

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOCAELİ KENTİNDEKİ UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN
KONSANTRASYONLARININ VE DAĞILIMIN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Hande YILMAZ

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Beyhan PEKEY

KOCAELİ, 2009

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOCAELİ KENTİNDEKİ UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN
KONSANTRASYONLARININ VE DAĞILIMIN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çevre Müh. Hande YILMAZ

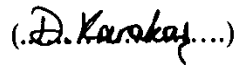
Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 22 Mayıs 2009
Tezin Savunulduğu Tarih: 10 Temmuz 2009

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Beyhan PEKEY



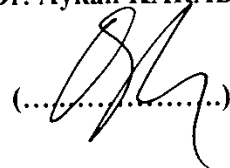
Üye

Doç. Dr. Duran KARAKAŞ



Üye

Doç. Dr. Aykan KARADEMİR



KOCAELİ, 2009

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Kentsel ve endüstriyel alanlarda, uçucu organik bileşikler hava kirleticilerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Kocaeli ilinde çok fazla sanayi, ulaşım, enerji üretim tesisleri olmasına rağmen bugüne kadar UOB ölçümleri yapılmamıştır. Bu çalışma ile Kocaeli kentinde 50 noktada UOB'in ölçümleri yapılmış ve kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Tez çalışmam boyunca öneri ve yardımlarını benden esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç Dr. Beyhan Pekey' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Hakan PEKEY 'e, örnekleme çalışmalarında büyük katkıları olan Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlileri Demet ARSLANBAŞ ve Zehra BOZKURT'a,

Örneklerin hazırlanması ve analizi için laboratuvarlarını kullandığımız ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Gürdal TUNCEL'e ve Araştırma Görevlisi Mihriban Civan'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hande YILMAZ
Kocaeli, 2009

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	v
SİMGELER DİZİNİ VE KISATLIMLAR.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı.....	2
BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Hava Kirliliği.....	4
2.2. Hava Kirliliği Kaynakları.....	5
2.2.1. Kirlenme özelliğine göre sınıflandırılması.....	6
2.2.2. Kaynağına göre sınıflandırılması.....	6
2.2.3. Kirleticilere göre sınıflandırılması.....	7
2.3. Hava Kirleticileri.....	9
2.4. UOB Tanımı ve Özellikleri.....	11
2.5. UOB Kaynakları.....	13
2.6. UOB Sağlık Etkileri.....	15
2.7. UOB Örneklemeye Teknikleri.....	17
2.7.1. Pasif örneklemeye yöntemi.....	20
2.8. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	23
2.8.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bileşenleri ve Fizibilite Çalışmaları.....	25
2.8.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulama Alanları.....	25
BÖLÜM 3. MATERYAL METOT.....	29
3.1. Çalışma Alanı.....	29
3.2. Örnek Alma Noktaları.....	30
3.3. Örneklemeye Süresi.....	35
3.4. Uçucu Organik Bileşiklerin Örneklemesi.....	35
3.5. Örneklerin Toplanması, Hazırlanması Ve Analizi.....	37
3.6. Kalite Kontrol Ve Kalite Güvencesi.....	38
3.7. Meteorolojik Veriler.....	42
BÖLÜM 4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....	44
4.1. Kocaeli İli UOB Konsantrasyonları.....	44
4.2. UOB Konsantrasyonların Bölgelere Göre Dağılımı.....	47
4.3. UOB Konsantrasyonların Literatür İle Kıyaslanması.....	49
4.4. Kocaeli İli UOB Kirlilik Haritalarının Oluşturulması.....	51

5.5. Alıcı Ortam Modelleme Tekniği Kullanılarak Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi	57
BÖLÜM 5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ... ..	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Başlıca birincil ve ikincil hava kirleticileri ve kaynakları.....	9
Şekil 2.2: CBS kullanıcısı ve elemanları.....	24
Şekil 3.1: Örnekleme noktaların haritada gösterimi.....	34
Şekil 3.2: Difüzyon örnekleme tüpünün şematik gösterimi.....	36
Şekil 3.3: Çalışmada kullanılan pasif örnekleme tüpünün şematik gösterimi.....	36
Şekil 3.4: Kalibrasyon standardına ait örnek kromatogram.....	40
Şekil 3.5: Pasif örnekleme tüpüne ait kromatogram.....	40
Şekil 4.1: Kaynak bölgelerine göre UOB konsantrasyonları.....	47
Şekil 4.2: Kaynak bölgelerine göre BTEX konsantrasyonları.....	48
Şekil 4.3: Benzenin bölgelere göre dağılımı.....	49
Şekil 4.4: Kocaeli bölgesinde gözlenen benzen dağılımı.....	52
Şekil 4.5: Kocaeli bölgesinde gözlenen toluen dağılımı.....	53
Şekil 4.6: Kocaeli bölgesinde gözlenen etilbenzen dağılımı.....	54
Şekil 4.7: Kocaeli bölgesinde gözlenen m-p-o ksilen dağılımı.....	54
Şekil 4.8: Kocaeli bölgesinde gözlenen n-propilbenzen dağılımı.....	55
Şekil 4.9: Kocaeli bölgesinde gözlenen 1,3,5 trimetilbenzen dağılımı.....	56
Şekil 4.10: Kocaeli bölgesinde gözlenen 3-etiltoluen dağılımı.....	56
Şekil 4.11: Kocaeli bölgesinde gözlenen 4-etiltoluen dağılımı.....	57

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1: ABD’ deki UOB kaynakları.....	13
Tablo 2.2: Almanya havasındaki BTEX’ lerin bölgesel dağılımı.....	14
Tablo 2.3: Bazı uçucu organik bileşik için toksite değerleri.....	16
Tablo 2.4: Aktif ve pasif örnekleyicilerin avantajları ve dezavantajları.....	19
Tablo 2.5: MapInfo professional yazılımı tipik uygulamaları.....	28
Tablo 3.1: Kocaeli ilinde pasif örnekleme ile ölçülen UOB’ lerin örnekleme noktaları.....	31
Tablo 3.2: 2006 yılına ait araç sayıları ile ilgili veriler.....	33
Tablo 3.3: Ölçülmesi hedeflenen UOB’ ler ve özellikleri.....	38
Tablo 3.4: UOB’ lere ait tayin sınırları(TS).....	41
Tablo 3.5: UOB’ lere ait tutma sabitleri (TS).....	42
Tablo 3.6: Meteorolojik veriler.....	43
Tablo 4.1: Kocaeli UOB konsantrasyonları ve verilerle ilgili istatistiksel değerler.....	45
Tablo 4.2: Benzen konsantrasyonunun yüksek çıktığı bölgeler.....	46
Tablo 4.3: İki şehirde bulunan UOB konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	50
Tablo 4.4: Hong Kong’ taki maksimum BTEX sonuçlarının karşılaştırılması.....	51
Tablo 4.5: UOB örneklerinin faktör analizi sonuçları.....	58

SİMGELER

SO _x	: Kükürt oksitler
NO _x	: Azot oksitler
CO	: Karbon monoksit
H ₂ S	: Hidrojen sülfür
H ₂ SO ₄	: Sülfürik asit
O ₃	: Ozon
mm	: Milimetre
µg	: Mikrogram
ppm	: Milyonda bir kısım
g	: Gram
Pa	: Paskal

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
UOB	: Uçucu Organik Bileşikler
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
UVS	: Uzun Vadeli Sınır
GK	: Gaz Kromatografisi
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
PCB	: Poliklorlubifenil
TCDD	: Tetrakloro Dibenzo Dioksin
HPA	: Tehlikeli Hava Kirleticileri
LPG	: Likit Petrol Gazı
PAMS	: Photochemical Assesment Monitoring System

KOCAELİ KENTİNDEKİ UCUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN KONSANTRASYONLARININ VE DAĞILIMIN BELİRLENMESİ

Hande YILMAZ

Anahtar Kelimeler: Uçucu Organik Bileşik, Kocaeli, Hava kirliliği

Özet: Bu çalışmada 01-08 Temmuz 2006 ve 25 Ocak 2007-02 Şubat 2007 tarihlerinde birer haftalık periyotlarda pasif örnekleme tekniği kullanılarak Kocaeli ilindeki 4 farklı bölgeden (trafik, endüstri, kırsal, kent merkezi) 50 noktada uçucu organik bileşik örnekleri toplanarak analiz edilmiştir.

Bu ölçümler sonucunda seçilen kirleticilerin konsantrasyonları belirlenmiş ve bu kirleticilerin kentteki dağılımını gösteren kirlilik haritaları oluşturulmuştur. BTEX konsantrasyonları $101,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile trafik bölgesinde en yüksek, $20,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile kırsal bölgede en düşük düzeylerde bulunmuştur. Kocaeli kentsel alanlarındaki en önemli UOB kaynaklarının araç egzostları ve endüstriyel faaliyetler olduğu tespit edilmiştir.

DETERMINATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS CONCENTRATION AND DISTRIBUTION MAPS IN KOCAELI

Hande YILMAZ

Key words: Volatile Organic Compounds, Air Pollution, Kocaeli

Abstract: In this study volatile organic compound samples were collected in four different regions of Kocaeli (traffic, industries, rural, urban) by using passive sampling technique in weekly periods between of July 01-08, 2006 and January-February 02-2007 and concentration of selected pollutants were determined and the distribution maps of same pollutants were prepared for İzmit province. The highest BTEX concentration was observed in the traffic region with an average of 101,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and the lowest value was observed at the rural area as 20,97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

The sources of VOCs in the Kocaeli urban area was identified as traffic and industrial activities.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Kocaeli, endüstrileşme ve buna paralel olarak nüfus yoğunluğu ve artışı bakımından Türkiye'nin önde gelen bölgelerinden biri olmuştur. Deniz ve karayolu ile ulaşım kolaylığı, elverişli bir iklime sahip olması bu gelişimi destekleyen unsurlardır. Yoğun sanayi ve artan nüfusa bağlı olarak oluşan çarpık kentleşme, hava kirliliği konusunda ciddi sorunlar yaratmaktadır.

Körfez çevresinde çok fazla endüstriyel tesis ve özellikle kuzey kıyısı boyunca Türkiye'nin %30'dan daha fazla ihtiyacını karşılayan petrol rafinerisi ile dolun tesisleri, petrokimya, kimya, boya, pestisit, plastik, gibi çok çeşitli endüstriyel tesis yanında tehlikeli atık yakma tesisi de yer almaktadır. Bu endüstri tesisleri, gerek enerji üretimi için kullandıkları yakıtların yanmasından gerekse proseslerinden atmosfere karışan kirleticiler dolayısıyla bölgedeki başlıca kirletici kaynaklardandır. Ayrıca Kocaeli kenti, İstanbul ve Anadolu kentlerini bağlayan ve çok sayıda endüstrinin faaliyet gösterdiği bir bölgede olduğu için araç trafiğinin oldukça yoğun olduğu iki büyük karayolu da [D-100 ve TEM] buradan geçmektedir. Bu bakımdan Kocaeli' de 50 noktada yapılan bu çalışma, UOB' in dağılımının belirlenmesi ve UOB kaynaklarının tespit edilmesi amacıyla önemlidir. Bu amaçla pasif örnekleme tekniği kullanılarak 50 noktada UOB' in ölçümü yapılmıştır. Pasif örnekleme tekniğinin avantajlarından biri birçok noktada ölçüm yapılabilmesidir. Bu sayede kirleticilerin bölgedeki değişimleri doğru olarak saptanabilmektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunan hava kirliliğinin, kentsel yaşam kalitesi üzerinde önemli bir faktör olduğu bilinmektedir. Hava kalitesi yönetim planları oluşturulurken, öncelikle mevcut kirlilik durumu hakkında geçerli ve güvenilir bilgilere sahip olmak gerekir. Bu amaçla kirletici konsantrasyonları seviyesi, bölgelere göre dağılım haritaları ve mevsimsel değişimleri bilinmelidir.

Sanayileştirme/şehirleştirme sürecinin hızlı olması, hava kirletici maddelerinin birçok tipinin havaya yayılmasında bir artışa neden olmaktadır. Kocaeli ilinde çok fazla sanayi kuruluşunun var olması UOB'lerin havaya yayılmasına neden olmaktadır. Uçucu organik bileşikler, insan sağlığında önemli risk oluşturduklarından kentsel atmosferde hava kirletici maddelerinin en önemli gruplarından biridir. Bu çalışmada pasif örnekleme tekniği kullanarak Kocaeli ilindeki farklı bölgelerde uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonlarının, dağılımlarının ve kaynaklarının belirlenmesi hedeflenmektedir.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu tez kapsamında pasif örnekleme metodu kullanılarak Kocaeli kenti genelinde belirlenen 50 noktada UOB ölçümleri yapılmıştır. Şekil 3.1.' de numune alma noktalarının yerleri Kocaeli haritası üzerinde gösterilmektedir. Bu ölçümler sonucunda seçilen kirleticilerin konsantrasyonları belirlenmiş ve bu kirleticilerin kentteki dağılımını gösteren kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Kirleticilerin konsantrasyonları ulusal ve uluslararası çevre havası sınır değerleri ile karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; konunun önemi ve amacı ortaya konmaktadır. İkinci bölümde çalışmaya esas teşkil eden hava kirliliği ve UOB'lerin genel özellikleri sunulmuştur. Ayrıca çalışma için seçilen kirleticilerin bölgedeki dağılımlarını belirlemek ve kirlilik haritalarını oluşturmak için kullanılan coğrafi bilgi sistemlerinin genel özellikleri de bu bölümde verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde; Çalışma alanının belirlenmesi, örnek alınan noktaların kirletici özelliklerine göre sınıflandırılması, örneklerin toplanması, hazırlanması, analiz yöntemleri ve dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılan yazılım programı ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde; Kocaeli'nde 50 noktada pasif örnekleme tekniği kullanılarak toplanan örneklerin analiz sonuçları, yaz konsantrasyonları, kirleticilerin

istatistiksel analizi, kirleticilerin bölgelere göre dağılımı ve MapInfo yazılımı kullanılarak oluşturulan kirlilik dağılım haritaları sunulmuştur. Beşinci ve son bölümde ise çalışmanın sonuçları ve öneriler anlatılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Hava Kirliliği

Dünyanın ve Türkiye'nin hava kalitesinin korunması konusunda çok ciddi sorunları vardır. Bu sorunlar yerel boyutta hava kalitesi krizleri, küresel ölçekte ise atmosfer dengelerinin bozulması ve iklimlerin değişmesi şeklinde gelişmektedir. Ayrıca ekosistem dengeleri de hava kirlenmesinden etkilenmekte, çoğu kez dönüşü olmayan doğal bozulmalar ve kayıplar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenlerle yerel olsun, küresel boyutta olsun; hava kirlenmesinin tanımı, seviyesinin tespiti, etkileri ve giderilme yöntemleri gibi konuların bilinmesi önemlidir [1].

Günümüzde, her geçen gün artan çevre sorunlarının başında gelen hava kirliliği, geleceğin dünyasını ciddi bir şekilde tehdit etmekte, ekolojik tehlikelerle karşı karşıya bırakmaktadır. Dünya nüfusunun hızla artmasına paralel olarak, artan enerji kullanımı, endüstrinin gelişimi ve şehirleşmeyle ortaya çıkan hava kirliliği insan sağlığı ve diğer canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır.

Hava, atmosferi meydana getiren gazların karışımı olarak tanımlanabilir. Hava, insan ve canlıların yaşaması için hayati öneme sahiptir. Yerküreyi saran gaz kütleyle atmosfer adı verilmektedir. Havada yaklaşık olarak; Azot %78, Oksijen %21, Karbondioksit ve asal gazlar %1 oranında bulunur [2].

Hava kirliliği, atmosferdeki bir veya daha fazla kirleticinin insan, bitki ve hayvan yaşamına; ticari veya kişisel eşyalara ve çevre kalitesine zarar veren miktar ve sürelerde bulunması olarak tarif edilebilir [1]. Hava kirliliği, atmosferde toz, gaz, duman, koku, su buharı şeklinde bulunabilecek olan kirleticilerin insan ve diğer canlılar ile eşyaya zarar verici miktarlara yükselmesi olarak da tanımlanabilir. Kirleticilerin hangi miktarlarının zararlı olduğu gerek uluslararası kuruluşlar, gerekse çeşitli ülkeler tarafından "Hava Kirliliği Standartları" ile tespit edilebilmektedir.

Hava kirliliği diğer bir tanımını ise; bina dışı açık havada bir veya daha fazla türden kirleticinin insan, bitki ve hayvan yaşamına; ticari veya kişisel eşyalara ve yaşamaktan zevk duyulabilecek bir evre kalitesine zarar veren miktarda belli bir srenin üstünde bulunmasıdır. Unutulmamalıdır ki hava kalitesi ne kadar düşük olursa hayat kalitesi de bununla doğru orantılı olarak düşmektedir. Toz, duman, sis, buhar, iri partiküller, gazlar (NO_x, SO_x, CO, UOB) ve (kötü) kokulu maddeler kirleticilere birer örnektir. Havada 0,04 ppm'den fazla ozon ve hidrokarbon buharları, karbon monoksit gazı kirleticisi sayılırlar. İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana gelen üretim ve tüketim aktiviteleri sırasında ortaya çıkan atıklar ile hava tabakası kirlenerek, yeryüzündeki canlı hayatı olumsuz yönde etkilenmektedir [2].

Hava kirliliği, zararlı etki verecek miktarda olan istenmeyen maddelerin hava içerisinde bulunmasıdır. İstenmeyen maddeler insan sağlığına, bitkilere ve hayvanlara, eşyalara veya global çevreye zarar verebilmekte, ayrıca çevrede estetik olmayan görüntülere ve istenmeyen kokulara da sebebiyet verebilmektedir. Hava kirlenmesinde kirleticilere maruz kalma süresi oldukça büyük önem taşımaktadır. Bazı kirleticilere düşük derişimlerde çok uzun sürede maruz kalınma ile olumsuz etki oluşurken, diğer bazı kirleticilerin düşük derişimleri uzun sürede insanlarda ölümcül etkilere, diğer canlı ve eşyalarda ise tahribata neden olmaktadır [4].

