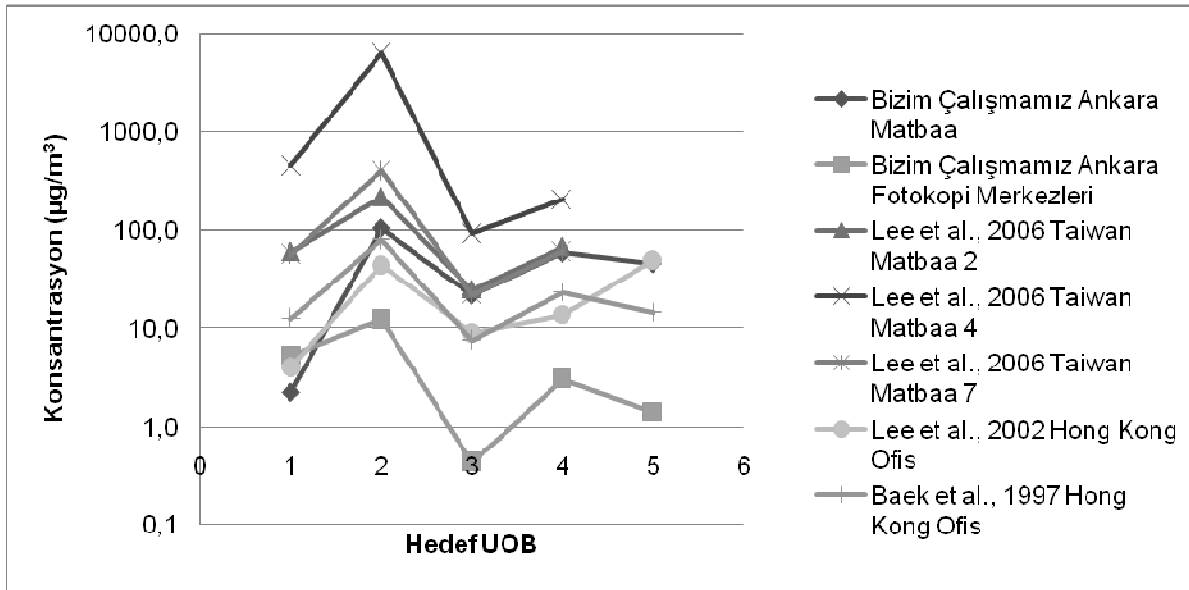
Şekil 4.16. Bu çalışma ve Mentеше (2009) tarafından iç ortamlarda yaz mevsiminde yapılan UOB örnekleme sonuçlarının karşılaştırılması

Matbaa ve fotokopi merkezlerinde tespit edilen UOB konsantrasyonları Çizelge 4.39'da verilmiştir. UOB konsantrasyonlarının dağılımları ise Şekil 4.17'de görülmektedir. Çizelge 4.39'da verilen, matbaalar, fotokopi merkezleri ve ofislerde yapılan tüm örnekleme çalışmaları yaz mevsiminde gerçekleştirilmiştir. Buna göre, Lee et al. (2006)'nin örnekleme yaptığı matbaa 2, matbaa 4 ve matbaa 7 işyerlerinin tümünde 7 adet makinenin bulunduğu, ciltleme ve temizleme işlemlerinden kaynaklanan UOB kaynaklarının da bulunduğu ve bu işyerlerinin

günlük ortalama 72 saat çalıştığı belirtilmiştir. En yüksek seviyelerde UOB konsantrasyonlarının gözlendiği matbaa 4’de örnekleme esnasında solvent kullanılarak makine temizleme işlemi gerçekleştirildiği belirtilmektedir. Bu çalışmada matbaa iş yerlerinde yaz mevsiminde gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarında, makineler çalışmıyorken iç ortamdan hava örnekleri toplanmıştır. Bu sebeple, literatürde yer alan diğer çalışmalara kıyasla, bu çalışmada matbaa iş yerlerinde tespit edilen UOB konsantrasyonları nispeten daha düşüktür. Bu çalışmada fotokopi merkezlerinde tespit edilen UOB düzeylerinin ofislere kıyasla daha düşük seviyelerde tespit edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.39. Matbaa ve fotokopi merkezlerinde tespit edilen UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Bizim Çalışmamız	Bizim Çalışmamız	Lee et al., 2006	Lee et al., 2006	Lee et al., 2006	Lee et al., 2002	Baek et al., 1997
	Ankara	Ankara	Taiwan	Taiwan	Taiwan	Hong Kong	Hong Kong
Hedef UOB	Matbaa	Fotokopi Merkezleri	Matbaa 2	Matbaa 4	Matbaa 7	Ofis	Ofis
1 benzen	2,2	5,3	60,6	461,0	57,3	4,0	12,6
2 toluen	103,8	12,4	218,0	6360,0	409,0	44,3	80,4
3 etilbenzen	21,8	0,4	24,9	92,7	22,1	9,0	7,6
4 m,p-ksilen	58,9	3,1	67,6	205,0	61,1	13,7	23,4
5 o-ksilen	45,7	1,4				49,9	14,5



1: benzen 3: etilbenzen 5: o-ksilen
 2: tolüen 4: m,p-ksilen

Şekil 4.17. Matbaa ve fotokopi merkezlerinde tespit edilen UOB dağılımları

4.4.1. Elde edilen UOB konsantrasyonlarının sınır değerler ile karşılaştırılması

Uçucu organik bileşikler (UOB); alifatik veya aromatik yapıdaki, kaynama sıcaklığı 50-260 °C arasında değişen hidrokarbonlardır (EU, 2004) ve düşük kaynama noktaları nedeniyle, genellikle iç ortam havasında buhar halinde bulunurlar. Monoaromatik hidrokarbonlardan olan benzen, tolüen, etilbenzen, ksilen (BTEX), trimetilbenzen ve stiren önemli kirleticilerden olmakla beraber; benzen, tolüen, ksilen ve trimetilbenzenin kanserojen etkilerinin yanı sıra merkezi sinir sistemine de olumsuz etkileri bilinmektedir (Li vd., 2009). Uluslar Arası Kanser Araştırma Ajansı'na (IARC) göre; benzen insanlarda kanser yapıcı olarak tanımlanmış ve Grup 1'e dahil edilmiş, stiren, etilbenzen ve naftalin gibi uçucu organik bileşikler ise insanlarda kanser yapıcı etkisi mümkün olarak tanımlanmış ve Grup 2B'ye dahil edilmiştir.

Avustralya'daki uygulamada, %50'den fazla benzen içeriği olan maddelerin kullanımı yasaklanmıştır ve NOHSC tarafından işyerlerinde 8 saatlik ortalama maruziyet limiti 5 ppm (16 mg/m³) olarak sınırlandırılmıştır (<http://www.environment.gov.au/atmosphere/airquality/publications/sok/benzene.ht>

[ml](#)). Yine NOHSC tarafından toluen için işyerlerinde 8 saatlik ortalama maruziyet limiti 100 ppm (377 mg/m³) olarak belirtilmiştir (Environment Australia, 2001).

İç ortam havasında organik maddeler için belirlenen sınır değerler Çizelge 4.40'da verilmektedir. OSHA (Office of Safety and Health Administration)'nın yayınladığı izin verilebilir maruziyet seviyeleri (PELs), bir kimyasal maddenin sağlık problemlerine yol açmadan havada bulunabilecek maksimum değerini belirtir. OEHHA (Office of Environmental Health and Hazard Assessment) tarafından yayınlanan referans seviyeleri (CRELs) havada bulunabilecek maksimum konsantrasyonlardır. Bunun yanı sıra Japonya, Hong Kong ve Almanya'da iç ortam hava kalitesi ile ilgili yönergeler yayınlanmıştır.

PEL'ler, Hong Kong ve Almanya sınır değerleri genellikle ortalama 8 saat maruziyet için dikkate alınması gereken kısa süreli maruziyet değerleridir (Charles et al., 2005)

Çizelge 4.40. Organik madde sınır değerleri (Charles et al., 2005)

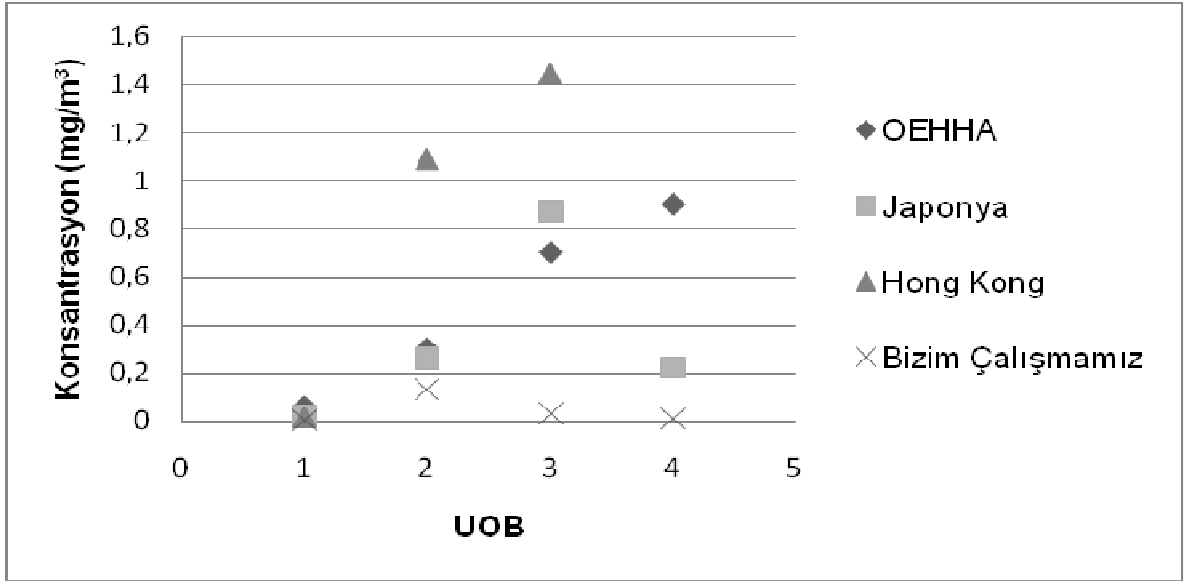
Organik Madde	OSHA (mg/m ³)	OEHHA (mg/m ³)	Japan (mg/m ³)	Hong Kong (mg/m ³)	Almanya (mg/m ³)	Bizim Çalışmamız (mg/m ³)
1 Benzen	32	0,06	0,0161	0,0161	-	0,004
2 Toluene	754	0,3	0,26	1,092	3/0,3	0,13
3 Ksilen ¹	435	0,7	0,87	1,447	-	0,03*
4 Stiren ²	426	0,9	0,22	-	0,3/0,03	0,01
5 TUOB	-	-	0,4	0,6	0,2-0,3	0,25

¹ Ksilen, m,p,o-ksilenler olarak alınmıştır

² Stiren monomer olarak belirtilmiştir

* m,p ksilen değeri alınmıştır

Şekil 4.18'de bizim çalışmamızdan elde edilen benzen, toluen, ksilen ve stiren değerleri ile bu bileşikler için kullanılan sınır değerler karşılaştırılmıştır. Buna göre, Ankara İli sanayi yerleşkelerinde elde edilen benzen, toluen, ksilen ve stiren konsantrasyonları, diğer ülkelerde uygulanan sınır değerlerden daha düşük tespit edilmiştir.