2.2. Hava Kirliliği Kaynakları

Orman yangınları, volkanik patlamalar, bataklıklarda anaerob bakterilerin kompleks organik maddeleri hidrolizi sırasında ortama verilen; karbondioksit, metan, vb. gibi gazların atmosfere yayılması gibi doğal olaylar nedeni ile atmosfer hiç bir zaman tertemiz olmamıştır.

Prehistorik devirde ateşin bulunması ile başlayan atmosferik kirlilik 20. yüzyılın ortalarından itibaren patlama noktasına varan endüstrileşme, kırsal alanlardan kentlere yönelik büyük insan g hava kirlenmesi olayının boyutlarını bytmştr. Hava kirliliğinin boyutları özellikle teknolojik gelişmeye paralel olarak fosil kaynaklı yakıtların kullanılması ile hızla artmıştır. Hava kirliliği temel olarak; volkanik

patlamalar, orman yangınları gibi doğal kaynaklardan ve insan aktivitelerine bağlı olarak oluşabilen yapay kaynaklardan meydana gelmektedir [4].

Hava kirliliğinin birçok sınıflaması vardır. Bu sınıflamalar, kirletici kaynağa, kirleticilerin özelliklerine, kirleticilerin kimyasal türlerine göre farklılıklar göstermektedir [5].

2.2.1. Kirlenme özelliğine göre sınıflandırılması

Hava kirliliğinin en bilinen sınıflamalarından biridir. Başlıca iki tip hava kirliliği bu başlıkta anılmaktadır; Los Angeles tipi ve Londra tipi hava kirliliği. Bu tarihsel özellikteki sınıflamada, Los Angeles tipi hava kirliliği, gazların ön planda olduğu ve çeşitli kimyasal reaksiyonlar ile sis ve dumanın bileşiminden oluşan “smog” yanında güneşin etkisiyle meydana gelen fotokimyasal reaksiyonlarla açığa çıkan çeşitli gazların birleşimi (hidrokarbonlar, azot oksitler ve ozon gibi) ile meydana gelmektedir. İkincil ürün olan gazların en önemli kaynağı da bu kirlilik tipinde ulaşım araçları kaynaklıdır. Coğrafi yerleşim de kirliliğin oluşumuna önemli katkı yapar. Londra tipi hava kirliliğinden ise “smog” sorumludur. Burada kaynak kömür ve petrol yanma ürünleridir. Kükürtdioksit en temel kirletici madde olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.2.2. Kaynağına göre sınıflandırılması

Bu sınıflamada oluşum kaynağına göre hava kirliliği, doğal yollarla ve insani (antropojenik) etkinliklerle meydana gelen iki ana alt gruba ayrılmaktadır. Doğal hava kirliliği kaynakları arasında yanardağlar, denizlerden yayılan kükürtlü gazlar vb. sıralanabilir. İnsani etkinliklerle oluşan hava kirliliği de; daha çok insan faaliyetleri sonucu meydana gelir. Bunlar;

- Ulaşım
- Katı yakıtlar
- Elektrik santralleri
- Endüstri ve ısınma için kullanılan yakıtlar

- Endüstriyel işlemler olarak sıralanabilir.

Kaynağa göre yapılabilecek bir diğer hava kirliliği sınıflaması da, endüstriyel kaynaklı ve ısınma kaynaklı hava kirliliğidir. Bu iki tip kirliliğe yol açan emisyonların içerikleri birbirinden farklıdır ve bu nedenle ayrı sınıflanmaktadır.

2.2.3. Kirleticilere göre sınıflandırılması

Hava kirleticileri, kimyasal içerik ve yapılarına göre, duman, sis, asılı partikül, aerosol, toz vb farklı biçimlerde havada bulunurlar. Bu biçimler gerek sağlık etkileri boyutunu gerekse de dış ortam hava kalitesi ölçüm ve değerlendirmelerini etkileyen en önemli faktörler arasında gelmektedir.

Hava kirleticileri çeşitli özellikleri göz önüne alınarak sınıflandırılır. Fiziksel durumuna göre gaz ve partikül madde şeklinde sınıflandırma yapılır. Diğer bir sınıflandırma ise kimyasal yapıya bağlı olarak yapılır. Buna göre kirleticiler; organik ve inorganik kirleticiler olarak ayrılırlar. Organik kirleticilerin de kendi içlerinde çok sayıda sınıfa ayrılması söz konusudur. Genel bir sıralama ile havayı kirleten maddeler;

- Partiküller (tozlar)
- Kükürtlü maddeler
- Azotlu maddeler
- Karbon monoksit
- Halojenler
- Organik maddeler
- Radyoaktif maddeler

şeklinde sınıflandırılabilirler [6].

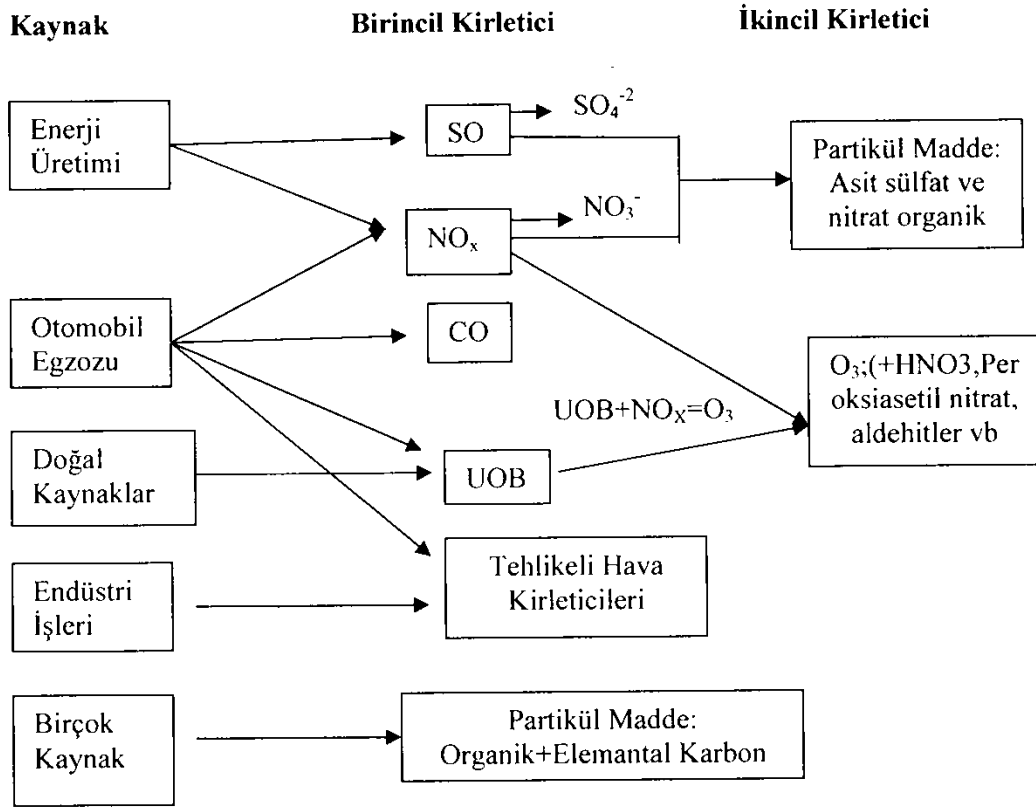
Yukarıda adları sayılan kirletici maddelerin bazıları doğrudan doğruya kirletici kaynaktan atıldıkları şekilde hava içinde bulunurlar. “Birincil” kirlenmeyi oluşturan bu kirleticiler “birincil kirleticiler” olarak adlandırılır. İkincil kirleticiler ise

atmosferde bulunan birincil kirleticiler ile atmosferik özellikler arasındaki fiziksel ve kimyasal girişimler sonucunda meydana gelmektedir.

Bu sınıflamada kirleticilerin çeşitli özellikleri ön planda tutulmaktadır. Kaynağına göre hava kirliliği kaynakları ile zaman zaman aynı grupta yer alan bu sınıflama içinde, emisyon biçimi ve kimyasal özelliklerine göre birincil ve ikincil kirleticiler, kimyasal bileşimine göre gazlar ve katı partiküller, oluşumuna göre yakma kaynaklı olanlar ve olmayanlar gruplamaları yer almaktadır.

Birincil (primer) kirleticiler, doğrudan kaynaktan çıkan kirleticilerdir ve bu grupta, kükürtdioksit (SO_2), hidrojen sülfür (H_2S), azot oksitler (NO_x), karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO_2), partiküller, hidrojenflorür ve uçucu organik bileşikler (UOB) yer almaktadır.

İkincil (sekonder) kirleticiler ise atmosferde çeşitli kimyasal reaksiyonlarla oluşan kirleticilerdir ki bu kimyasal reaksiyonlar arasında en önde geleni fotokimyasal reaksiyonlardır. Şekil 2.1' de başlıca birincil ve ikincil hava kirleticileri ve kaynakları verilmiştir.



Şekil 2.1: Başlıca birincil ve ikincil hava kirleticileri ve kaynakları [5]

2.3. Hava Kirleticileri

Hava kirleticileri; Toz Kirleticiler, Gaz Kirleticiler, Fotokimyasal Sis, Aerosoller Asit Yağışları, Dioksinler ve PCB, PAH ve UOB diye sınıflandırılır.

Toz Kirleticiler çeşitli kaynaklardan gelir. Konutlar, sanayi tesisleri, işyerleri, karayolları, maden ocakları sürekli olarak partikül halinde madde üretmektedir. Ayrıca meteorolojik olaylar partiküllerin atmosfere karışması ve yer değiştirmesinde önemli rol oynar.

Partikül halinde kirleticiler kaynaklarına ve tane büyüklüklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Kömür, kül ve çimento gibi maddelerin imal edilmesi,
- Mekanik atölyelerden doğrudan havaya karışan ince toz zerrecikler

- Kum yıkama ve püskürtme tesislerinden işletme esnasında atmosfere karışan ince zerreciklerden ibarettir.

Gaz Kirleticiler;

- Karbon monoksit
- Kükürt oksit
- Azot oksit
- Hidrokarbonlar
- Kurşun
- Fotokimyasal oksidanlar
- Ozon

Fotokimyasal Sis; benzin ve diğer yakıtların yanması sonucu meydana gelen azotdioksit gazları güneş ışığının etkisi ile ozon oluşumuna neden olur. Bu olaya fotokimyasal sis adı verilir. Bu sisin oluşumu büyük ölçüde ışığın varlığına ve yoğunluğuna bağlıdır. Gün içerisinde çeşitli saatlerde değişim gösterir. Bu yönüyle fotokimyasal sis olayı dinamik niteliktedir.

Aerosoller; İnce zerrecikler halinde çeşitli kaynaklardan havaya karışırlar. Genel olarak sıvıların sis olarak havaya yayılmasına aerosol adı verilir. Yanardağların püskürttüğü gazlar, denizden esen rüzgarlar, tuzlu deniz suyu damlacıkları, zarar veren hastalık ve zararlılara karşı uygulanan ilaçlar sis haline gelerek aerosol olarak ortama yayılırlar. Bu olaylar kentsel alan ve sanayi bölgelerinde daha yaygın olur

Asit Yağışları; Yeryüzüne inen yağmur ve kar tanecikleri havanın içinde asılı duran kirleticileri tutarak yere indirir. Yağış suları normalinden daha asidik özelliğe sahiptir. Yeryüzüne düşen asitleşmiş yağışlar zamanla yüzey sularını asidik duruma getirdiği gibi doğal bitki örtüsü, mera ve çayırlar, tarımsal üretim üzerinde tahrip edici etki yapar.

Dioksinler ve Furanlar; insan etkileri ile ortaya çıkar. Dioksin grubu kimyasallar; ancak bazı kimyasal maddelerin yanması sırasında ortaya çıkmaktadır. Dioksinler arasında en tanınmış ve zehirli olanı 2, 3, 7, 8 tetraklor-dibenzoparadioksindir

(TCDD). Poliklorlu bifeniller (PCB); 10 farklı formda ortaya çıkan organik bileşikleridir. PCB' ler çeşitli ticari markalar altında üretilmektedir. Transformatör ve kapasitör imalatında, soğutma sistemlerinde yanmaya karşı korumak amacıyla ahşap malzemenin işleme tabi tutulmasında kullanılmaktadır.

PAH (Poliaromatik hidrokarbon)' lar petrol ve kömürün yanma ürünleri olarak çok sayıda benzen halkasından oluşurlar. Düşük konsantrasyonlarda bile kanserojenik etki gösterebilirler. Uçucu organik bileşikler ise organik buhar ve gazların ifade edildiği bir gruptur. Metan dışı gazlar bu grupta toplanır. Benzen ve formaldehit uçucu organikler arasında yer alan yüksek konsantrasyonlarda bulunan kanserojen ve toksik etkili maddelerdir.

Petrokok; Ham petrolün işlenerek petrol türevlerine dönüştürülmesi işlemleri sırasında rafineride zorunlu olarak oluşan bir atıktır. Çeşitli proseslerden geçirildikten sonra tekrar yakıt olarak kullanılma olanağı vardır. Petrokok çıplak elle temas halinde tehlike yaratabilen kanserojen bir maddedir. Bileşiminde çok yüksek konsantrasyonlarda polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve benzo-a-pirene rastlanmaktadır.

2.4. UOB Tanımı ve Özellikleri

UOB' ler alifatik veya aromatik yapıda, kaynama sıcaklığı 250°C' ye kadar olan ve atmosferik fotokimyasal reaksiyon ile hava kirliliğine neden olan hidrokarbonlardır [7].

Yapısında en az bir karbon ve hidrojen atomu içeren kimyasal bileşikler organik bileşikler adını alırlar. Organik bileşikler uçucu, yarı uçucu ve uçucu olmayan organik bileşikler olarak 3'e ayrılır [8].

Uçucu organik bileşikler yapısında en azından bir karbon atomu bulundurduğu için organik bileşikler adını alırlar. UOB' lerin, organik bileşiklerin bir karbon atomu ve dört hidrojen atomu olan çok basit molekül yapısından, bizim kalıtsal kodumuzu tutan çok karmaşık DNA molekülüne kadar kocaman bir sahası vardır. UOB, daha

küçüktür, çoğunlukla daha düşük moleküler ağırlığı vardır. Uçucu denmesinin nedeni oda sıcaklığında kolayca buharlaşmasından kaynaklanmaktadır.

ABD’de en çok kullanılan 14 UOB ve HPA (tehlikeli hava kirleticileri); Benzen, Toluen, Etilen, m-p Ksilen, o-Ksilen, Formaldehit, Perkloro etilen, Metilen klorit, Metil kloroform, Kloro benzen, Etilen, Asetik asit, Trikloro etilendir [9].

Uçucu organik bileşiklerin kontrolünün sağlanması için, kirleticilerin karakteristikleri, önemli kaynakları, kompozisyonu ve çevredeki durumunun bilinmesi gerekmektedir [10].

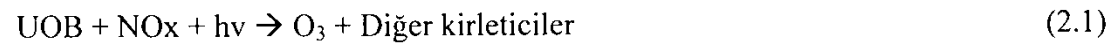
Uçucu organik bileşikler; geleneksel kimyasal kategorilerine göre gruplandırılabilirler.

- Halojen olmayan organik bileşikler; Alkanlar (metan, etan), Alkenler (etilen, propen), Aromatikler (benzen, toluen poliaromatik hidrokarbonlar (PAH)), Alkoller (metanol, etanol), Aldehitler (formaldehit)

- Halojenli organik bileşikler; Halojenli hidrokarbonlar (klorlu metanlar, klorlu etan), diğer halojenli organikler (vinil klorür, poliklorlu bifenil, dioksinler, CFC) [10].

UOB' ler alifatik veya aromatik yapıda olan ve atmosferik fotokimyasal reaksiyon ile hava kirliliğine neden olan hidrokarbonlardır. Fosil yakıtlarla çalışan motorların egzostları, solventler ve benzinin buharlaşması, kimyasal madde üretimi, petrol rafinasyonu, atık giderme sahaları ve atık su arıtma tesislerinden yapılan emisyonlar ve buharlaşma ile atmosfere yayılır [11].

Uçucu organik bileşikler aşağıdaki formüldeki gibi havada güneş ışığı ve azot oksitlerle reaksiyona girerek ozon ve diğer fotokimyasal oksidanları oluştururlar ve bunun sonucunda troposferdeki fotokimyasal smog oluşumuna geniş çapta katkıda bulunurlar [10].



Ozon, kontrol edilmesi zor bir kirletici maddedir çünkü havaya yayılmaz ama gerçekte bir fotokimyasal proses sonucu atmosferde oluşur. Smog insan sağlığını, tarım ürünlerini ve bina malzemelerini olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu sebeple, UOB 'leri kontrol etmek, ozon düzeylerini en aza indirmek için etkili bir metottur.

2.5. UOB Kaynakları

UOB' ler genellikle endüstriyel prosesler sonucunda atmosfere bırakılırlar. Düşük sıcaklıklarda oldukça kolay buharlaşabilen uçucu organik bileşiklerin emisyonlarından söz edilebilir.

UOB' ler ya da diğer toksik kirleticilerin tek başlarına tehlikeli emisyonlar olarak sınıflandırılmaları yeterli değildir. Bileşiklerin toksik etkileri ve bunların ortaya çıkma değerleri de eşit şekilde önemlidir ve düşünülmesi gereklidir. Örneğin, toluen çok fazla havaya verilen bir bileşik olmasına rağmen benzenden daha az toksik etkiye sahiptir. UOB' lerin kullanımı için çeşitli yasal düzenlemeler vardır. Yasal düzenlemelerdeki amaç; emisyon limitlerinin denetim altına alınması kalite ve konsantrasyon miktarlarının tanımlanmasıdır [9].

Standartlara göre UOB yayan 20'den fazla ticari kaynak kategorisi vardır. ABD'deki UOB üretimindeki tüm kaynaklar ve sabit kaynaklar aşağıdaki Tablo 2.1 'de gösterilmiştir [9].

Tablo 2.1: ABD' deki UOB kaynakları [10]

Kaynaklar	Tüm Kaynaklar (%)	Sabit Kaynaklar (%)
Mobil	32	-
Solvent Kullanımı	16	23
Yüzey Kaplama	14	20
Tehlikeli Atıklar	8	12
Petrol Rafineri	3	5
Kimyasallar	2	3
Endüstriyel Prosesler	2	2

Uçucu organik bileşik kaynakları hem doğal hem de antropojeniktir. Kentsel bölgedeki en önemli antropojenik kaynaklar; araç egzostları, solvent emisyonları, gaz buharlaşması, doğal gazdan kaynaklanan gaz sızıntıları, sıvılaştırılmış petrol gazıdır (LPG) [12].

Almanya Fedaral Çevre Ajansı tarafından belirlenen Almanya havasındaki ortalama BTEX' lerin bölgesel dağılımı Tablo 2.2' de verilmiştir [10]. Bu tabloya bakıldığında, sanayi ve araç egzostlarının BTEX' ler için en önemli kaynaklar olduğu görülmektedir.

Tablo 2.2: Almanya havasındaki BTEX' lerin bölgesel dağılımı [10]

Bölgeler	Benzen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Etilbenzen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	M-pksilen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O-ksilen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toplam BTEX($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Kırsal	0,5	1	0	0,5	0	2
Trafik	18	43	9	28	17	115
Endüstri	12	38	20	52	10	132
Kent Mrk.	8	26	6	18	5	63

Motorlu taşıtların egzost emisyonları, petrol ve türevlerinin taşınması, depolanması ve aktarılması, solventlerin ve benzinin buharlaşması, petrol rafinasyonu, atık giderme sahaları, atık su arıtma tesislerinden yayılan emisyonlar ve buharlaşma, çam ormanları, hayvan ve bitkilerden gelen emisyonlar, kimyasal madde üretimi gibi insan faaliyetleri esnasında oluşan buharlaşma kayıpları, ev kimyasalları, kuru temizleme sıvıları, sigara dumanı gibi birçok UOB kaynağı vardır.

Toksik organik bileşikler için önemli sabit kaynaklar; plastik ve kimya fabrikaları, atık yakma tesisleri, atık depolama alanları ve solvent kullanımınıdır. Araç egzostlarından kaynaklanan tehlikeli UOB' ler benzen, 1,3 butadien, formaldehit, etilen, tam yamamış ürünler (benzo(a)piren, PAH), etildibromür, etildiklorürdür [10].

Ağaçlar ve bitkiler (çürütme ve yakma dahil), en büyük UOB kaynağıdır. Çoğunlukla yapraklardan yayılır. Isoprene ve monoterpene, bitki yaşamı ile yayılan en genel UOB kaynağıdır.

2.6. UOB Sağlık Etkileri

Uçucu organik bileşiklerin toksisiteleri, reaksiyonları, parçalanabilirliği, havada bulunuşu birbirinden farklı olduğundan sağlık ve çevreye etkileri de farklıdır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından uçucu organik bileşiklerin insan sağlığı üzerinde ve doğada oluşturduğu risklerin değerlendirilmesi yapılmış ve çevre sağlığı ölçütleri dökümanlarında yayınlanmıştır. İnsanlar; uçucu organik bileşiklere solunum, deri teması ve içme suyu ile yemeklerden maruz kalmaktadır. Bazı aldehitler, PAH, benzen ve organik asitler gibi organik bileşikler insan sağlığına olumsuz etki yapmaktadır. Aynı zamanda diğer uçucu organik bileşikler örneğin etilen bitki örtüsüne zarar vermektedir. Çoğu organik bileşikler kanserojendir (Benzen, benzidin, benzo(a)piren, vinil klorür). Karbon tetra klorür, 1,3 butadien, epiklorhidrin ve PCB' ler potansiyel teratojendir. Bazı organoklorlu asitler (örn. tetra kloro etilen) merkezi sinir sistemine ve insanın yaşamsal fonksiyonlarına zarar vermektedir [10].

UOB' lerin birçoğunun etkisi konusunda bilgi olmamakla birlikte, hayvanlar üzerinde yapılan çalışmaların ortaya koyduğu sonuçlar vardır. Elbette bu etkiler maruz kalınan süre ve dozla yakından ilişkilidir. UOB' lerin kansere, çocuklarda ve yeni doğanlarda gelişme bozukluğuna, düşüğe ve doğurganlıkta düşüğe neden olduğuna ve pulmoner sisteme zarar verdiği, merkezi sinir sistemi, göz, solunum yolları (burun ve boğaz) tahrişi, baş ağrısı, koordinasyon kaybı, mide bulantısı, karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sistemi üzerinde olumsuz etkileri olduğuna bilinmektedir. Yüksek derişimlerde ise mukoza tahrişine ve genel narkotik etkiye sahiptir. Kloroflorokarbon (CFC) 'lar gibi kimi UOB 'ler de iklim değişikliğine neden olan sera gazları içinde yer almaktadır [11].

UOB' lerin hayvanlar üzerinde de insanlarınkine benzer zararları vardır. En bilinen ve belirgin etkileri ise sulu ekosistem üzerindedir. Havadaki UOB' lerin sularda ve yeryüzünde çökmesiyle oluşan birikim, yaban hayat üzerinde ve su ürünlerinde üreme azalmasına, erken ve gelişmemiş doğumlara ve gelişme bozukluklarına neden olmaktadır [11].

Evlerde kullanılan eşyadan ev ortamına yayılan UOB'lerin sağlığa zararlı etkileri dolayısıyla ele alınması gerekir. Boya, boya malzemesi, solventler, ahşap koruyucular, aerosol spreyler, temizleyici ve dezenfektanlar, böcek kovucular ve koku vericiler, depolanmış yakıtlar ve otomotiv ürünleri, hobi malzemeleri, kuru temizlenmiş giysiler evsel ortamda UOB'lerin emisyon kaynaklarını oluştururlar. Bunların insan sağlığı üzerindeki etkileri şunlardır: Göz, burun ve boğaz tahrişi, baş ağrısı, koordinasyon kaybı, mide bulantısı, karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sistemine zarar [11].

Uçucu organik bileşikler arasında taşıdıkları sağlık riskleri nedeniyle en fazla dikkat çekenler; benzen, toluen, etilbenzen, ksilen ve stirendir [13]. Benzen ve toluen kanserojenik olma özellikleri ile önem taşımaktadırlar. Tablo 2.3' te bu kimyasalların toksisite değerleri özetlenmektedir.

Tablo 2.3: Bazı uçucu organik bileşikler için toksisite değerleri [14, 15]

Kimyasal	Referans doz mg/kg/gün	Kanser faktörü (mg/kg/gün) ⁻¹	US EPA Kanser Sınıflandırılması
Benzen	$8,57 \times 10^{-3}$	$2,73 \times 10^{-2}$	A (Kanserojen)
Toluene	$1,14 \times 10^{-1}$	-	-
Etilbenzen	$2,86 \times 10^{-1}$	-	-
Ksilen	$2,86 \times 10^{-1}$	-	-
Stilen	$2,86 \times 10^{-1}$	-	-
Karbondetra klorür	7×10^{-4}	$1,3 \times 10^{-1}$	B2 (Kanserojen Olma Olasılığı Yüksek)
Kloform	1×10^{-2}	$6,1 \times 10^{-3}$	B2 (Kanserojen Olma Olasılığı Yüksek)
Vinil klorür	9×10^{-3}	0,6	C (Kanserojen Olma Olasılığı Var)
Metil klorür	6×10^{-2}	$7,5 \times 10^{-3}$	B2 (Kanserojen Olma Olasılığı Yüksek)
Etilen dibromür	-	85	B2 (Kanserojen Olma Olasılığı Yüksek)

Uçucu organik bileşiklere maruziyet akut ve kronik sağlık etkileri oluşturur. Düşük dozlardaki UOB'ler, astıma ve diğer bazı solunum yolu hastalıklarına sebep olur. İsveç'te yapılan bir araştırmada 20-45 yaşları arasındaki 88 astım hastasında UOB'lere maruziyet ile nefes darlığı şikayetlerinde artış gözlenmiştir [16]. UOB'ler yüksek konsantrasyonlarda, merkezi sinir sistemi üzerinde narkotik etki yaparlar

[17]. Maruziyet aynı zamanda gözlerde ve soluk borusunda tahrişe sebep olur. $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyondaki 22 UOB' ten oluşan karışıma maruziyetten sonra soluk borusu mukozasında bozulmalar görülmüştür [18].

Bazı UOB' ler ekstrem konsantrasyonlara ulaştıklarında sinir sistemine ait fonksiyonlarda bozulmalara neden olurlar [19]. Deneysel bir çalışma sonunda, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyonda 22 farklı uçucu organik bileşiğe maruz kalan kişilerde uyuşukluk, baş ağrısı ve yorgunluk şikayetlerine rastlanmıştır [20]. Toluen gibi bazı UOB' ler $188 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerinde uyuşukluğa, baş dönmesine ve zihinsel karışıklığa sebep olurlar. Bu şikayetler, kasılmalara, komaya kadar ilerleyebilir ve $35000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ü geçen değerlerde ölüm olayları görülür [21].

Deney hayvanları üzerinde yapılan araştırmalara göre, bazı uçucu organik karbon bileşikleri yüksek konsantrasyonlarda kanser riskini artırmaktadırlar. Benzen, vinil klorür, p-dikloro-benzen, kloroform, etilen dibromür, metil klorür ve karbon tetra klorürün tipik konsantrasyonları, 1×10^{-6} olasılığındaki kanser riskini en az 10 kat arttırmaktadır [8,22].

2.7. UOB Örneklemeye Yöntemleri

Son zamanlarda, atmosferik taşınım ve depolama modellerinin belirlenmesi için kırsal alanlarda ve hatta ormanlık alanlarda daha yaygın bir şekilde örneklemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Örneklemeye metotları pasif ve aktif olarak gruplanır [23].

Örneklemeye aşaması, analitik işlemler arasında en önemli adım olarak sayılabilir. Bu aşamada yapılan hatalar sonradan analiz esnasında düzeltilemez. Analit veya analitlerin yapısına ve konsantrasyon seviyelerine bağlı olarak değişen çok sayıda örneklemeye yöntemi vardır. En basit şekli ile örneklemeye, ilgili materyalin bir örneğinin (su, hava, v.b.) uygun bir kaba toplandıktan sonra yerinde veya laboratuvarda doğrudan analiz edilmesidir [24]. Bu anlamda; örneklemeye teknikleri iki ana kategoriye ayrılmaktadır:

(1) laboratuvarda analiz edilen örnek toplama cihazları (pasif örneklemeye),

(2) doğrudan okumalı cihazlar (aktif örnekleme) veya monitörler

Bu tekniklerin ikisi de; gaz, buhar ve partiküler madde (aerosol) gibi önemli kirletici tiplerine uygulanabilir [25].

Çoğu hava kalitesi çalışması, pahalı ve çoğunlukla uygulanabilirliği kentsel bölgelerde birkaç kırsal alanla sınırlandırılmış olmalarına rağmen sürekli enstrümental görüntüleme istasyonları ile yapılmaktadır. Kirleticilerin maruziyet değerlendirmesinin iyi bir şekilde yapılabilmesi için yaygın bir alanda örnekleme yapılmasına ihtiyaç duyulduğundan bu tarz çalışmalarda ucuz, uzaktan çalışılabilen ve hiçbir enerji gerektirmeyen pasif örnekleme cihazları kullanılabilir [23].

Pasif örnekleme cihazlarının basit, kolay taşınabilir ve ucuz olmaları, elektrik gücüne ihtiyaç duyulmaksızın örnekleme imkanı sağlamaları hava kirletici bileşenlerin izleme çalışmalarında kullanımını gün geçtikçe daha yaygın hale getirmektedir [26].

Pasif örnekleme sistemlerinin, düşük maliyeti ve kolay yer değiştirilebilirliği ulaşımı zor olan yerlerde örneğin ormanlık alanlarda maruziyet değerlendirmesi yapılırken bu sistemlerin kullanımını daha çekici hale getirir. Pasif örnekleme cihazları ayrıca hava kirleticilerine maruz kaldığı önceden bilinen bölgelerin tanımlanmasında da kullanılır. Enstrümental sistemlerin kurulması için ise alt yapı oluşturulması da gerekmektedir [23].

Hava kirliliği, ilgili hava kirleticilerinin birleşik potansiyel etkilerinin belirlenebilmesi için bu kirleticilerin birlikte ölçülmesini gerektirir. Bu noktada pasif örnekleme birçok kirleticinin maruziyetinin eş zamanlı ölçülmesini sağladığı için maliyet açısından çok etkili bir yol sağlar. Orman alanlarının veya daha geniş bir alanda ormanların ve kırsal alanların hava kirleticilerine maruziyetinin kapsamlı bir şekilde görüntülenmesi ve karakterizasyonu yalnızca nispeten pahalı olmayan pasif örnekleme cihazlarının kullanılması ile sağlanabilir. Pasif örnekleme cihazlarının çapraz korelasyon ve kalibrasyon amaçları için önceden yerleştirilmiş mevcut sürekli görüntüleme merkezlerinin yanına yerleştirilmeleri de gereklidir. Çok sayıda pasif

örnekleyicinin yerleştirilmesi kirlenici maruziyetlerinin küçük ölçekli değişikliklerinin belirlenmesini de sağlar. Ayrıca, hava kirliliğinin orman bitkileri üzerindeki etkilerinin mekanistik çalışmalarında değerli bir araç oluşturur [23].

Aktif örnekleme yöntemleri pahalı ve bazen örnekleme ekipmanlarından dolayı kullanışsız olabilir. Aktif örnekleyciler, pasif örnekleycilerin aksine, hava numunesinin bir pompa aracılığı ile kimyasal veya fiziksel bir ortamdan geçirilebilmesi için elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Örneklenen hava hacminin yüksek olması hassasiyeti artırır. Şöyle ki günlük ortalama ölçümler elde edilebilir. Geniş çapta kullanılan aktif örnekleyciler, SO₂ için asidimetrik yöntem, askıda partikül maddeler için OECD filtre lekeli yöntemi, toplam veya solunabilir partiküller için US EPA gravimetrik yüksek hacimli örnekleme yöntemidir. Gaz halindeki kirleniciler için aktif örnekleme teknikleri kullanılmaktadır. Ancak bunların çoğunun yerini otomatik analizörler almıştır. İmpregne edilmiş filtre paketleri ve denuder sistemleri, asit gazları veya aerosollerin analizinde kullanılabilir. Aktif örnekleycilerin bazıları, pasif örnekleycilerden daha karmaşık ve daha pahalı olmalarına rağmen; işletilmesi daha kolay olup elde edilen sonuçlar güvenilirdir [27].

Pasif örnekleme, genellikle aktif örnekleme kadar doğru sonuç vermektedir. Tablo 2.4’ de aktif ve pasif örnekleme kıyaslaması yapılmıştır [27].

Tablo 2.4: Aktif ve pasif örnekleycilerin avantajları ve dezavantajları [27]

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Maliyet
Pasif örnekleyciler	Çok düşük maliyetli. Çok basit. Tarama ve ilk başlangıç çalışmaları için kullanışlı.	Bazı kirleniciler için ispatlanmamıştır. Genel olarak sadece aylık ve haftalık ortalamaları sağlar.	2-4 \$ / Numune
Aktif örnekleyciler	Düşük maliyetli. İşletilmesi kolay. Güvenilir. İşletme /performans. Tarihsel veri seti.	Günlük ortalamaları sağlar. Laboratuvarda analizi gerektirir.	2-4 bin \$ / Birim

2.7.1. Pasif örnekleme yöntemi

Gaz halindeki kirleticiler için pasif örnekleyciler genellikle disk veya silindirik tüp şeklindedir. Ölçülecek olan kirletici, seçilen bir kimyasal ortamda absorpsiyon yöntemi ile toplanır. Uygun örnekleme süresi boyunca maruziyetten sonra, tipik olarak bir kaç günden bir aya kadar örnekleyci laboratuvara getirilir ve kirletici miktarı kantitatif olarak belirlenir. Pasif örneklemenin avantajı, kolaylığı ve başlangıçta bir örnekleyci için birkaç dolarlık bir harcama ile çalışmalara başlanabilmesidir. Sonuç olarak, çok sayıda ünite ile kirleticinin mekan içindeki dağılımı konusunda faydalı bilgileri sağlar. Ancak bu teknikle sadece entegre ortalama kirletici konsantrasyonları hakkında bilgi sağlanabilmektedir [27].

Çeşitli gazlar için kullanılan pasif örnekleyciler; gaz ve buhar halindeki kirletici numunelerini, atmosferdeki statik bir tabaka içinden difüzyon veya bir membran içinden permeasyon gibi fiziksel bir işlemle, atmosferden hız kontrollü olarak alabilen cihaz olarak tanımlanır. Ancak burada, havanın örnekleyci içinden aktif bir hareketle geçmesi gerekmez. Bu ölçüm sonuçları, meteorolojik koşullara kuvvetle bağlıdır. Modern anlamda difüzyon tipi pasif örnekleyciler, Palmes ve Gunninson tarafından; permeasyon / difüzyon tipi örnekleyciler ise Reiszner ve West tarafından geliştirilmiştir [27].

Difüzyon tipi örnekleycilerin temel prensibi; gaz moleküllerinin, yüksek konsantrasyon bölgesinden (örnekleycinin açık ucu), düşük konsantrasyon bölgesine (örnekleycinin sonundaki absorblayıcı) difüze olmasıdır [28].