1: benzen 3: ksilen
2: toluen 4: stiren

Şekil 4.18. UOB emisyon sınır değerleri

5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Genel Sonuçlar

Ankara İlinde bulunan sanayi yerleşim yerleri ve şehir merkezlerinde yapılan bu çalışmada, seçilen işyerlerinin iç ve dış ortamlarından toplanan hava örneklerindeki hedef UOB türleri ve miktarları tespit edilmiştir. Ankara’da seçilen mobilya atölyeleri, sünger depoları, matbaalar, hırdavat dükkânları, fotokopi merkezleri ve metal kaplama sanayi tesisleri gibi işyerlerinin iç ve dış ortamlarında gerçekleştirilen örnekleme sonuçlarında elde edilen sonuçlar aşağıdaki bölümlerde yer almaktadır.

5.1.1. Mobilya atölyelerinde elde edilen sonuçlar

İki farklı mobilya atölyesi iç ortamından, beş farklı noktadan beş adet örnek alınmıştır. Tüm mobilya örnekleme noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin tolüen olduğu görülmüştür. MOB/A ve MOB/B olmak üzere, örnek alınan iki farklı mobilya atölyesinden MOB/A işyerinde tespit edilen ortalama TUOB konsantrasyonu, MOB/B işyerine göre daha yüksektir. Her iki iş yerinde de ortak gözlenen UOB türleri incelendiğinde, tolüen, etilbenzen, ksilenler, ve stiren bileşiklerinin MOB/A işyerinde daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu gözlenmiştir. Bu bileşiklerden, iki farklı işyerinde tespit edilen konsantrasyonları arasındaki farkın en yüksek gözleendiği bileşik m,p-ksilen olmuştur.

MOB/A ve MOB/B işyerlerinin özellikleri incelendiğinde, binaların trafiğe yakınlığı, yaşları, alanları, çalışan kişi sayıları arasında önemli bir fark görülmemektedir. Aynı zamanda, her iki iş yeri iç ortamlarında günde ortalama 20 sigara içildiği belirtilmiştir. İşyerlerinin havalandırma sistemi doğal havalandırma olup, örnekleme esnasında, pencereler kapalı tutulmuş, sadece kapı açık bırakılmıştır. İki işyeri arasında görülen en önemli fark, MOB/A işyeri duvar kaplama türü sıva-serpme iken, MOB/B işyeri duvarları kireç kaplanmış olmasıdır.

İşyerlerinde yapılan işlemler incelendiğinde, MOB/B atölyesinden farklı olarak, MOB/A atölyesinde mağaza olarak kullanılan bölümde mobilya montajının ve cilalama-boyama işleminin yapıldığı söylenebilir. Bu sebeple, MOB/A işyerinde

yapılan cilalama-boyama işleminden kaynaklanan emisyonlar, iç ortamda tespit edilen toluen, etilbenzen, stiren ve özellikle m,p-ksilen konsantrasyonlarının daha yüksek tespit edilmesine sebep olmuştur.

Yapılan çalışmada, mobilya atölyelerinden alınan iç ortam örnekleri sonuçları ile aynı sektörün dış ortamında yapılan örnekleme sonucu incelenmiş ve birbirleri ile ilişkisi gözlenmiştir. Buna göre, genel olarak mobilya atölyelerinde elde edilen İ/D oranlarının 1'den büyük olduğu görülmüştür. İ/D oranı yüksek tespit edilen bileşiklerin, iç ortamda önemli bir emisyon kaynağının bulunduğunu söylemek mümkündür. Buna göre, MOB/A işyerinde tespit edilen İ/D oranları daha yüksek seviyelerde gözlenmiştir. MOB/A işyerinde, benzen bileşiğinin İ/D oranının 16,21 olması, MOB/A işyerinde önemli bir benzen emisyonu kaynağı olduğunu işaret etmektedir.

5.1.2. Sünger depolarında elde edilen sonuçlar

İki farklı sünger deposu iç ortamından, beş farklı noktadan toplam 5 adet örnek alınmıştır. Tüm sünger deposu örnekleme noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin toluen olduğu görülmektedir. Örnekleme yapılan işyerlerinden SÜN/B işyerine kıyasla, SÜN/A işyerinde tespit edilen TUOB konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gözlenmiş, fakat iki işyeri iç ortamında tespit edilen TUOB konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. Her iki iş yerinde de ortak gözlenen UOB türleri arasında, toluen bileşiği konsantrasyonları arasında fark görülmüştür.

SÜN/A ve SÜN/B işyerlerinin özellikleri incelendiğinde, her iki işyeri havalandırma sisteminin doğal havalandırma olduğu görülmektedir. Sadece SÜN/B işyeri ofis kısmında klima kullanılmaktadır. Aynı zamanda her iki işyerinde de çalışan kişi sayıları arasında fark yoktur. İşyerleri iç ortamlarında sigara kullanılmamaktadır. İki bina da yol kenarında bulunduğundan trafiğe çok yakın olarak değerlendirilebilir.

SÜN/A ve SÜN/B işyerlerinde ofis ve depo bölümleri bulunmaktadır. Depo bölümünde satışa sunulacak olan sünger yığınları stoklanmıştır. Her iki iş

yerindeki depolama koşulları benzerlik gösterirken, SÜN/B işyeri depolama alanı SÜN/A işyerine kıyasla daha geniştir.

Yapılan çalışmada, sünger depolarından alınan iç ortam örnekleri sonuçları ile aynı sektörün dış ortamında yapılan örnekleme sonucu incelenmiş ve birbirleri ile ilişkisi gözlenmiştir. Buna göre, genel olarak sünger depolarında elde edilen İ/D oranlarının 1'den büyük olduğu görülmüştür. Benzen için İ/D oranı sadece SÜN/A işyeri için hesaplanmış ve 6,27 olarak bulunmuştur. Benzen bileşiğinin en yüksek tespit edildiği zemin katta bulunan ve herhangi bir havalandırma sistemi olmayan SÜN/A depo bölümünde önemli bir emisyon kaynağı olduğu düşünülmektedir. SÜN/B işyeri iç ortamında ise n-butilbenzen için hesaplanan İ/D oranı 7.18 iken SÜN/A işyerinde hesaplanan oranın 0,67 olması, SÜN/B işyeri iç ortamında n-butilbenzen emisyon kaynağı olduğunu göstermektedir. Genel olarak her iki iç ortamda elde edilen İ/D oranları incelendiğinde, toluen ve etilbenzen bileşiklerinin sünger depolarından kaynaklandığını söylemem mümkün olacaktır.

5.1.3. Matbaalarda elde edilen sonuçlar

İki farklı matbaada, beş farklı örnekleme noktasından toplam beş adet iç ortam örneği alınmıştır. Tüm matbaa örnekleme noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin 1,2,4-1,3,5 TMB olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda, MAT/A işyerinde tespit edilen ortalama TUOB konsantrasyonu, MAT/B işyerinde tespit edilen ortalama TUOB konsantrasyonundan yüksek bulunmuştur. Her iki işyerinde ortak gözlenen UOB türleri arasında toluen ve n-butilbenzen bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları arasında fark görülmüştür. MAT/A işyerinde toluen, etilbenzen, ksilenler ve isopropilbenzen bileşikleri konsantrasyonları daha yüksek gözlenirken, MAT/B işyerinde n-butilbenzen, sec-butilbenzen, tert-butilbenzen, 1,2,4-1,3,5 TMB ve n-propilbenzen bileşikleri konsantrasyonları yüksektir.

MAT/A ve MAT/B işyerleri özellikleri incelendiğinde, iki bina arasında ayırt edici en önemli özelliklerden biri trafiğe yakınlık, diğeri ise bina yaşlarıdır. MAT/A işyerinde yapılan örnekleme esnasında, işyerinin bulunduğu sokak üzerinde yol yapım çalışmasının olmasından dolayı, binanın trafik emisyonlarından oldukça etkilendiğini söyleyebiliriz. Aynı zamanda MAT/A işyerinin bulunduğu binanın tarihi

Özellik taşıdığı ve bina yaşının 100 yıl olduğu belirtilmiştir. Her iki işyerinde de örnekleme esnasında makineler çalıştırılmamıştır. Binaların havalandırma sistemi doğal havalandırmadır. Makinelerin bulunduğu baskı yapılan bölüm olan imalathane kısımlarında aspiratör vasıtasıyla ortam havası bacadan dışarı atılmaktadır. Örnekleme boyunca makineler çalışır vaziyette olmadığından aspiratörler de çalıştırılmamıştır.

Her iki iş yerinde de aynı tip makineler kullanılmaktadır, ancak MAT/B işyeri imalathane alanı daha geniştir ve burada daha fazla makine bulunmaktadır. İşyerleri iç ortamlarında sigara içildiği belirtilmiştir.

Yapılan çalışmada, matbaalardan alınan iç ortam örnekleri sonuçları ile aynı sektörün dış ortamında yapılan örnekleme sonucu incelenmiş ve birbirleri ile ilişkisi gözlenmiştir. Buna göre, genel olarak matbaalarda elde edilen İ/D oranlarının 1'den büyük olduğu görülmüştür. MAT/A işyerinde elde edilen tüm bileşiklerin İ/D oranları 1'den küçüktür. Bu durumda MAT/A işyeri iç ortamında elde edilen UOB konsantrasyonlarının, dış ortam trafik emisyonları sonucunda oluşan UOB konsantrasyonlarından oldukça etkilendiğini söyleyebiliriz. MAT/B işyerinde tespit edilen tüm UOB konsantrasyonları için hesaplanan İ/D oranları 1'den büyüktür. MAT/B işyerinde iç ortamda önemli bir emisyon kaynağı olduğu düşünülen etilbenzen bileşiği için İ/D oranı 27,04 olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, etilbenzen ve ksilenlerin önemli emisyon kaynaklarından biri olarak matbaa sektöründen bahsedebiliriz.

5.1.4. Fotokopi merkezlerinden elde edilen sonuçlar

KIR/A, KIR/B ve KIR/C olmak üzere üç ayrı işyerinde, beş farklı örnekleme noktasından toplam beş adet iç ortam örneği alınmıştır. Tüm fotokopi merkezi örnekleme noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin toluen olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda ortalama TUOB seviyesi en yüksek olan işyeri KIR/A'dır. Benzen konsantrasyonu KIR/C-1 ortamında, KIR/A-1 ortamına göre yaklaşık 4 kat daha yüksek tespit edilmiştir. Fotokopi merkezlerinde en düşük konsantrasyonlu UOB seviyeleri gözlenmiştir.