Kolaylığı ve başlangıç yatırımının düşük olması nedeniyle, pek çok uygulama için pasif örnekleme tekniği uygundur. Pasif örnekleyciler, özellikle temel araştırmalar, alan taraması veya indikatif izlemeler için faydalıdır. Aktif örnekleyciler veya otomatik analizörler ile birlikte kullanıldığında daha faydalı olabilir. Pasif örnekleyciler, coğrafik olarak geniş bir alanı kapsayan hava kalitesi verilerini sağlarken, diğer komplike otomatik cihazlar ise günlük değişimleri, konsantrasyon piklerini içine alan zaman ağırlıklı bilgileri sağlar. Difüzyon tüpleri, NO₂ için alan

taraması ve şehir çapında izleme noktalarının seçimi gibi amaçlarla geniş çapta kullanılmaktadır [27].

Bir pasif örnekleyicide örneklenen gaz, atmosferden kimyasal adsorbent içeren bir tüp olan örnekleyici içine Fick' in difüzyon kanununa göre gerçekleşen difüzyon ile taşınır.

Fick Difüzyon kanunu;

$$J = -D \frac{dC_g}{dx} \quad (2.2)$$

Burada;

J, kirletici akışı, (kütle / alan x zaman)

D, gaz diffüzyon hızı (difüzivite) , (alan / zaman)

dC_g/dx , gaz konsantrasyon gradyenti, (kütle / hacim x mesafe)

Konsantrasyon gradyenti, adsorbent üzerine kirleticilerin adsorbsiyonu ile oluşur. Sabit difüzyon hızı (difüzivite), doğrusal konsantrasyon gradyenti ve adsorbent yüzeyinde sıfır başlangıç konsantrasyonu ile "t" toplama süresinde ortalama kirletici konsantrasyonu

$$C_g = \frac{m \times \Delta x}{t \times D \times A} \quad (2.3)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Burada;

m, toplanan kirleticinin kütlesi

Δx , Difüzyon yolunun uzunluğu

A, adsorbentin temas alanı

Bu dizaynın zorlukları; konsantrasyon gradyentine ısı akımlarının etkisi, D'nin konsantrasyona bağlılığı, dozimetre geometrisi, sıcaklığın etkisi ve adsorbent yüzeyinin kirleticiler tarafından tamamen kaplanmamasıdır.

Nüfuz kontrollü toplayıcılar için; kirletici polimerik bir membran üzerinde çözünür. Burada kirleticiler gaz temas ara yüzeyi ile çözünme yüzeyi arasındaki konsantrasyon gradyenti farkından dolayı membrana doğru taşınırlar ve uygun bir kimyasal veya yüzeyin içinde veya üzerinde absorbe veya adsorbe olurlar .

Zaman ağırlıklı ortalama konsantrasyon;

$$C_g = \frac{m \times k}{t} \quad (2.4)$$

olur.

Burada, k; belirli bir kirletici, polimer ve toplayıcı geometrisi için nüfuz sabitidir [29].

Kirleticilerin mekansal değişimlerinin belirlenmesi ve maruziyetle ilgili çalışmalarda, seçilen bölgede birçok istasyonda aynı anda örnekleme şansı vermesi açısından pasif örnekleyciler, diğer örnekleycilere göre avantaj sağlamaktadır. Birçok ülkede bu amaçlarla pasif örnekleycilerin kullanıldığı pek çok çalışmada elde edilen sonuçlar aktif örnekleme sonuçları ile doğrulanmıştır [30]. Pasif örnekleme, genellikle aktif örnekleme kadar doğru sonuç vermektedir. Aktif örnekleme yöntemleri pahalı ve bazen örnekleme ekipmanlarından dolayı kullanışsız olabilir (pompalar, flowmetreler gibi) [31].

Kirleticilerin maruziyet değerlendirmesinin iyi bir şekilde yapılabilmesi için yaygın bir alanda örnekleme yapılmasına ihtiyaç duyulduğundan bu tarz çalışmalarda ucuz ve hiçbir enerji gerektirmeyen pasif örnekleyciler kullanılabilir. Son zamanlarda, atmosferik taşınım ve depolama modellerinin belirlenmesi için kırsal alanlarda ve hatta ormanlık alanlarda daha yaygın bir şekilde örnekleme ihtiyacı duyulmaktadır. Pasif örnekleme sistemlerinin, düşük maliyeti ve kolay yer değiştirilebilirliği ulaşımı zor olan yerlerde örneğin ormanlık alanlarda maruziyet değerlendirmesi yapılırken bu sistemlerin kullanımını daha çekici hale getirir. Pasif örnekleyciler ayrıca hava kirleticilerine maruz kaldığı önceden bilinen bölgelerin tanımlanmasında da kullanılır. Ayrıca, enstrümental sistemlerin kurulması için alt yapı oluşturulmasında

gerekli olabilir. Hava kirliliği çalışmaları, ilgili hava kirleticilerinin birleşik potansiyel etkilerinin belirlenebilmesi için bu kirleticilerin birlikte ölçülmesini gerektirir. Bu noktada pasif örnekleme birçok kirletici maruziyetinin eş zamanlı ölçülmesini sağladığı için maliyet açısından çok etkili bir örnekleme şeklidir. Ormanlık alanlarda veya kırsal alanların hava kirleticilerine maruziyetinin kapsamlı bir şekilde belirlenmesi ve karakterizasyonu yalnızca nispeten pahalı olmayan pasif örnekleme yöntemlerinin kullanılması ile sağlanabilir. Pasif örnekleme yöntemlerinin çapraz korelasyon ve kalibrasyon amaçları için önceden yerleştirilmiş mevcut sürekli görüntüleme merkezlerinin yanına da yerleştirilmeleri gereklidir. Çok sayıda pasif örnekleme yönteminin yerleştirilmesi kirletici maruziyetlerinin küçük ölçekli değişikliklerinin belirlenmesini de sağlar [32].

2.8. Coğrafi Bilgi Sistemleri

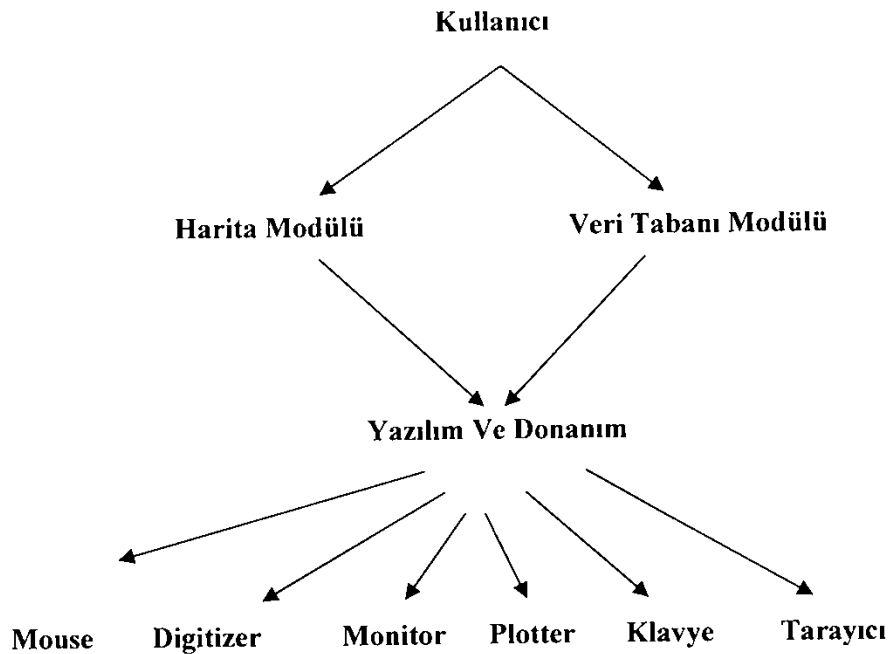
Teknolojik gelişmelerle birlikte yeni olgunlaşan kavramlardan biri olan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kavramı dünyada belirli uygulama alanları bulmuş ülkemizde ise, yeni yeni anlaşılmaya başlamıştır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Coğrafi varlıklara ait bilgileri elde etme, depolama, işleme, analiz etme üretilen bilgilerden yeni bilgiler elde etme ve sunma amacıyla donanım, yazılım ve kullanıcılardan oluşan sisteme CBS denilmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi verilerin toplanması, bilgisayar ortamına aktarılması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve sunulması amacıyla bir araya getirilmiş bilgisayar donanımı, yazılım, insan kaynakları ve coğrafi bilgilerden oluşan bir bütündür [34].

Coğrafi Bilgi Sistemleri, mekansal verilerin toplandığı, bunların görüntülenebildiği, grafik ve öznitelik bilgilerinin ilişkilendirilerek kullanıldığı, farklı bilgi kaynaklarından gelen verileri bütünleştirerek yönetim, planlama ve analiz problemlerinin çözümüne katkıda bulunan, bilgi alışverişinde standardizasyonu ve haritalar yardımıyla öznitelik verilerinin yer aldığı kombinasyonları sağlayan bilgisayar destekli sistemlerdir [34].

CBS Teknolojileri, sayısal akıllı haritalar yardımıyla sorgulama amaçlı veritabanlarını ve istatistiksel analizi kullanarak, bilginin sınıflandırılmasını, karşılaştırılmasını, yeniden modellendirilmesini, mühendislik uygulamalarının ve stratejik planlamanın yönlendirilmesini sağlar. CBS internet teknolojileri kullanılarak, harita, plan, projelere ait verilerin tek bir merkezden yönlendirilerek kullanıcıların hizmetine sunulması, belgelendirilmesi, evrak halinde düzenlenmesi v.b. işlemlerin sanal ortamda (intranet – internet) gerçekleştirilmesini sağlayarak kamusal hizmetlerin kolaylaştırılması ve şeffaflaştırılmasına katkıda bulunur [35].

CBS çeşitli kaynaklara göre şu şekilde açıklanmaktadır: Dünya üzerindeki karmaşık sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlar ve bunların çözümüne yönelik büyük hacimli coğrafi verilerin yönetimi ve analizi ile uğraşan bir sistemdir. CBS, karmaşık planlama ve yöntem sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan, konuma bağlı mekansal verilerin depolanması, modellenmesi, işlenmesi, analiz edilmesi ve sunulmasını sağlayan donanım, harita modülü ve veri tabanı modülü içeren yazılım ve yöntemler serisidir. Şekil 2.2’ de CBS kullanıcısı ile CBS elemanları arasındaki ilişkiyi gösteren bir şema görülmektedir [36].



Şekil 2.2: CBS kullanıcısı ve elemanları [36]

Coğrafi Bilgi Sistemi yeryüzünde mevcut olan ve sonradan oluşan her türlü verileri haritalamaya ve analiz yapmaya yarayan bilgisayar bazlı bir sistem olup şu dört işlemin yapılabilmesini sağlar:

- Veri girişi
- Veri toplama ve saklama
- Veri idaresi ve analizi
- Sonuçların görüntülenmesi ve çıktı alınması (harita, raporlar, v.s.)

2.8.1. Coğrafi bilgi sistemi bileşenleri ve fizibilite çalışmaları

Coğrafi Bilgi Sistemi bileşenleri iki ana grupta toplanmaktadır. Bunlar;

- Donanım bileşenleri,
- Yazılım bileşenleridir.

Bir Coğrafi Bilgi Sisteminin donanım bileşenlerini üç grupta toplamak mümkündür. Bunlar, merkezi işlem birimi, disk birimi, teyp birimi, satır ve matris yazıcılar ve alfanümerik terminalleri kapsayan standart bilgisayar konfigürasyonu, manuel sayısallaştırıcılar, yarı otomatik sayısallaştırıcılar, raster tarayıcılar, analitik stereo değerlendirme aletleri, uydu algılayıcılar ve elektronik takeometreleri içeren grafik veri toplama birimleri ile tek renkli vektör ekranlar, renkli vektör ekranlar, şematik yazıcılar, çiziciler, softcopy ve hardcopy birimlerini içeren grafik bilgi sunuş birimleridir.

Yazılım ise donanımdan bağımsız olmalı, farklı donanımlarda ve bu donanımlar üzerindeki farklı işletim sistemi ortamlarında çalışabilmelidir [33].

2.8.2. Coğrafi bilgi sistemlerinin uygulama alanları

Günümüzde coğrafya ve coğrafyayı tanımlayan veriler günlük yaşantımızın bir parçasıdır. Hemen hemen her konudaki kararlarımız bu verilerden etkilenmekte, bu veriler ile sınırlanmakta ve yönetilmektedir. Genel olarak; hızlı nüfus artışına karşılık giderek azalan doğal kaynaklar dünya üzerinde çok önemli ve geri dönülmez etkiler

yaratmaktadır. Ozon tabakasının incilmesi, tropik ormanların yok edilmesi, bitki türü çeşitliliğinin azalması, asit yağmuru, sera etkisi, zehirli kimyasalların artan doğal dengeyi bozucu etkisi, tarımsal alanların kentleşmesi ve göç gibi birbiri ile ilişkili etkiler toplumsal ve ekonomik yapıyı etkilemektedir. Tıpkı makro ölçeklerdeki kararların alınmasında olduğu gibi, günlük kent yaşamında da elektrik, su, altyapı gibi minimum kentsel yaşam standartlarının sağlanması ve yönetilmesi ile gerek doğal, gerekse insan nedenli afetlerin etkilerinin azaltılmasında bilim adamları ve karar vericiler tarafından bu önemli doneler hızla anlaşılmalı zorundadır. Esas amaç, karar verme süreci içerisinde gerek alternatif üretmek, gerekse aynı anda farklı senaryoları değerlendirerek tüm süreci hızlandırmaktır. Bu ise ancak Coğrafi Bilgi sistemleri sayesinde gerçekleştirilebilir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi verilerin söz konusu olduğu her alanda uygulanabilir bir yapı sunmaktadır. Coğrafi verinin tanımının ne kadar geniş olduğu hatırlanırsa, CBS uygulama alanlarının da o denli uzun bir liste oluşturacağı sonucuna varılır. Hatta CBS kullanıcı sayısı ile doğru orantılı kabul edilebilecek kadar değişik kullanıcıları vardır denilebilir. Yapılan araştırmalara göre CBS teknolojisinin 9 temel uygulama alanında uygulamalar yapıldığı ortaya çıkmıştır. Bu uygulama alanları ise;

Tesis ve Demirbaş Envanteri: Doğal kaynakları en uygun kullanmak amacı ile yer yüzeyinin üzerinde, üstünde ve altında dağılmış olan nesnelerin konumlanması, sayımı, dağılımı ve analizleri gibi uygulamalar.

Coğrafi Veri Toplama ve Üretimi: Uzaysal veri tabanları kurmak ya da yaşatmak üzere coğrafi verilerin toplanması.

Harita ve Plan Üretiminde: Karmaşık verilerin çok hızlı bir şekilde işlendiği ve güncel verilerle çalışma imkanı olan bu sistemler planlama sektörü için bulunmaz bir kolaylıktır. Bu sayede sağlıklı bir planlama yapma imkanı vardır. Haritaların baskı kalitesinde ve planların üretiminde de kullanılmaktadır.

Kaynak Tahsisi: Hedef pazarlama, satış bölge planlaması, hizmet ağı dağıtımını, öğrenci yerleştirme gibi uygulamaları yapılmaktadır.

Rota ve Akış Optimizasyonu: Hizmet ağları kapasite yönetimi, ulaşım ağı analizi, Okul servis güzergahlarının yönetimi, dağıtım ve toplama araçlarının güzergah ve zamanlama yönetimi gibi uygulamalarında yönlendirme ve optimum çözümleri amaçlar.

Rota Seçimi ve Navigasyon: Sağlık ve güvenlikle ilgili olayların izlenmesi, analizi ve görüntülenmesinde uzmanlar CBS' nin faydasını anlamışlardır. Saptanmış kriterlere göre bir ağ içinde en uygun güzergahın seçimi gibi uygulamalarda, acil hizmet araçlarının hizmete gönderilmesi, tehlikeli madde taşıyan araçların ve taksilerin güzergahlarının belirlenmesi gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

Tesis Yerlerinin Belirlenmesi: Tesisler için en uygun yerlerin araştırılması saptanması için kullanılabilir. Üniversiteler ve araştırma kuruluşları sosyal, ekonomik ve endüstriyel alanlardaki araştırmaların, kolaylıkla ve doğru bir şekilde yapabilmektedir.

Yeraltı ve Yerüstü değerlendirmeleri: Doğal kaynakların tespiti, korunması en avantajlı kullanımı için yeraltı ve yerüstündeki fiziksel olguların analizinde kullanılmaktadır.

İzleme ve Gözleme: Tamamlayıcı ve düzenleyici tedbirler geliştirmek üzere üzerine çalışılan süreci anlamak için tekrarlı olayları kaydetmek ve analiz etmek ile çözüm üretmekte kullanılmaktadır [35].

Bu çalışmada kirlilik dağılım haritalarının üretilmesinde kullanılan MapInfo Professional Yazılımı Tipik Uygulamaları Tablo 2.5' de verilmiştir.

Tablo 2.5: MapInfo Professional Yazılımı Tipik Uygulamaları [37]

Harita Üretimi	-
Çevre Sağlığı ve Kirlilik Kontrolü	-
Altyapı Şebekelerinin Yönetimi	Elektrik Su ve Kanalizasyon Doğalgaz Telekom GSM
Araç Takip Sistemleri	Araç izleme Filo Yönetimi
Karar Destek Sistemleri	Kaynak Planlama Yer Seçimi Tematik Harita Üretimi Talep Modelleme Yatırım takibi
Ticari GIS	Kampanya Planlama ve Analiz Müşteri/Pazar/Rekabet Analizi Demografik Analiz Emlak ve Hizmet Yönetimi Dağıtım Planlama Sigorta Risk/Hasar Analizi Müşteri Hizmetleri
Emniyet	Suç Analizi Ağ Planlama Hedef izleme Acil Durum ve Ulaşım Planlama

BÖLÜM 3. MATERYAL METOT

3.1. Çalışma Alanı

Kocaeli İli, Marmara Bölgesi'nin doğusunda, 40° 31' - 41° 13' paralelleriyle 29° 22' - 30° 21' meridyenleri arasında bulunur. Kuzeyinde Karadeniz ve İstanbul (Şile ilçesi), doğusunda Sakarya İli, güneyinde Bursa İli ve batısında İstanbul ile Yalova illeri bulunur. Kocaeli İli merkez ilçe İzmit dışında 6 ilçe ve 653 yerleşim biriminden oluşmakta olup, bağlı ilçeler Derince, Gebze, Gölcük, Kandıra, Karamürsel ve Körfez'dir. Kocaeli-İstanbul il sınırı Kemikli Dere suyunun doğusunda; Bursa il sınırı Samanlı Dağlarının zirvelerinden Sakarya il sınırı Eşme doğusu ile Maşukiye'nin doğusundan geçer. Küçük bir il olan Kocaeli 3.505 km² genişliğindedir [38]. İzmit Körfezi Akdeniz ile Karadeniz İklimleri arasında geçiş iklimine sahiptir. İklim Akdeniz özelliğini kazandıran etken ise kışların ılık ve yağışlı oluşudur. Körfez Kıyıları arasında sıcaklık bakımından farklılık yoktur. Yıllık ortalama sıcaklık 14,5 °C, Temmuz ayı ortalama sıcaklık ise 23,5 °C' dir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği Kocaeli ili coğrafi olarak kritik bir bölgede yer alan bir endüstri kentidir. Bu özelliğine bağlı olarak yoğun nüfus ve trafiğin iç içe olduğu bir ildir. Kocaeli, nüfus büyüklüğü açısından ülkemizin önemli illerinden biridir. 2000 yılı nüfus sayımı kesin sonuçlarına göre ilin nüfusu 1.206.085' dir. 1991'e değin Türkiye'nin en küçük iliydi. Bu tarihte kurulan Bartın ili (2.140 km²), Türkiye'nin en küçük ili olmuş, Kocaeli de onu izleyen ikinci küçük il durumuna gelmiştir. En küçük olan iller arasında olmasına karşılık nüfus yoğunluğu 344 kişi/km² ve yıllık nüfus artış hızı % 27' dir.

Deniz ve karayolu ile ulaşım kolaylığı, elverişli bir iklime sahip olması Kocaeli bölgesinde sanayileşme sürecini hızlandırmış ve ilin değişik bölgelerinde sanayi kuruluşları yerleşmiştir. Kocaeli İli'nde sanayileşmenin yoğunlaşması nüfus artışını da tetiklemiştir. Kırsal bölgelerden şehre olan göçlerin sonucunda yetersiz alt yapı, plansız hızlı yapılaşma gibi aktivitelerin artışı, kirliliğin önemli sebebinin oluşturmuştur. Trafik yoğunluğu da buna paralel olarak artmıştır. Kocaeli ilinin doğu kesiminde Türkiye'nin %30'dan daha fazla ihtiyacını karşılayan Rafineri Tesisi, Petrokimya Kompleksi, yanı sıra Gebze ilçesine bağlı Dilovası beldesinde hem ağır trafik hem de sanayileşme yoğundur. Bu bölge de şehrin ortasından geçen D-100 karayolu ve TEM otoyolunun etkisi altındadır ve ağır trafik yoğunluğu mevcuttur. Son yıllarda Yarımca, Dilovası ve Gebze'ye doğru bir yoğunlaşma olması ve Dilovası'nın topografik yapısının çanak konumunda oluşu, özellikle demir-çelik izabe tesisleri ile boya ve kimya tesislerinin bu alanda yer alması bölgenin hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca, Gebze ve Dilovası'nın endüstrileşme açısından hızlı bir gelişme göstermesi beraberinde göç akını ve çarpık kentleşmeyi getirmiştir [39].

Aynı zamanda bölgede, Tchlikeli ve Klinik Atık Yakma Tesisi'nin yanı sıra çok sayıda tekstil (183 sanayi kuruluşu), makina (99), maden (88), metal (55), gıda (52), otomotiv (47), kağıt (42), kimya (37), ağaç (34), petrol (14), deri (4), kömür (4) ve diğer (398) sanayi kuruluşları yer almaktadır. Bu tesisler, uçucu organik bileşikler ve ağır metalleri içeren çok sayıda kirlenici yaymaktadır. Yüzölçümünün küçük olması konut alanlarının ağır trafik ve endüstri alanları ile çok yakın olmasına neden olmuştur. Bu nedenle konutların dış ve iç hava kalitesi yakın endüstriyel aktiviteler ve trafik şartları nedeniyle doğrudan etkilenmektedir.

3.2.Örnek Alma Noktaları

Bu çalışmada pasif örnekleme tekniği kullanarak Kocaeli ilindeki farklı bölgelerde uçucu organik bileşiklerin tanımlanması, ölçülmesi ve konsantrasyonların belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda Kocaeli kenti genelinde belirlenen 50 noktada UOB ölçümleri yapılmıştır. Bu örnekleme noktalarının seçiminde; Kocaeli'deki yerleşim yerleri, endüstri tesisleri ve karayolları gibi kirlilik

kaynaklarının bulunduğu alanların İzmit Körfezi çevresi ve özellikle körfezin kuzey kıyısında olması dikkate alınmış ve örnekleme noktaları yerleşimin ve kirlilik kaynaklarının daha fazla bulunduğu bu alanlara kaydırılmıştır. Bununla birlikte geri plan konsantrasyonlarının belirlenebilmesi için kirlilik kaynaklarından uzak kent merkezi dışındaki yerleşim alanlarında da örnekleme noktaları yapmaya özen gösterilmiştir. Örnekleme noktalarının belirlenmesinde, endüstri kuruluşları, meskun bölgeler, duyarlı tarım alanlarının bulunduğu yerler, otoyolların konumları ve hakim rüzgar yönü dikkate alınmıştır. Tablo 3.1’ de Kocaeli ilinde pasif örnekleme tekniği ile ölçülen UOB ’lerin örnekleme noktaları ve bu noktaların koordinatları ve Şekil 3.1’ de ise örnek alma noktalarının yerleri Kocaeli haritası üzerinde gösterilmektedir. Ancak örnekleme çalışmaları sırasında bazı örnekleme noktaları kaybolmuştur.

Tablo 3.1: Kocaeli ilinde pasif örnekleme tekniği ile ölçülen UOB ’lerin örnekleme noktaları

Örnek No	Örnekleme Noktası	Enlem (Kuzey)	Boylam (Doğu)	Örnekleme Noktalarının Karakteristikleri
1	İzmit 1	40,7452	29,9448	Trafik
2	İzmit 2	40,7645	29,9303	Kent merkezi
3	İzmit 3	40,7663	29,9174	Kent merkezi
4	İzmit 4	40,7626	29,9399	Trafik
5	Kuruçeşme	40,7634	29,8781	Trafik
6	Köseköy 1	40,7471	30,0392	Trafik
7	Köseköy 2	40,7482	30,0267	Kent Merkezi
8	Solaklar	40,7875	29,9858	Kırsal
9	Umutepe	40,8231	29,9219	Kırsal
10	Alikahya 1	40,7702	29,9830	Endüstri
11	Alikahya 2	40,7821	30,0101	Endüstri
12	Alikahya 3	40,7728	30,0031	Endüstri
13	Yahyakaptan	40,7625	29,9727	Kent Merkezi
14	Kullar	40,7228	29,9693	Kırsal
15	Uzunçiftlik	40,7612	30,0476	Kırsal
16	Bayraktar	40,7799	30,0770	Kırsal
17	Derince 1	40,7590	29,8426	Trafik
18	Derince 2	40,7738	29,8144	Kent Merkezi
19	Körfez 1	40,7698	29,7660	Trafik
20	Körfez 2	40,7600	29,7556	Endüstri
21	Körfez 3	40,7475	29,7623	Endüstri
22	Yeniköy	40,7048	29,8841	Kent Merkezi
23	Gölcük 1	40,7081	29,8465	Trafik
24	Gölcük 2	40,6948	29,8279	Kent Merkezi

Tablo 3.1: (Devamı) Kocaeli ilinde pasif örnekleme tekniği ile ölçülen UOB 'lerin örnekleme noktaları

Örnek No	Örnekleme Noktası	Enlem (Kuzey)	Boylam (Doğu)	Örnekleme Noktalarının Karakteristikleri
25	Gölcük 3	40,7213	29,8303	Kent Merkezi
26	Nüzhetiye	40,6386	29,8631	Kırsal
27	Değirmendere 1	40,7283	29,7767	Trafik
28	Değirmendere 2	40,7252	29,7922	Kent Merkezi
29	Ulaşlı	40,7060	29,6980	Trafik
30	Karamürsel 1	40,6958	29,6199	Kent Merkezi
31	Karamürsel 2	40,6674	29,5812	Trafik
32	Karamürsel 3	40,6853	29,5563	Kırsal
33	Kandıra 1	41,0794	30,1359	Kent merkezi
34	Kandıra 2	41,0794	30,1359	Trafik
35	Kandıra 3	41,0713	30,1520	Kent Merkezi
36	Kandıra 4	40,9733	30,1984	Kırsal
37	Akmeşe	40,8458	30,1996	Kırsal
38	Hereke	40,7848	29,6156	Kent Merkezi
39	Tavşancıl	40,7714	29,5629	Trafik
40	Şirinyalı	40,7791	29,6679	Trafik
41	Dilovası 1	40,7625	29,9727	Endüstri
42	Dilovası 2	40,7779	29,5404	Endüstri
43	Dilovası 3	40,7761	29,5273	Endüstri
44	Dilovası 4	40,7855	29,5188	Endüstri
45	Gebze 1	40,7796	29,4452	Kent Merkezi
46	Gebze 2	40,7959	29,4319	Kent Merkezi
47	Gebze 3	40,4889	29,2557	□*
48	GOSB 1	40,8356	29,4258	Endüstri
49	GOSB 2	40,8502	29,4259	Endüstri
50	DARICA	40,7572	29,3892	Kent Merkezi

*: kayıp örnekleyci

Bölge 1: Kent merkezi

Yüzölçümünün küçük olması konut alanlarının ağır trafik ve endüstri alanları ile çok yakın olması nedeniyle kent merkezleri nüfus ve trafiğin yoğun olduğu oturmaya ayrılmış alanlardır. Bu tez kapsamında kent merkezi olarak sınıflandırdığımız 16 farklı noktaya örnekleyciler yerleştirilmiştir. Bu bölgelerde şehrin ortalarında sürekli devam eden bir trafik mevcuttur. Bunlar İzmit kent merkezi, Değirmendere kent merkezi, Kandıra kent merkezi, Hereke merkez, Gebze merkez, Darıca, Karamürsel

kent merkezi, Yeniköy merkez, Gölcük merkez, Köseköy merkez, Yahya kaptan merkez, Derince merkez bölgeleridir.

Bölge 2: Trafiğin yoğun olduğu bölge

İzmit, İstanbul ve Anadolu kentlerini bağlayan ve çok sayıda endüstrinin faaliyet gösterdiği bir bölgede olduğu için araç trafiğinin oldukça yoğun olduğu iki büyük karayolu (D-100 ve TEM Otoyolu) da buradan geçmektedir. [40]

Bunun yanında kent merkezinde de gün içinde yoğun bir trafik mevcuttur. Bu amaçla; örnekleyiciler ağır trafik yoğunluğuna sahip olan 13 farklı bölgeye yerleştirildi. Bu bölgeler; Veziroğlu kampusu yol kenarı, Hastane yolu, Kuru Çeşme Gişeler, İzmit-Köseköy Otoyol Girişi, Derince Tilki otomotiv, Körfez kaymakamlığı, Gölcük Olgun Petrol yol kenarı, Ulaşlı yol kenarı, Karamürsel Doğa Sitesi, Kandıra Giriş, Hereke Şirinyalı bölgeleridir. Tablo 3.2.' de numune yerleştirilen noktalardan geçen araç sayıları verilmektedir.

Tablo 3.2: 2006 yılına ait araç sayıları ile ilgili veriler [41,42]

Sıra No	Numune Yeri	Ort. Araç Sayısı / Gün
1	Kuruçeşme Gişeler	10.000
2	Köseköy Otoyol Girişi	9.000
3	Derince	24,737
4	Körfez	13,154
5	Kandıra Girişi	12.000
6	Gölcük Yolu	2596
7	Karamürsel Yolu	14,866
8	Kent merkezi (Belsa Plaza)	4151

Bölge 3: Kırsal bölge

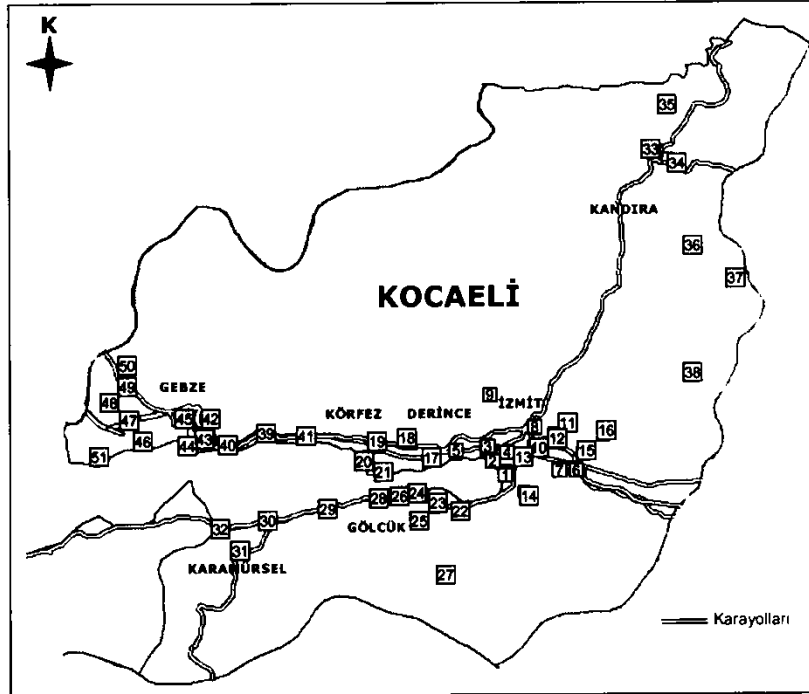
Kırsal bölge olarak Kocaeli ilinde tarım ve hayvancılığın yapıldığı sanayi ve trafikten uzak bölgedeki oturmaya ayrılmış alanlarda 9 adet örnekleyici yerleştirilmiştir.

Bunlar; Solaklar, Umuttepe, Kullar, Uzunçiftlik, Bayraktar, Oluklu Köyü, Seyitaliler Köyü, Nüzhetiye, Akmeşe beldeleridir.

Bölge 4: Endüstri

Bu bölgede belirlenen noktalar; sanayi kuruluşlarının konut alanlarıyla iç içe üretim yapıldığı Alikahya beldesi, Gebze organize sanayi bölgesi, Dilovası ile Körfez ilçesidir. Bu bölgelerde Tehlikeli ve Klinik Atık Yakma Tesisi'nin yanı sıra Enerjisa, Brisa, Kordsa, Tüpraş gibi birçok sanayi kuruluşu ve bu tesislere yakın birçok oturmaya ayrılmış konut alanları vardır. Bu bölgeye 11 tane örnekleyici yerleştirilmiştir. Bu bölgelerden Kocaeli'nin Gebze ilçesine bağlı Dilovası beldesinde hem ağır trafik hem de sanayileşme yoğundur. Bu bölge de şehrin ortasından geçen D-100 karayolu ve TEM otoyolunun etkisi altındadır ve ağır trafik yoğunluğu mevcuttur. Bu bölgede 4 tane noktaya örnekleyiciler yerleştirildi. Bunlar;

- 21.500 m² kapalı, toplam 59,196 m² lık açık alana kurulu, mukavva ve kutu fabrikası olan Olmuksa' nın tam karşısında kalan Yahya kaptan Anadolu Lisesi
- Dilovası Organize Sanayi Bölgesi
- Polisan İÖO
- Gümrük Muhafaza Müdürlüğü



Şekil 3.1: Örnekleme noktaları

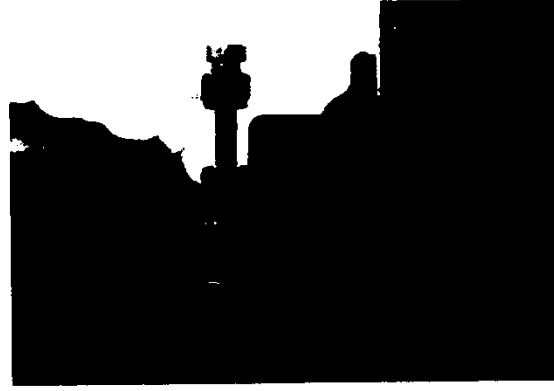
3.3.Örnekleme Süresi

Pasif örnekleme tekniği ile çalışma kapsamında seçilen kirleticilerin konsantrasyonlarının sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi için örnekleycilerin kirleticilere maruziyet sürelerinin belirlenmesi önemli aşamalardan birini oluşturmaktadır. Bu örnekleycilerde difüzyon yoluyla toplanan kirletici konsantrasyonlarının, bu kirleticilerin analizinde kullanılan cihazların belirleme limitlerinin üzerinde olabilmesi için yeterli maruziyet sürelerinin seçilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada UOB konsantrasyonlarının belirlenmesi için Gradko firmasının ürettiği C3-C32 arasındaki uçucu ve yarı uçucu organik bileşikleri adsorbe eden Chromosorb 106 içeren örnekleyci kullanılmıştır. Firma tarafından örnekleycilerin bırakılacağı maruziyet süreleri 1 veya 4 hafta olarak önerilmektedir. Maruziyet sürelerine karar vermek için ön çalışmalar yapılmış ve 7 günlük bekletme sürelerinin uygun olduğuna karar verilmiştir.