KIR/A, KIR/B ve KIR/C işyerleri özellikleri incelendiğinde, binaların fiziksel özelliklerinin birbirlerine çok benzediği, hiçbir ortamda sigara içilmediği, ancak iç ortamlarda kullanılan makinelerin modellerinin, çalışma şekillerinin ve sayılarının farklı olduğu görülmüştür. KIR/A örnekleme noktasında kullanılan makinelerin hepsi dijital baskı makineleri olmakla beraber, diğer örnekleme noktalarında kuru prosesli fotokopi makineleri bulunmaktadır. KIR/B örnekleme noktasında 2 fotokopi makinesi, KIR/C örnekleme noktasında 1 fotokopi makinesi, KIR/A örnekleme noktasında ise 2 den fazla dijital baskı makinesi ve ayrıca bilgisayarlar bulunmaktadır. 1999 yılında Black ve Worthan tarafından yapılan çalışmada, fotokopi makinelerinden, lazer baskı makinelerinden ve bilgisayarlardan kaynaklanan ozon, partikül madde ve UOB kirlетici seviyeleri ölçülmüş; kirlетici maruziyetinin büyük ölçüde makine sayısı, kopyalama veya baskı süresi, ortam alanı ve havalandırma miktarı gibi işletme koşullarına bağlı olduğu belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada makinenin 1 saatlik çalışma süresi boyunca salınan TUOB seviyesi kuru prosesli fotokopi makinelerinde 42,2 (15,0-108) mg/sa, lazer baskı makinelerinde 38,6 (2,4-130) mg/sa bulunmuştur.

Yapılan çalışmada, fotokopi merkezlerinden alınan iç ortam örnekleri sonuçları ile aynı sektörün dış ortamında yapılan örnekleme sonucu incelenmiş ve birbirleri ile ilişkisi gözlenmiştir. Buna göre, fotokopi merkezlerinden sadece KIR/A-1 örnekleme noktasında toluen bileşiğı iç ve dış ortamda gözlemlenmiş ve İ/D oranı 3,43 (2,0) tespit edilmiştir. Yine KIR/A-1 örnekleme noktası iç ortamında T/B oranı 18,67 tespit edilmiştir. KIR/C-1 örnekleme noktasında T/B oranı 1,34 tespit edilmiştir. Buna göre, KIR/A işyerinde, KIR/C işyerine göre solvent buharlaşması daha fazladır diyebiliriz.

5.1.5. Hırdavat dükkanlarından elde edilen sonuçlar

BOY/A, BOY/B ve BOY/C olmak üzere üç farklı iş yerinden, dört ayrı günde toplam 7 adet iç ortam, 4 adet dış ortam örneğı alınmıştır. Tüm örnekleme noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşik toluendir. Hırdavat dükkanları arasında en yüksek toluen konsantrasyonuna sahip örnekleme noktasının BOY/C olması beklenmiştir ancak, TD-GC-MS sistemi ile örneklerin analizi sırasında oluşan bir arızadan dolayı toluen pikinin sistem tarafından kuantifikasyonu yapılamamıştır.

BOY/C dışında, en yüksek toluen konsantrasyonu BOY/B-4 örnekleme noktasında gözlenmiştir ($420,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Örnekleme yapıldığı işyerlerinden Siteler'de bulunan BOY/A ve BOY/B işyerlerinde birbirine yakın UOB konsantrasyonları gözlenmiş, Ostim'de bulunan BOY/C işyerinde ise oldukça yüksek konsantrasyonlar gözlenmiştir.

BOY/A, BOY/B ve BOY/C işyerlerinin fiziksel özellikleri incelendiğinde, BOY/C işyerini diğer işyerlerinden ayıran en belirgin özelliğinin işyeri alanı olduğu görülmüştür. BOY/A işyeri 50 m^2 'lik mağaza; BOY/B işyeri 69 m^2 'lik mağaza ve 6 m^2 'lik depo alanına sahipken, BOY/C işyeri 200 m^2 'lik mağaza ve 200 m^2 'lik depo alanına sahiptir. Aynı zamanda BOY/C işyerinin bodrum katta bulunan, penceresiz depo kısmının merdiven boşluğundan sağlanan doğal havalandırması dışında herhangi bir havalandırma sistemi mevcut değildir. Örnekleme esnasında BOY/B işyeri iç ortamında tiner kutusu açılarak, tiner karıştırılmıştır. BOY/C işyerinde ise iç ortamda boya hazırlamak amacıyla kimyasal malzeme ve solventler ağız açık bir kapta karıştırılmıştır. Örnekleme yapılan işyerleri iç ortamlarında sigara içilmemektedir.

Yapılan çalışmada, hırdavat dükkanlarından alınan iç ortam örnekleri sonuçları ile aynı sektörün dış ortamında yapılan örnekleme sonucu incelenmiş ve birbirleri ile ilişkisi gözlenmiştir. Hırdavat dükkanlarında, stiren dışında, UOB türlerinin ortalama İ/D oranları 1'den büyüktür. Hırdavat dükkanları iç ortamlarında önemli etilbenzen ve o-ksilen emisyon kaynaklarının varlığından bahsedebiliriz. Literatürde, etilbenzen ve ksilen bileşiklerinin hırdavat dükkanlarında en yüksek seviyelerde gözlemlendiği belirtilmiş, bunun sebebi olarak boya, vernik, solvent, cila, yapıştırıcı gibi ürünlerde bulunan etilbenzen ve ksilen bileşikleri için hırdavat dükkanlarının güçlü emisyon kaynakları olduğu belirtilmiştir (Loh et al., 2006). Havalandırma miktarının fazla olduğu örnekleme noktalarında stiren için tespit edilen İ/D oranı 1'den küçük tespit edilmiştir.