Seçilen kirleticilerin konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimlerine göre farklılıklarını belirleyebilmek için örnekleme çalışmaları 01-08 Temmuz 2006 ve 25 Ocak 2007-02 Şubat 2007 tarihlerinde birer haftalık periyotlarda yapılmıştır. Ancak kalite kontrol çalışmalarında, kış örnekleme periyodunda elde edilen sonuçların güvensiz olduğu tespit edildiğinden bu tez kapsamında yalnızca yaz ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir.

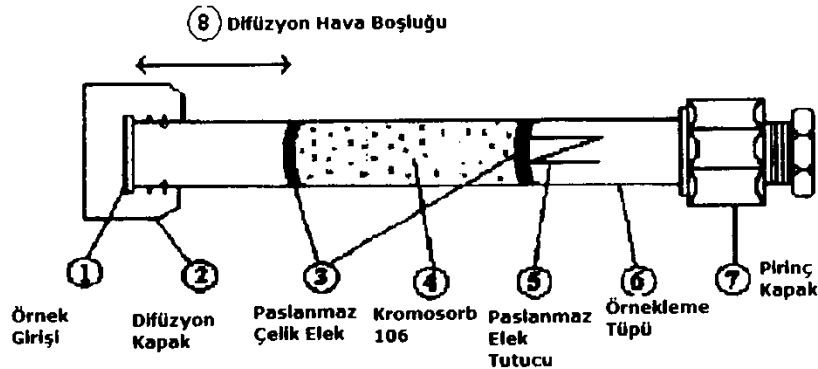
3.4. Uçucu Organik Bileşiklerin Örneklenmesi

Bu çalışma için kullanılan pasif örnekleme tüpleri Gradko firmasından temin edilmiştir. Bu tüpler C3-C32 aralığındaki uçucu ve yarı uçucu organik bileşiklerin aktif ve pasif olarak (zaman ağırlıklı ortalama konsantrasyon) izlenmesi için tasarlanmıştır. Şekil 3.2' de bu çalışmada kullanılan difüzyif örnekleyci gösterilmektedir. Şekil 3.3' de ise difüzyif örnekleycinin şematik gösterimi sunulmuştur.



Şekil 3.2: Difüzyif örnekleyici

Bu tüplerin bölgesel ya da lokal çevrede, toprakta, işyerlerinde havadaki uçucu organik bileşiklerin değerlendirilmesinde kullanılması uygundur. Bu tüpler karanlıkta ve uçucu organik bileşik olmayan serin çevrede depolanır. Difüzyif örnekleyiciler, dış çapı 6,3 mm, iç çapı 5,0 mm ve 90 mm uzunluğunda olan, katı polimer adsorbent ile doldurulmuş paslanmaz çelik tüplerdir. Bu gözenekli ve silindirik kartuşun içinde Chromosorb 106 adsorbenti bulunmaktadır. Chromosorb 106 adsorbenti karbon sayısı 5 ile 12 arasındaki karbonların örnekleme için uygundur. Bu karbon sayılarına sahip bileşikler atmosferde en yaygın bulunan UOB'ler olduklarından Chromosorb 106 bu bileşiklerin derişimlerini belirlemek için uygun bir adsorbenttir. Pasif örnekleme için tavsiye edilen maruziyet süresi 1 ile 4 hafta arasındadır [43].



Şekil 3.3: Çalışmada kullanılan UOB pasif örnekleme tüpünün şematik gösterimi

3.5. Örneklerin Toplanması, Hazırlanması, Analizi

Örneklemeden önce her bir difüzyif örnekleyici ultra saf azot akışı altında 225 °C' de 6 saat boyunca şartlandırılmıştır. Şartlandırılan örnekleyiciler pirinç kapaklarla sıkıca kapatılıp, kapakların birleşim yerlerinden teflon bantla iyice kapatılmış ve kullanıma kadar 4 °C'de saklanmıştır. Pasif örnekleyicilerde adsorplanan uçucu organik bileşiklerin desorpsiyonu için Unity Marka (Markes International Limited, UK) bir termal desorpsiyon cihazı ve bu bileşiklerin analizi için termal desorpsiyon cihazı ile birleştirilmiş Agilent marka (Model 6890) Gaz Kromotografi cihazı ve iki adet bağımsız alev iyonizasyon dedektörü (Agilent Technologies, Inc. Santa Clara, CA, USA) kullanılmıştır.

Termal desorpsiyon cihazı iki aşamalı çözülme ile örneği Gaz Kromotografi cihazına göndermektedir. İlk aşamada adsorbent üzerinde toplanan kirleticiler 20 dakika boyunca 200 °C de çözülerek -15 °C de soğuk kapanda toplanmaktadır. Daha sonra soğuk kapan kısa bir sürede 200 °C' ye çıkarılıp kirleticilerin Gaz Kromotografi cihazı kolonuna gitmesi sağlanmaktadır. Gaz Kromotografi cihazında çok sayıda hidrokarbon bileşiğinin tek bir örnekte analiz edilebilmesi için iki kolon ve iki alev iyonizasyon dedektörü (FID) mevcuttur. Hedef bileşiklerin ayrılması için kullanılan kromotografi kolonları; DB-1 kapiler kolon (60 m, 0.25 mm iç çap, 1 µm film kalınlığı) ve HP-PLOT Al₂O₃ "S" deaktive kapiler kolon (50 m, 0.32 mm iç çap, 8 µm film kalınlığı)'dur. Cihazdaki işlemler Agilent Chemstation veri sistemi kullanılarak kontrol edilmiştir. Fırın sıcaklık programı başlangıçta 5 dakika için 40 °C, 195 °C' ye kadar dakikada 5°C artacak ve 195 °C' ye ulaştığında bu sıcaklıkta 10 dakika bekleyecek şekilde ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak 2 mL/dakika akış hızına sahip ultra saf azot gazı kullanılmıştır.

Gaz Kromotografi cihazı Spectra (Spectra Gases, Inc. Branchburg, NJ, USA) EPA PAMS (Photochemical Assessment Monitoring System) kalibrasyon standardı ile rutin olarak kalibre edilmiştir. Bu standart her biri 1 ppm konsantrasyonda olan 56 adet uçucu organik bileşiği içermektedir. Ölçülmesi hedeflenen UOB' lere ilişkin özellikler Tablo 3.3'de verilmektedir.

Tablo 3.3: Ölçülmesi hedeflenen UOB' ler ve özellikleri

Yaygın Adı	IUPAC Adı	Cas No	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Kaynama Noktası (°C)	Buhar Basıncı (Pa 25 °C)
Benzene	benzene	71432	78.11	80.10	12700
Toluene	metilbenzene	108883	92.13	110.60	3800
Ethylbenzene	ethylbenzene	100414	106.20	136.20	1270
meta-xylene	1,3-dimethylbenzene	108383	106.20	139.00	1100
para-xylene	1,4-dimethylbenzene	106423	106.20	138.00	1170
ortho-xylene	1,2-dimethylbenzene	95476	106.20	144.00	1170
1,3,5-trimethylbenzene	1,3,5-trimethylbenzene	108678	120.20	164.70	325
n-propylbenzene	n-propylbenzene	103651	120.20	159.20	450
3-ethyltoluene	3-ethyltoluene	620144	120.20	158.00	-
4-ethyltoluene	4-ethyltoluene	622968	120.20	162.00	-

3.6. Kalite Kontrol ve Kalite Güvencesi

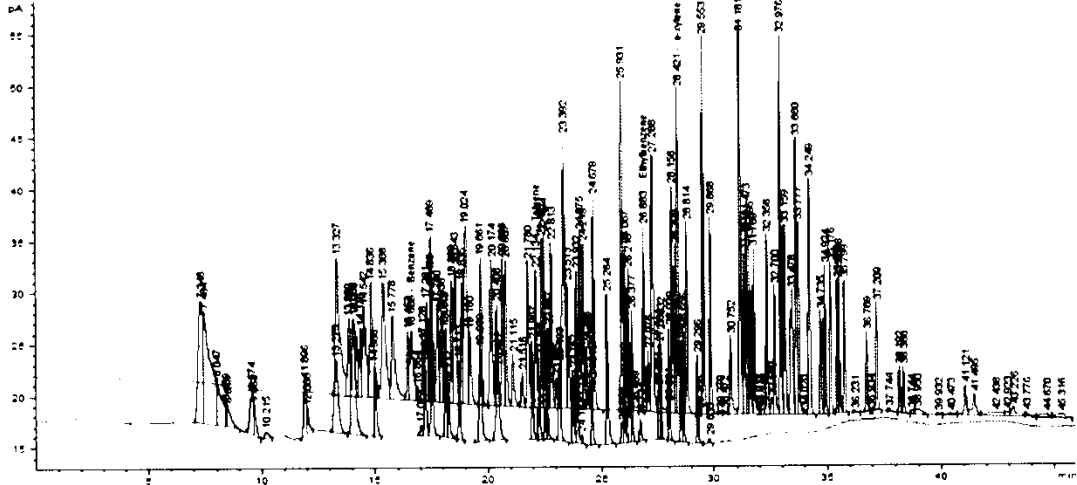
Agilent marka Gaz Kromatografda örnek geçirgen membran kurutucudan geçerek elektrikle soğutulan sorbent ile doldurulmuş tutucuya gönderilir. Membran tutucu nem ve düşük moleküler kütleli bileşikler seçici olarak uzaklaştırır. Böylece bu bileşiklerin FID dedektör üzerindeki olası istenmeyen etkileri azaltılmaktadır. Örnek emiş hızı elektronik kütle regülatörü ve tutucunun alt kısmına yerleştirilmiş pompa ile kontrol edilmektedir. Örnekleme parametreleri kullanıcı tarafından seçilmekte ve cihazda bulunan yazılım ile de kontrol edilmektedir. Örnekleme bittikten sonra örneğin geçtiği kanal taşıma gazı ile yıkanarak kanalda bulunan örneğin tamamı tutucuya gönderilir ve aynı zamanda tutucuda oluşan oksijen de sistemden uzaklaştırılır. Daha sonra tutucu, dakikada 100 °C' ye kadar varan sıcaklık artışıyla ısıtılır ve örnek konsantre edilmiş bir şekilde kapiler kolona aktarılır. Örnek tutucudan uzaklaştırıldıktan sonra tutucu soğutulur ve bir sonraki örneğin gelmesi için yeniden dengeye gelir. Bu sırada tutucudan uzaklaştırılan örneğin analizi devam etmektedir. Sistemde US EPA' nın ozon öncüsü olarak tanımladığı 56 parametrenin analizini yapmak mümkündür.

Gaz Kromatograf cihazı analize başlamadan önce kalibre edilmiştir. Kalibrasyon için sertifikalı gaz standartları kullanılmıştır. Scott Speicaltiy Gaz firmasından temin edilen basınçlandırılmış silindirler içinde bulunan her bir bileşiğin konsantrasyonu 1 ppm' dir. GC-FID sistemine bağlı bulunan Unity ısısal desorpsiyon cihazı gaz

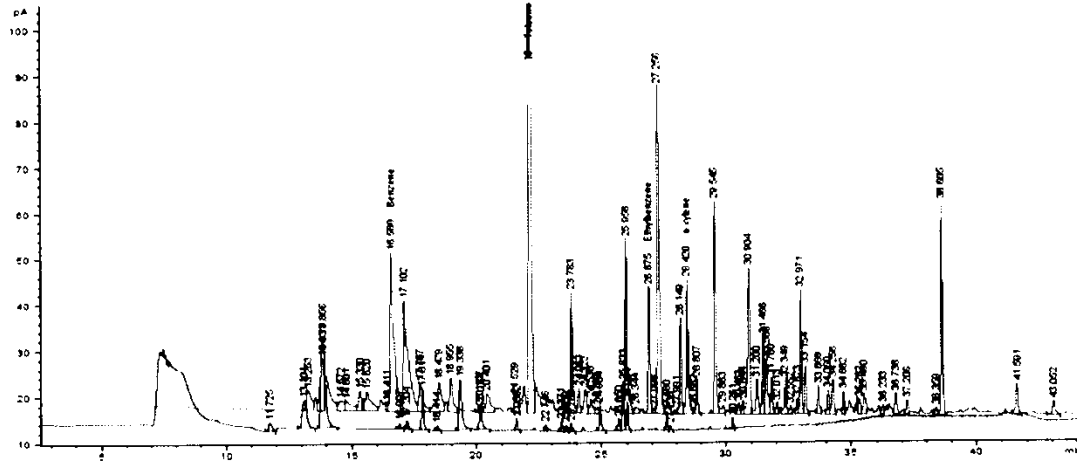
standardını doğrudan alıp analizini yapabilmektedir. Bu sistem, kalibrasyon standardı hazırlanırken hiç bir şekilde müdahale edilmediği ve seyreltme gerektirmediği için kalibrasyon eğiminin korelasyon katsayısı (R^2) her bir kirletici için 99,999 ve üzerinde hesaplanmıştır. GC-FID cihazı ChemStation yazılımı ile kullanılmaktadır. Bu yazılım kullanılarak, kalibrasyon gaz standardı içinde bulunan her bir bileşik için 5 noktalı kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. 5 noktalı kalibrasyon eğrisi kalibrasyon gazındaki bileşiğin ng olarak miktarının o bileşiğin programda okuduğu alana karşılık gelen değeri kullanılarak çizilmiştir. 5 farklı gaz standardı seviyesi Scott Speicialtiy Gaz PAMS standardından 1, 2, 3, 4 ve 5 ml çekilerek yapılan analizler sonucu hazırlanmıştır. Analizler sırasında çizilen kalibrasyon eğrileri kullanılarak örnek içinde kirleticinin ng olarak miktarı tespit edilmiştir. Örneklerde bulunan kirleticinin kütleli miktarı (ng), örnekleme süresi (dakika) ve örnekleyicinin tutma sabiti (mL/dak) kullanılarak denklem 3.2 uyarınca herbir kirleticinin havadaki konsantrasyonu hesaplanmıştır.

Beş noktalı kalibrasyon eğrisi analizler yapılmadan önce çizilmiştir. Pasif örnekleme hesaplarında çizilen kalibrasyon eğrileri kullanılmıştır. Şekil 3.4' de kalibrasyon için kullanılan UOB gaz standardına ait bir kromotogram, Şekil 3.5' de örnek bir pasif örnekleme tüpüne ait kromotogram verilmiştir.

Örnekleme periyodunda 3 alan şahit örneği, iki de laboratuvar şahit örneği olmak üzere 5 şahit örnek toplanmıştır. Bu örneklerden 2 tanesi laboratuvar şahit örneği olarak laboratuvarda bulunan buzdolabına bırakılmıştır. 3 tüp ise alan kör örneği olarak örneklerle beraber araziye götürülmüş ve arazide örnekler yerleştirilirken yapılan tüm işlemlere maruz bırakılmış ve iki tarafıda pirinç kapakla kapalı olarak örnekleme süresi boyunca hava ile temas etmeyecek şekilde saklanmıştır. Örnekler toplandıktan sonra alan ve laboratuvar şahit örnekleri diğer örneklerle beraber aynı koşullar altında analiz edilmiştir.



Şekil 3.4: Kalibrasyon standardına ait örnek kromatogram



Şekil 3.5: Pasif örnekleyciye ait kromatogram

Gaz Kromatograf cihazlarında belirlenen UOB' lere ait tayin sınırları Tablo 3.4' de verilmiştir. Tayin sınırlarının belirlenmesinde şahit örneklerin analiz sonuçları kullanılmıştır. Her bir UOB için tayin sınırları 5 adet şahit örneğinden elde edilen emisyon sinyallerinin standart sapmalarının 3 katına karşılık gelen konsantrasyonlar olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.4: UOB' lere Ait Tayin Sınırları (TS)

UOB	TS (ng/L)
Benzen	0.001
Toluen	0,0055
Etilbenzen	0,0005
m-p-ksilen	0,0005
0-ksilen	0,0005
n-propilbenzen	0,001
3-etiltoluen	0,0005
4-etiltoluen	0,0005
1,3,5-trimetillbenzen	0,0005

Kirleticilerin konsantrasyonları hesaplanırken her bir kirletici için tutma sabiti kullanılmıştır. Adsorbentin ideal tutma sabiti hesabı aşağıda verilen denklem 3.1 ile hesaplanır [40].

$$Tutma\ Sabiti = \frac{dm}{dt} = \frac{DxA}{L} (C_o - C_a) \quad (3.1)$$

m: adsorbent üzerinde toplanan kirliliğin miktarı (ng)

t: maruz kalma süresi (dakika)

A: tüpün kesit alanı (cm²)

D: Kirliliğin adsorbente difüzyon katsayısı (cm²/ s)

L: Tüpün difüzyon kısmının boyu (cm)

C₀: Kirliliğin havadaki derişimi (g/cm³)

C_a: Kirliliğin başlangıçta tüp üzerindeki derişimi (g/cm³)

Pasif örnekleme yönteminde en önemli kabul adsorbentin çok iyi bir alıcı olduğudur. Bu sebeple örneklemeye başlamadan önce tüpün üzerindeki kirliliğin derişimi sıfır olarak kabul edilir. Yukarıda belirtilen eşitlik yatışkın durumda ve adsorbentin çok iyi toplayıcı olduğu kabul edildiği durumda aşağıdaki gibi yazılır [45].

$$C_o = \frac{m x L}{t x D x A} \quad (3.2)$$

Tutma sabiti terimini $\left(u = \frac{D \times A}{L}\right)$ denklem 3.2' de yazdığımızda kirleticinin havadaki derişimi denklem 3.3 ile bulunur.

$$C_o = \frac{m}{t \times u} \quad (3.3)$$

Tablo 3.5' de bu çalışmada kullanılan pasif örnekleycinin tutma sabitleri verilmiştir.

Tablo 3.5: UOB' lere ait tutma sabitleri (TS)

UOB	Tutma sabiti (u) (L/dak)
Benzen	0,414
Toluen	0,48
Etilbenzen	0,421
m-p-ksilen	0,437
0-ksilen	0,365
n-propilbenzen	0,449
3-etiltoluen	0,391
4-etiltoluen	0,415
1,3,5-trimetillbenzen	0,37

Tablo 3.5' de verilen tutma sabitleri kullanılarak bu çalışmadaki konsantrasyonlar denklem 3.4'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Konsantrasyon } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{m \text{ (ng)}}{u \text{ (L/dak.)} \times t \text{ (dak.)}} \quad (3.4)$$

3.7. Meteorolojik Veriler

Ölçüm yapılan tarihlere ait meteorolojik veriler Kocaeli Meteoroloji Müdürlüğü'nden temin edilmiş ve Tablo 3.5' de verilmiştir. Yazın maksimum sıcaklık 32,3 °C, minimum sıcaklık ise 25 °C olarak ölçülmüştür. Kışın maksimum sıcaklık 21,1 °C, minimum 6,5 °C olarak ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık yazın 22,4 °C kışın 7,5 °C' dir. Nem miktarı en yüksek % 65,7 en düşük % 61' dir. Günlük güneşlenme süresi yazın en yüksek 11,7 saat en düşük 1,5 saat, kışın ise en yüksek 6,4 saat en düşük 0 saattir. Yazın günlük en yüksek rüzgar hızı 10,2 m/sn en düşük rüzgar hızı 5,3 m/sn dir. Kışın en yüksek rüzgar hızı 17,2 m/sn en düşük rüzgar hızı

5,3 m/sn dir. Ortalama rüzgar hızı yazın en yüksek 2,1 en düşük 1,2 iken kışın en yüksek 2,6 en düşük 1,8 m/sn dir [34].

Tablo 3.6: Meteorolojik veriler [34]

Tarih	Sıcaklık			Nem	Güneşlenme Süresi	Rüzgar			
	Max	Min	Ort.			En Yüksek Hız	Yön	Ort. Hız	Yön
01.07.2006	32,3	20,3	26,5	61,7	11	5,3	SE	1,3	N
02.07.2006	31,5	22,2	26,2	66	11,3	7,1	N	1,6	SE
03.07.2006	25	17,9	19,5	65,7	1,5	7,7	NNE	1,7	N
04.07.2006	23,2	16,2	19,6	57,7	7,5	8,3	N	1,8	N
05.07.2006	26,5	15	21,3	61	11	9,7	NNW	2,1	SE
06.07.2006	26,5	19,3	22	59,3	11,2	10,2	N	1,5	N
07.07.2006	28,6	16,2	22,3	63	11,7	8,1	N	1,5	SE
08.07.2006	28,5	16,1	22,1	62,7	11,2	5,9	NW	1,2	NW

BÖLÜM 4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

4.1. Kocaeli İli UOB Konsantrasyonları

Kocaeli genelinde 7 ilçeyi kapsayacak şekilde seçilen 50 noktada yaz mevsimini temsilen 01-08 Temmuz 2006 ve kış mevsimini temsilen 25 Ocak 2007-02 Şubat 2007 tarihleri arasında pasif örnekleme tekniği kullanılarak UOB örnekleri toplanmıştır. Ancak kalite kontrol ve kalite güvencesi çalışmalarında kış örnekleme periyodunda toplanan örneklerin analiz sonuçları istenen kalitede olmadığından bu tez kapsamında sadece yaz örnekleme sonuçları kullanılmış ve tüm değerlendirmeler bu sonuçlar üzerine yapılmıştır.

Aromatik uçucu hidrokarbonlar arasında benzen, toluen, etilbenzen ve ksilenler, en fazla görülen bileşiklerdir [46]. Bu çalışma kapsamında da BTEX' ler (benzen, toluen, etilbenzen, m-p- ksilen, o-ksilen) ve n-propilbenzen, 3-etiltoluen, 4-etiltoluen, 1,3,5 trimetilbenzen için 49 örneğin analizi yapılarak konsantrasyonlar belirlenmiştir. Kocaeli UOB konsantrasyonlarına ait istatistiksel değerler aritmetik ortalama, standart sapma, geometrik ortalama, medyan, minimum ve maksimum değerler olarak Tablo 4.1' de verilmiştir. Her bir bileşik için aritmetik ortalama değerleri hem medyan hem de geometrik ortalama değerlerinden yüksektir. Aritmetik ortalama değerlerinin geometrik ortalama değerlerinden yüksek olması örnekler arasındaki konsantrasyon farklılıklarının büyük olduğunu göstermektedir. Aritmetik ortalama örnek kompozisyonundaki değişimlere daha duyarlı bir ölçüm parametresi iken geometrik ortalama, tanımı gereği örnek sayısı ile normalize edildiğinden örnek kompozisyonundaki ani değişimlerden çok fazla etkilenmemektedir. Bu bakımdan elde edilen sonuçların ortalamaları değerlendirilirken geometrik ortalama veya medyan değerlerinin kullanılması daha anlamlı olmaktadır. Ancak literatürde verilen değerler genellikle aritmetik ortalama olarak sunulduğundan bu çalışmadaki değerlendirmeler aritmetik ortalamalar kullanılarak yapılmıştır.

Ayrıca elde edilen yüksek standart sapma değerleri, çevresel örneklerde karşılaşılan olağan bir durumdur ve örnekleme noktalarının farklı kaynak ve kaynak kuvvetlerinden etkilenmesinin bir sonucudur.

Tablo 4.1: Kocaeli UOB konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve verilerle ilgili istatistiksel değerler

UOB Adı	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama \pm Standart Sapma	Geometrik Ortalama	Medyan	Minimum	Maksimum
Benzen	49	2,85 \pm 3,24	2,17	2,05	0,49	21,68
Toluen	49	33,42 \pm 34,79	19,60	19,48	2,06	164,78
Etilbenzen	49	11,56 \pm 11,34	7,64	7,47	0,54	57,21
m-p-ksilen	49	35,43 \pm 33,04	22,96	23,85	1,63	121,28
o-ksilen	49	14,14 \pm 13,56	9,05	10,12	0,25	62,98
n-propilbenzen	49	16,70 \pm 25,21	9,34	11,11	0,77	166,29
3-etiltoluen	49	5,32 \pm 6,45	2,94	3,14	0,06	33,73
4-etiltoluen	49	4,17 \pm 5,62	2,46	2,55	0,01	34,96
1,3,5-trimetilbenzen	49	3,44 \pm 4,59	1,80	2,56	0,05	29,01

Çalışma kapsamında seçilen örnekleme noktalarında benzen konsantrasyonları 0,49 - 21,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. Kocaeli için ortalama benzen konsantrasyonu 2,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY)' nde Uzun Vadeli Sınır (UVS) değer olarak 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri ile karşılaştırıldığında yaz döneminde benzen konsantrasyonunun bazı bölgelerde sınır değerinin üstünde olduğu görülmektedir. HKKY' ne göre benzen konsantrasyonunun yüksek olduğu bölgeler ve bu bölgelerdeki benzen değerleri Tablo 4.2' de verilmiştir. Benzen, kentsel atmosfer riskinde birinci hedef olması [47] ve genetik kanser riski oluşturmasından [48] dolayı aromatik hidrokarbonların önemli bir temsilcisidir [49]. Bu çalışmada maksimum benzen konsantrasyonları Körfez bölgesinde yer alan rafineri tesisinde seçilen örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Bu noktada yaz mevsimi için tespit edilen 21,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri HKKY' ne göre sınır değerinin oldukça üstündedir.

Tablo 4.2: Benzen Konsantrasyonun Yüksek Çıktığı Bölgeler

Bölge Adı	Karakteristik Özelliği	HKKY Sınır Değeri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzen Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Körfez 2	Endüstri	5	21,68
Körfez 3	Endüstri	5	9,46
Gölcük 1	Trafik	5	7,33
Dilovası 1	Endüstri	5	5,49
Dilovası 3	Endüstri	5	5,49
İzmit 2	Kent merkezi	5	5,60

Tablo 4.1 incelendiğinde toluen konsantrasyonlarının; ortalama $33,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu ve $2,06-164,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek toluen konsantrasyonu ise $164,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile kent merkezinde yer alan Köseköy MYO'da tespit edilmiştir. Köseköy sınırları içinde Türkiye'nin öncü sanayi kuruluşları mevcut olup, yaklaşık 272 dükkanın bulunduğu Köseköy Küçük Sanayi Sitesi dışında Pak-Holding, Türk Pirelli, Deva Holding, Çelikkord, Türk Sondel Enerji, Lifli Rulo, Nuh Beton, Detaş, gibi büyük sanayi kuruluşları üretim yapmakta, Madeni Yağ, Branda ve Mobilya firmaları faaliyette bulunmaktadır [50]. Bu nedenle yüksek toluen konsantrasyonunun bu bölgede bulunan endüstrilerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Etilbenzen konsantrasyonları; $0,81-39,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. Tüm örnekleme noktalarında elde edilen sonuçların ortalaması ise $11,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. M-p-ksilen konsantrasyonları $1,63-121,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir ve tüm örnekleme noktaları için ortalama $35,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon trafiğin yoğun olduğu bölgelerde görülmüştür. Ortalama $14,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilen o-ksilen konsantrasyonları ise $0,25-62,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. En yüksek konsantrasyon rafineri tesisinin olduğu noktada ölçülmüştür.

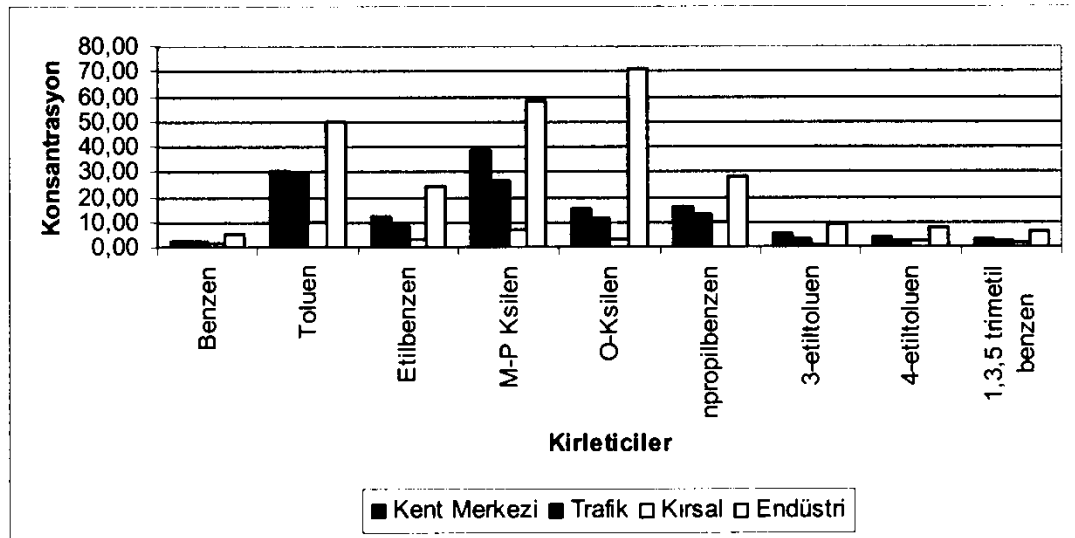
N-propilbenzen konsantrasyonları ortalama $16,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olup $0,83-166,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. 3-Etiltoluen konsantrasyonları ortalama $5,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olup $0,06-33,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. 4-Etiltoluen konsantrasyonları ortalama $4,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olup $0,01-34,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. 1,3,5 trimetilbenzen konsantrasyonları ise $0,05-29,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. Tüm örnekleme

noktaları için ortalama konsantrasyon $3,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. N-propilbenzen, 3-Etiltoluen, 4-Etiltoluen ve 1,3,5 trimetilbenzen için en yüksek konsantrasyonların rafineri tesisinde seçilen noktada olduğu görülmüştür.

Bu çalışma için UOB konsantrasyonları genel olarak değerlendirildiğinde Kocaeli bölgesindeki en önemli UOB kaynaklarının endüstri ve trafik olduğu görülmektedir.

4.2. UOB Konsantrasyonlarının Bölgelere Göre Dağılımı

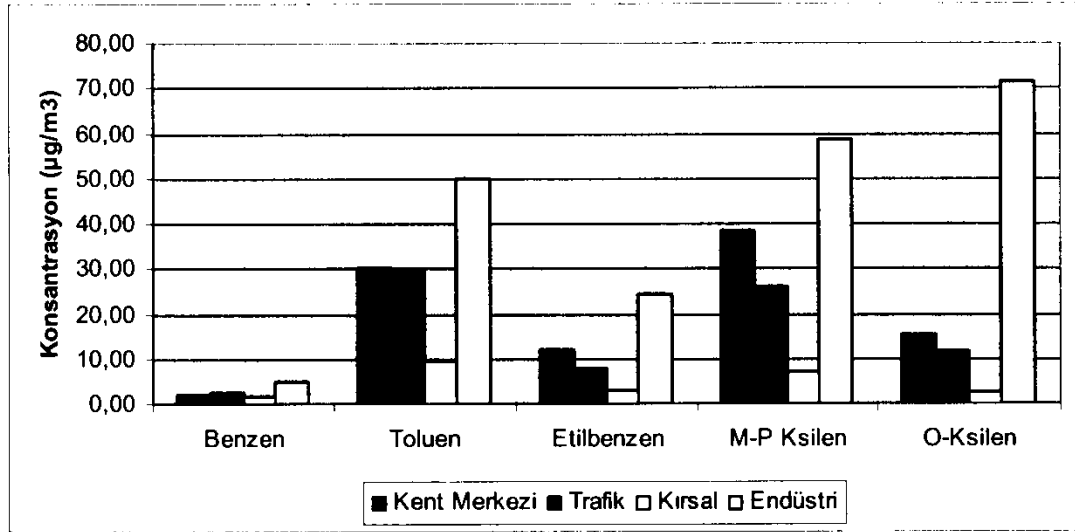
Farklı özellikteki alanlarda UOB'lerin dağılımını araştırmak için, nüfus, endüstri ve trafik yoğunlukları baz alınarak 4 bölge seçilmiştir. Endüstri, kent merkezi, trafik ve kırsal bölge olarak seçilen örneklem noktalarındaki ortalama UOB konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dağılımı Şekil 4.1' de verilmiştir. UOB konsantrasyonlarının sanayileşmenin yoğun olduğu endüstri bölgesinde en fazla çıktığı görülmektedir. Kent merkezindeki yüksek UOB konsantrasyonlarının ise sıkışık cadde trafiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü kent merkezindeki en önemli UOB kaynağı motorlu araçlardır.



Şekil 4.1: Kaynak bölgelerine göre UOB konsantrasyonları

BTEX konsantrasyonlarına bakıldığında en baskın kirlençinin toluene olduğu görülmektedir. Kaynak bölgelerine göre BTEX konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Şekil 4.2' de gösterilmektedir. Bölgeler arasındaki BTEX konsantrasyonları karşılaştırıldığında

en yüksek düzeylerin endüstri ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde tespit edildiği görülmektedir. Trafiğin yoğun olduğu bölgeler, “Trafik” olarak seçilen otoyol kenarlarının dışında sıkışık kent içi trafiğinin görüldüğü “Kent Merkezi” bölgelerini de kapsamaktadır. BTEX konsantrasyonları $101,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile trafik bölgesinde en yüksek, $20,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile kırsal bölgede en düşük düzeylerde bulunmuştur.



Şekil 4.2: Kaynak bölgelerine göre BTEX konsantrasyonları

Benzen konsantrasyonlarının bölgelere göre dağılım oranları Şekil 4.3.'de verilen pay grafiğinde görüldüğü gibi % 44 ile endüstri olarak adlandırılan bölgelerde yüksek çıkmıştır. Endüstri olarak adlandırılan bölgelerde petrokimya, rafineri, motorlu araç lastik fabrikaları, tehlikeli atık yakma ve depolama tesisi gibi UOB emisyonlarının yayılabileceği birçok emisyon kaynağı bulunmaktadır. Benzen konsantrasyonu endüstri bölgesinden sonra %23 oranı ile en fazla trafik olarak adlandırılan bölgede görülmüştür. Kent merkezinde üçüncü olarak %19 oranında yüksek benzen konsantrasyonları tespit edilmiştir. Kent merkezi olarak seçilen noktalar genellikle oturmaya ayrılmış alan olmasına rağmen trafikten ve sanayi kuruluşlarından da etkilenmektedir. Araç trafiği günde 4151 araç/gün olan (1837 ağır araç/gün+2314 ağır hafif araç/gün) [42] İzmit kent merkezinde benzen konsantrasyonu $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile sınır değerinin üstünde çıkmıştır. Bu bölgede sürekli var olan ve genellikle sıkışık düzende devam eden bir trafik mevcuttur. Ayrıca bu bölgede bulunan binalar peş peşe sıralandığından araçlardan kaynaklanan emisyonlar

da yeterince dağılamamakta ve bu nedenle yüksek konsantrasyonların ölçülmesine neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.3: Benzenin bölgelere göre dağılımı

Diğer uçucu organik bileşikler de (toluen, etilbenzen, m-p-ksilen, o-ksilen, 3etiltoluen, 4etiltoluen, npropilbenzen, 1,3,5 trimetilbenzen) benzen gibi konsantrasyonlarına ve bölgelere göre dağılım paylarına bakıldığında endüstri ve trafik olarak adlandırılan bölgelerde yüksek çıkmıştır.