5.1.6. Metal Kaplama Sanayisinden elde edilen sonuçlar

GAL/A ve GAL/B örnekleme istasyonları olmak üzere iki farklı metal kaplama sanayi tesisinden, iki ayrı günde, toplam 5 adet iç ortam ve 2 adet dış ortam örneği

alınmıştır. Tüm örnekleme noktalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin toluen olduğu gözlenmiştir. Örnekleme noktalarında genel olarak BTEX bileşikler tespit edilmiştir. Toluen konsantrasyonunun en yüksek tespit edildiği örnekleme noktası GAL/A-2, ofis kısmıdır ($265,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). GAL/A ve GAL/B işyerlerinde BTEX bileşiklerinin tespit edilmesini, iç ortamda sigara içilmesi ile ilişkilendirebiliriz (Guo et al., 2003). GAL/A işyerinde günde ortalama 60 sigara içilirken, GAL/B işyerinde günde ortalama 10 sigara içilmektedir. GAL/A işyerinde tespit edilen TUOB $275,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken, GAL/B işyerinde TUOB konsantrasyonu $105,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. İç ortamda sigara içilmesi aktivitesi dışında, metal yüzeyi temizleme işlemi sırasında da kullanılan solventler UOB kaynağıdır (Engleman, 2000). Hoffman ve arkadaşları (2000), sigara dumanında tespit edilen etilbenzen/o-ksilen ve m,p-ksilen/o-ksilen oranlarının, otomobil egzozundan çıkan emisyonda tespit edilen oranlardan fazla olduğunu söylemişlerdir (Edwards et al., 2001).

GAL/A ve GAL/B işyerleri özellikleri incelendiğinde, aralarındaki en belirgin farklılıkların işyeri alanları ve iç ortamda içilen sigara miktarı olduğu gözlenmiştir. GAL/A işyeri atölye kısmı 350 m^2 'lik bir alanda kurulu iken, GAL/B işyerinin atölyesi 80 m^2 'lik alanda kuruludur. Her iki tesiste de sıcak daldırma metodu ile galvaniz kaplama faaliyeti yürütülmektedir. Galvaniz havuzunun ve kaplama işleminde kullanılacak kimyasal madde depolarının üzeri açıktır.

Yapılan çalışmada, metal kaplama sanayisinden alınan iç ortam örnekleri sonuçları ile aynı sektörün dış ortamında yapılan örnekleme sonucu incelenmiş ve birbirleri ile ilişkisi gözlenmiştir. Metal kaplama sanayisinde tespit edilen İ/D oranları genellikle 1'den büyük bulunmuştur. Metal kaplama sanayi iç ortamında önemli m,p-ksilen emisyon kaynağından bahsedebiliriz. İç ortamda tespit edilen ksilen emisyonlarının metal yüzeyinin temizlenmesi amacıyla kullanılan solventlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, sektöre ait iç ortamlarda tespit edilen n-propilbenzen bileşiğinin dış ortam kaynaklı olduğu görülmüştür.

5.2. Öneriler

Bu çalışmada mobilya atölyeleri, sünger depoları, matbaalar, fotokopi merkezleri, hırdavat dükkanları ve metal kaplama sanayi işyerlerinin iç ve dış ortamlarından toplanan hava örneklerindeki UOB türleri ve miktarları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, hedef UOB türlerinin kaynakları hakkında tahminler yapılmıştır.

Çalışmamızda örneklemeler sanayi yoğun yerlerde yapılmıştır. Bu sayede yıpratıcı işlerde çalışan kişilerin belirlenen işyerlerinde ne gibi kirlетici organik maddelere maruz kaldıkları belirlenmiştir. Aynı zamanda, dış ortamda tespit edilen UOB konsantrasyonlarına, iç ortamda tespit edilen UOB konsantrasyonlarının etkisi incelenmiştir.

Çalışmamızda örneklerin analizi sürecinde kullanılan TD-GC-MS sisteminin kalibrasyon çalışmalarının beklenenden uzun sürmesi, örnekleme periyoduna ayrılan sürenin kısalmasına sebep olmuştur. Bu sebeple belirlenen iç ve dış ortamlardan alınan örneklerin sınırlı sayıda olması (32 adet iç ortam ve 13 adet dış ortam), elde edilen sonuçların istatistiksel olarak yorumlanmasını zorlaştırmıştır.

Örnekleme çalışması yaz döneminde yapılmıştır. Genellikle ortam havalandırma miktarının kış dönemine göre daha fazla olduğu yaz döneminde, iç ortam ve dış ortam hava etkileşiminin çalışma sonuçlarımıza etkisini en aza indirgeyebilmek için, mümkün olduğunca havalandırması az olan ortamlar tercih edilmiştir.

Elde edilen sonuçların yorumlanması sürecinde, gerek ülkemiz mevzuatındaki boşluklardan dolayı, gerekse bu konu ile ilgili sanayi bölgelerinde yapılmış yeterli sayıda çalışma olmamasından dolayı zorluk yaşanmıştır.

İnsan sağlığı açısından orta ve uzun vadede ciddi tehlikeleri olan UOB'lerin, hava, su, toprak gibi alıcı ortamlarda seviyelerinin belirlenmesi çalışmalarının sanayi bölgelerinde yapılması sonucunda, elde edilen sonuçlar doğrultusunda emisyon kaynakları belirlenebilir ve ilgili sektörlerde gereken tedbirler alınabilir.

KAYNAKLAR

- Atasoy, E., 2001, Eskişehir’de Uçucu Organik Bileşiklerin (VOC) Emisyon Potansiyelinin Belirlenmesi, Yüksek Mühendislik Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, ...s.
- Badol, C., Locoge, N., Leonardis, T., Galloo, J.C., 2008, Using a source–receptor approach to characterise VOC behaviour in a French urban area influenced by industrial emissions Part I: Study area description, data set acquisition and qualitative data analysis of the data set, *Science Of The Total Environment*, 389, 441-452.
- Berkowicz, R., Hertel, O., Larsen, S.E., Sørensen, N.N., Nielsen, M., 1997. Modelling traffic pollution in streets. Ministry of Environment and Energy, National Environmental Research Institute. http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_spredningsmodeller/5_ospm/5_description/ModellingTrafficPollution_report.pdf
- Black, M.S., Worthan A.G., 1999. Emissions from office equipment, The 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate Edinburgh, Scotland.
- Brown, S.K., 1997, Indoor air quality, Australia: State of the Environment Technical Paper Series (Atmosphere), Department of the Environment, Sport and Territories, ISBN 0642252793, Canberra, Australia, 68 pp.
- Brown, S.K., 2002, Volatile organic pollutants in new and established buildings in Melbourne, Australia, *Indoor Air*, 12, 55-63.
- Bruce, N., Rehfuess, E., Metha, S., Hutton, G., Smith K., 2006, Indoor air pollution. Disease Control Priorities In Developing Countries, 2nd Edition. Jamison, D.T., Breman, J.G., Measham, A.R., et al. (eds.), World Bank, ISBN-10:0-8213-6179-1, Washington (DC), pp. 793-815 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11760/>
- Bruno, P., Caselli M., Gennaro, G., Scolletta, L., Trizio, L., Tutino, M., Assessment of the Impact Produced by the Traffic Source on VOC Level in the Urban Area of Canosa di Puglia (Italy), *Water Air Soil Pollut.*, 193, 37-50.
- Bruno, P., Caselli, M., Gennaro, G., Lacobellis, S., Tutino, M., 2008, Monitoring of volatile organic compounds in non-residential indoor environments, *Indoor Air*, 18, 250-256.
- Bulut, H., 2007. Konutlarda iç hava kalitesi ile ilgili ölçüm sonuçlarının analizi, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bildiriler Kitabı, 25-28 Ekim 2007, İzmir, Türkiye, s.415-427.
- Charles, K., Magee, R.J., Won, D., Lusztyk, E., 2005, Indoor Air Quality Guidelines and Standards. Final Report 5.1-CMEIAQ-II: Consortium for Material Emission and IAQ Modelling II, National Research Council Canada.

- Çınar, H., 2003, Eskişehir İçin Hava Kirliliği Envanterinin Ve CBS Destekli Hava Kirliliği Haritalarının Oluşturulması, Yüksek Mühendislik Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Derwent, R.G., Jenkin, M.E., Saundeeers, S.M., Pillings, M.J., 1998, Photochemical ozone creation potentials for organic compounds in northwest europe calculated with a master chemical mechanism, *Atmospheric Environment*, 32, 2429-2441.
- Edwards, R.D., Jurvelin, J., Saarela, K., Jantunen, M., 2001. VOC concentrations measured in personal samples and residential indoor, outdoor and workplace microenvironments in EXPOLIS-Helsinki, Finland, *Atmospheric Environment*, 35, 4531-4543.
- Edwards, R.D., Jurvelin, J., Koistinen, K.J., Saarela, K., Jantunen, M.J., 2001a, VOC source identification from personal and residential indoor, outdoor and workplace microenvironment samples in Expolis, Helsinki, *Atmospheric Environment*, 35 (28), 4739–4888.
- Elbir, T., Çetin, B., Çetin, E., Bayram, A., Odabaşı, M., 2007, Characterization of volatile organic compounds (VOCs) and their sources in the air of Izmir, Turkey, *Environ. Monit. Assess.*, 133, 149-160.
- Engleman V.S., 2000. Updates on choices of appropriate technology for control of VOC emissions, *Elsevier*, 98, 433-445.
- EU, 2004/42/EC of the European Parliament and Council on the Limitation of Emissions of Volatile Organic Compounds Due to the Use of Organic Solvents in Certain Paints and Varnishes and Vehicle Refinishing Products and Amending Directive 1999/13/EC 30.04.2004, L 143/87.
- Field R.A., Goldstone, M.E., Lester, J.N., Perry, R., 1992, The sources and behaviour of tropospheric anthropogenic volatile hydrocarbons, [Atmospheric Environment. Part A. General Topics](#), 26 (16), 2983-2996.
- Gee, I.L., Sollars, C.J., 1998, Ambient air levels of volatile organic compounds in Latin American and Asian cities, *Chemosphere*, 36, 2497-2506.
- Guo, H., Lee, S.C., Li, W.M., Cao, J.J., 2003. Source characterization of BTEX in indoor microenvironments in Hong Kong, *Atmospheric Environment*, 37, 73-82.
- Guo, H., Lee, S.C., Chan, L.Y., Li, W.M., 2004, Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments, *Environmental Research*, 94, 57-66.
- Hagerman, L.M., Aneja, V.P., Lonneman, W.A., 1997, Characterization of non-methane hydrocarbons in the rural Southeast United States. *Atmospheric Environment*, 31, 4017–4038.

- Herbarth, O., Matysik, S., 2010, Decreasing concentrations of volatile organic compounds (VOC) emitted following home renovations, *Indoor Air*, 20, 141-146.
- Ho, K.F., Lee, S.C., Guo, H., Tsai, W.Y., 2004, Seasonal and diurnal variations of volatile organic compounds (VOCs) in the atmosphere of Hong Kong, *Science of The Total Environment*, 322, 155-166.
- Hsieh, C.C. and Tsai, J.H., 2003, VOC concentration characteristics in Southern Taiwan, *Chemosphere*, 50, 545-556.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans, 2006.
- Isbell, M., Ricker, J., Gordian, M.E., Duffy, L.K., 1999, Use of biomarkers in an indoor air study: lack of correlation between aromatic VOCs with respective urinary biomarkers, *The Science of the Total Environment*, 241, 151-159.
- Jakobi, G., Fabian, P., 1997, Indoor/outdoor concentrations of ozone and peroxyacetyl nitrate (PAN), *International Journal of Biometeorology*, 40, 162-165.
- Kagi, N., Fujii, S., Horiba, Y., Namiki, N., Ohtani, Y., Emi, H., Tamura, H., Kim, Y.S., 2007, Indoor air quality for chemical and ultrafine particle contaminants from printers, *Building and Environment*, 42, 1949-1954.
- Kwon, K.D., Jo, W.K., Lim, H.J., Jeong, W.S., 2007, Characterization of emissions composition for selected household products available in Korea, *Journal of Hazardous Materials*, 148, 192-198.
- Lee, C.W., Dai, Y.T., Chien, C.H., Hsu, D.J., 2006, Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers, *Environmental Research*, 100, 139-149.
- Lee, S.C., Chang, M., Chun, K.Y., 1999, Indoor and outdoor air quality investigation at six residential buildings in Hong Kong, *Environment International*, 25, 489-496.
- Lee, S.C., Li, W.M., Chan, L.Y., 2001, Indoor air quality at restaurants with different styles of cooking in metropolitan Hong Kong, *The Science of the Total Environment*, 279 (1-3), 181-193.
- Li, S., Chen, S., Zhu, L., Chen, X., Yao, C., Shen, X., 2009, Concentrations and risk assessment of selected monoaromatic hydrocarbons in buses and bus stations of Hangzhou, China, *Science Of The Total Environment*, 407, 2004-2011.
- Loh, M.M., Housemann, E.A., Gray, G.M., Levy J.I., Spengler, J.D., Bennett, D.H., 2006. Measured concentrations of VOCs in several non-residential

microenvironments in the United States, Environ. Sci. Technol., 40, 6903-6911.

Menteşe S., Güllü G., 2009, Organik bileşiklerin farklı iç ortamlardaki seviyeleri, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bildiriler Kitabı, 6-9 Mayıs 2009, İzmir, Türkiye, s. 673-679.

Monod, A., Sive, B.C., Avino, P., Chen, T., Blake, D.R., Rowland, F.S., 2001, Monoaromatic compounds in ambient air of various cities: a focus on correlations between the xylenes and ethylbenzene, Atmospheric Environment, 35, 135-139.

Müezzinoğlu, A., 2000, Hava kirliliği ve kontrolünün esasları ,Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.

Na, K., Kim, Y.P., Moon, K.C., 2003, Diurnal characteristics of volatile organic compounds in the Seoul atmosphere, Atmospheric Environment, 37, 733-742.

Ohura, T., Amagai, T., Shen, X., Li, S., Zhang, P., Zhu, L., 2009, Comparative study on indoor air quality in Japan and China: Characteristics of residential indoor and outdoor VOCs, Atmospheric Environment, 43, 6352-6359.

Peden, D., Reed, C.E., 2010, Environmental and occupational allergies, J. Allergy Clin. Immunol., 125, 150-160.

Pilidis, G.A., Karakitsios, S.P., Kassomenos, P.A., 2005, BTX measurements in a medium-sized European city, Atmospheric Environment, 39, 6051-6065.

Scheepers, P.T.J., Konins, J., Demirel, G., Gaga, E.O., Anzion, R., Peer, P.G.M., Dogeroglu, T., Ornektekin, S., Doorn, W.V., 2010, Determination of exposure to benzene, toluene and xylenes in Turkish primary school children by analysis of breath and by environmental passive sampling, Science of the Total Environment, (unpublished)

Soysal, A., Demiral, Y., 2007, Kapalı ortam hava kirliliği, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6, 221-226.

Sönmez, A., Arslan A.R., Asal, Ö., Akdere, B., 2009, Ankara'da mobilya sektöründe faaliyet gösteren küçük ve orta büyüklükteki işletmelerde fiziksel çevre koşullarından ortam faktörlerinin değerlendirilmesi, Politeknik Dergisi, 12(2), 127-135.

U.S. EPA⁽¹⁾, 1995, Office of Compliance Sector Notebook Project, Printing and Publishing. September, 1995.
<http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/printpt2.pdf>

U.S. EPA⁽²⁾, 1995, Office of Compliance Sector Notebook Project, Lumber and Wood Products. September, 1995.

<http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/lmbrwdsn.pdf>

- U.S. EPA⁽³⁾, 1995, Office of Compliance Sector Notebook Project, Iron and Steel Industry. September, 1995. <http://www.cluin.org/download/toolkit/ironstl.pdf>
- Vardoulakis, S., Flesca N.G., Fisher, B.E.A., 2002, Assessment of traffic-related air pollution in two street canyons in Paris: implications for exposure studies, *Atmospheric Environment*, 36, 1025-1039.
- Weschler, C.J., 2000, Ozone in indoor environments: concentration and chemistry, *Indoor Air*, 10(4), 269-288.
- Weschler, C.J., 2004, Chemical reactions among indoor pollutants: what we've learned in the new millennium, *Indoor Air*, 14, 184-194.
- Weschler, C.J., Shields, H.C., 2000, The influence of ventilation on reactions among indoor pollutants: modeling and experimental observations, *Indoor Air*, 10(2), 92-100.
- Wolkoff, P. and Nielsen, G.D., 2001, Organic compounds in indoor air-their relevance for perceived indoor air quality?, *Atmospheric Environment*, 35, 4407-4417.
- Yuan, B., Shao, M., Lu, S., Wang, B., 2010, Source profiles of volatile organic compounds associated with solvent use in Beijing, China, *Atmospheric Environment*, 44, 1919-1926.

ÖZGEÇMİŞ

Gamze Dila BÜYÜKÇINAR

1984 doğumlu Büyükçınar, 2007 yılında Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında 2008 yılında başladığı yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. Yüksek lisans eğitiminde iç ortam hava kirliliği konusu üzerine çalışmalar yapmıştır. Halen Enofis Çevre Enerji ve İnşaat Ltd. Şti. firmasında çevre görevlisi/danışmanı olarak çalışmaktadır.