4.3. UOB Konsantrasyonlarının Literatür ile Kıyaslanması

Bu çalışmada uçucu organik bileşik konsantrasyonları belirlenmiş ve bölgelere göre dağılım haritaları oluşturulmuştur. Kocaeli ilinde çıkan sonuçlara göre endüstri ve araç egzostlarının uçucu organik bileşik konsantrasyonları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Araçlardan atmosfere atılan uçucu organik bileşikler ve bunların atmosferde girdikleri reaksiyonlar sonucu oluşan ürünler son yıllarda hava kirliliği konusunda en çok ilgi gören alanlardan birisi olmuştur. Bunun birinci nedeni UOB'lerin fotokimyasal bir oksidant olan ozon (O_3) oluşumuna katkısı, ikincisi ise UOB'leri oluşturan bazı organik bileşiklerin kanserojen olmasıdır. Troposferik ozon, güneş ışığında NO_x ve UOB'ler arasındaki reaksiyonlar vasıtasıyla oluşan ikincil bir kirlenmedir. Yeryüzüne yakın yüksek ozon konsantrasyonları sağlık üzerinde olumsuz etkiler gösterebilmektedir [51]. Ülkemizde kentsel hava kalitesinin belirlenmesinde UOB'ler ile ilgili yapılmış kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Onat (1999) ve

Eryiğit (2000) tarafından İzmir’de sınırlı sayıda uçucu organik bileşiğin (n-hekzan, n-heptan, benzen, toluen, m,p,o-ksilen, 1,3,5-trimetilbenzen, 1,2,4-trimetilbenzen, etilbenzen) ölçülmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada oldukça yüksek konsantrasyonların bulunması, trafikten kaynaklanan kirleticilerin kentlerimizde çok daha kapsamlı olarak karakterize edilmesi gerektiğinin açık bir göstergesidir. Ayrıca Çetin ve ark. (2003) tarafından rafineri ve petrokimya tesislerinin bulunduğu Aliağa bölgesinde UOB ’lerle ilgili yapılan ölçüm sonuçlarının İzmir kentinde bulunan sonuçlardan 20 kat daha fazla olduğunu göstermesi, bu endüstrilerin kirliliğe oldukça yüksek katkıları olduklarını ortaya koymaktadır.

Kuenja C. Chung (2006) tarafından Katrina kasırgasından sonra büyük New Orleans bölgesinde pasif örnekleme tekniği kullanılarak uçucu organik bileşik konsantrasyonları ölçülmüştür. Bölgede bulunan sonuçların medyanları alınmış ve sonuçlar Kocaeli ilinde bulunan sonuçlarla karşılaştırıldığında Kocaeli bölgesinde UOB konsantrasyonlarının çok daha fazla olduğu görülmüştür. Özellikle toluen ve m-p-ksilen konsantrasyonları 20 kat daha fazla çıkmıştır. Bu durumun Kocaeli bölgesinde daha fazla endüstriyel faaliyetler ve trafik yoğunluğunun olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tablo 4.3’ de iki şehirde bulunan UOB konsantrasyonlarının karşılaştırılması verilmiştir [54].

Tablo 4.3: İki şehirde bulunan UOB konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) karşılaştırılması

UOB Adı	Büyük New Orleans Konsantrasyonları medyanı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kocaeli BTEX Konsantrasyonları medyanı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Benzen	0,03	2,05
Toluen	0,06	19,48
Etilbenzen	0,02	7,47
m-p-ksilen	0,06	23,85
o-ksilen	0,02	10,12
1,3,5-trimetilbenzen	0,01	2,56

Bir diğer çalışma ise; C. Lee ve arkadaşları tarafından Hong Kong' daki UOB' lerin bölgesel ve zamansal dağılımı araştırmak için Eylül 1997 den Eylül 1999' a beş farklı bölgede uçucu organik bileşik konsantrasyonları ölçülmüştür. Numuneler 12

UOB 'in ölçümü ve örnekleme USEPA Method TO-14 ile uyumlu bir şekilde yürütülmüştür. MSD (HP 5973) ile uyumlu gaz kromatograf (HP 6890A) ile birleşik kriyojenik yoğunlaştırıcı kullanarak numuneler analiz edilmiştir. UOB dağılımları, dört kentsel alanda da çok farklıdır. Bu çalışmada olduğu gibi toluen, ksilen ve benzen konsantrasyonları bütün dört alanda da en genel tiptir ve bu kentsel alandaki UOB' lere % 50-70 civarında katkıda bulunmaktadır [55]. Hong Kong kent merkezi ile İzmit kent merkezinde ortalama trafik yoğunluğu benzer olduğundan kirleticilerin Hong Kong'da çıkan maksimum benzen, toluen konsantrasyonları bu çalışma ile karşılaştırılabilir bulunmuştur. Ancak Hong Kong'taki endüstri tiplerinin birbirlerinden farklı olması sonucu bu şehirlerin arasındaki BTEX oranları farklı çıkmıştır. Hong Kong' ta sanayi bölgesinde daha çok metal ve basma endüstrisinin bulunması ve Kocaeli bölgesinde ise petrol rafinerisi bulunmasından dolayı m-ksilen ve o-ksilen Kocaeli bölgesinde yüksek çıkmıştır. Tablo 4.4' de iki çalışmadaki maksimum BTEX sonuçları verilmiştir.

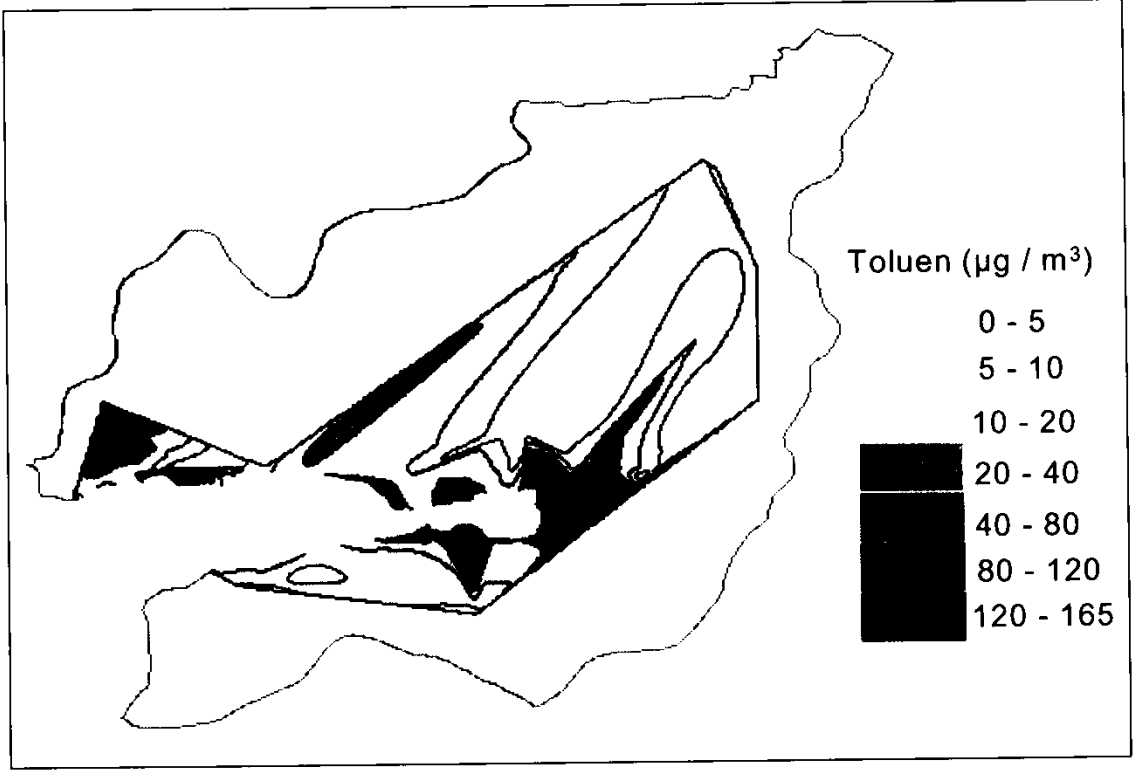
Tablo 4.4: Hong Kong' taki maksimum BTEX sonuçlarının karşılaştırılması

Kirleticiler	Hong kong (Mak. Kons.)	Kocaeli (Mak. Kons.)
Benzen	22,95	21,68
Toluen	197,14	164,78
Etilbenzen	68,98	39,75
m- ksilen	54,32	121,28
o- ksilen	26,55	62,98

4.4. Kocaeli İli UOB Dağılım Haritalarının Oluşturulması

Çalışma kapsamında 50 noktada yapılan örnekleme ve ölçüm çalışması sonucu elde edilen UOB konsantrasyonlarının mekansal dağılımı, MapInfo yazılımı kullanılarak oluşturulan kirlilik haritaları şeklinde verilmiştir. Dağılım haritaları kirleticilerin mekansal değişimi ve kirlilik kaynaklarının konumlarının görsel olarak takip edilmesini kolaylaştıran ve yaygın olarak kullanılan araçlardır. Şekil 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11'de sırasıyla benzen, toluen, etilbenzen, m,p,o-ksilen, n-propilbenzen, 1,3,5-trimetilbenzen, 3-etiltoluen ve 4-etiltoluen, için dağılım haritaları gösterilmiştir.

Benzen için hazırlanan dağılım haritası incelendiğinde konsantrasyonların endüstri ve trafik ile kent merkezleri olarak sınıflandırılan bölgelerde yüksek olduğu



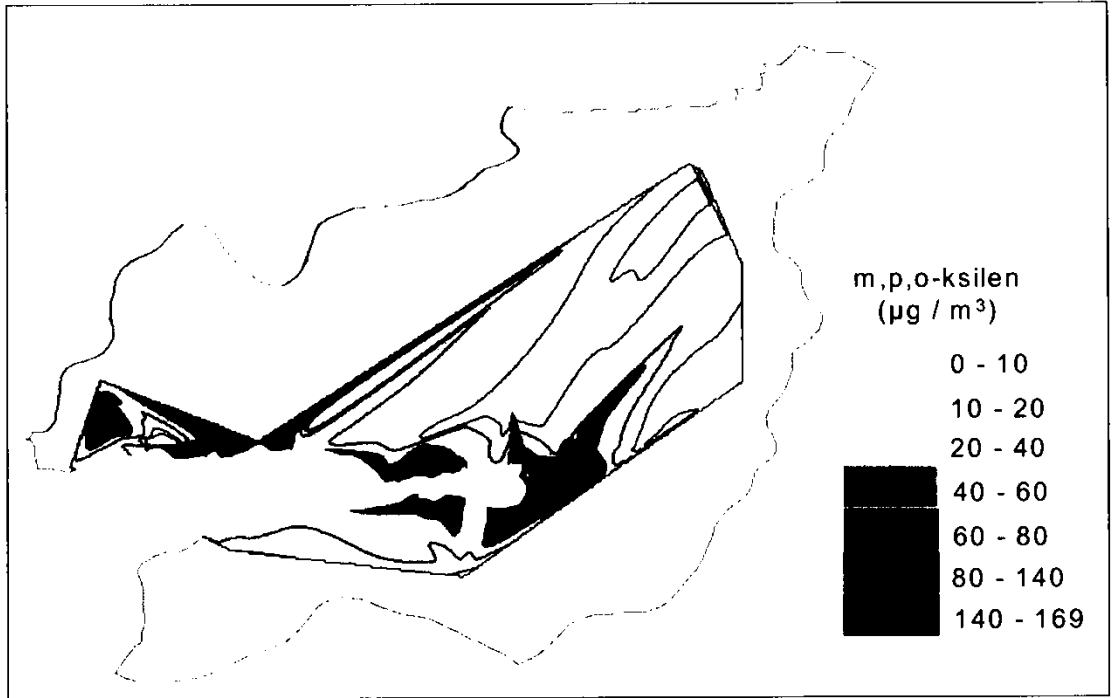
Şekil 4.5: Kocaeli bölgesinde gözlenen toluen dağılımı

Etilbenzen konsantrasyonunun körfez bölgesinde ve kent merkezinde daha yüksek olduğu Şekil 4.6' da görülmektedir. Bu bölgelerdeki Etilbenzen konsantrasyonu incelendiğinde sırasıyla $57,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $37,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $34,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile tüpraş petrokimya, tüpraş rafineri ve İzmit kent merkezinde en yüksek değerlerdedir.

M-p-o ksilen konsantrasyonları Kocaeli ilinin körfez ilçesinde, Dilovası ve trafiğin yoğun olduğu bölgelere yayılmıştır. Şekil 4.7' deki kirlilik haritasına bakıldığında Dilovasında m-p-o ksilen kirleticileri rüzgarın etkisiyle bütün bir alana yayılmıştır.



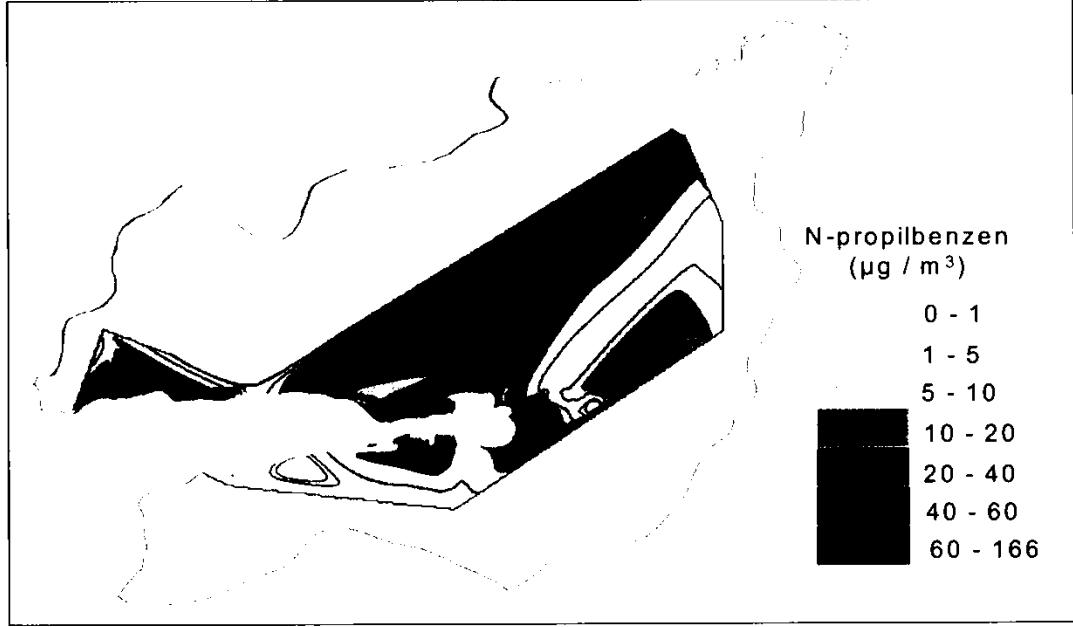
Şekil 4.6: Kocaeli bölgesinde gözlenen etilbenzen dağılımı



Şekil 4.7: Kocaeli bölgesinde gözlenen m,p,o-ksilen dağılımı

Şekil 4.8' de n-propilbenzenin kirlilik haritası verilmiştir. Haritaya bakıldığında Kocaeli' nin Körfez ilçesinde, Dilovası bölgesi ve Değirmendere kent merkezinde n-propilbenzen konsantasyonlarının fazla çıktığı görülmüştür. Körfez ilçesinde bulunan Tüpraş rafineri n-propilbenzen konsantrasyonunun fazla çıkmasına neden

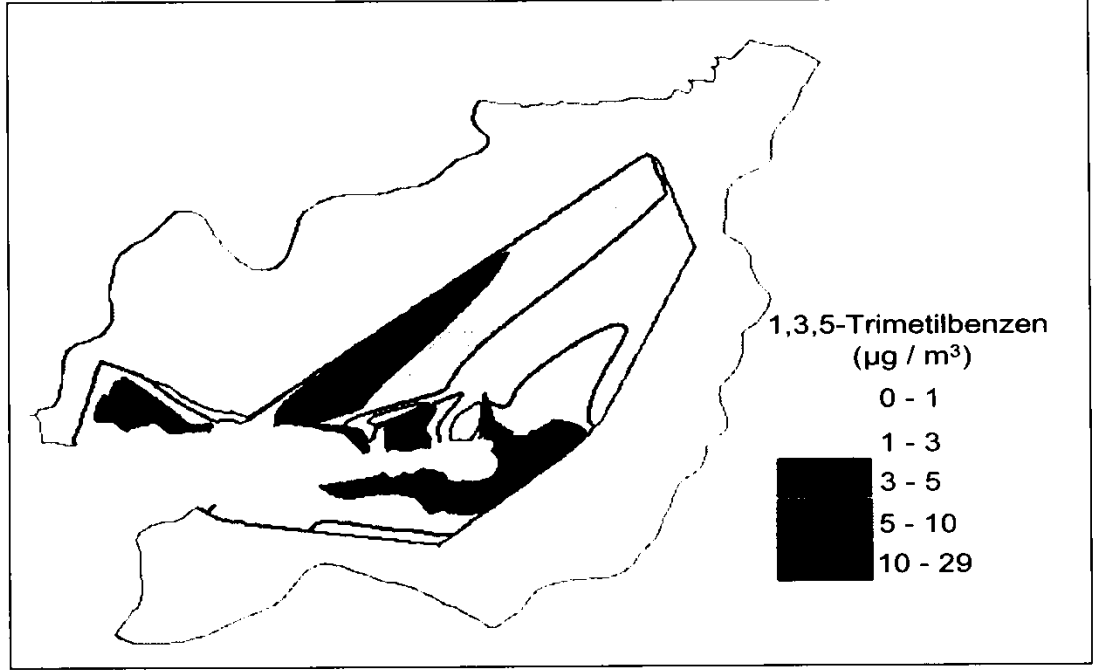
olmaktadır. Aynı zamanda Değirmendere kent merkezinde de bu değerin fazla çıkması Tüpraş rafinerisinden yayılan kirleticilerin rüzgarla yayılmış olabileceğini düşündürmektedir. Çünkü Değirmendere rafinerisinin tam karşısında yer almaktadır.



Şekil 4.8: Kocaeli bölgesinde gözlenen n-propilbenzen dağılımı

1,3,5-trimetilbenzen dağılımına bakıldığında yine endüstri ve trafik yoğunluğu olan yerlerde kirletici yoğunluğu fazla çıkmıştır. İzmit kent merkezinde 1,3,5-trimetilbenzen konsantrasyonunun $11,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile yüksek değerde çıkmasının sıkışık cadde trafiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

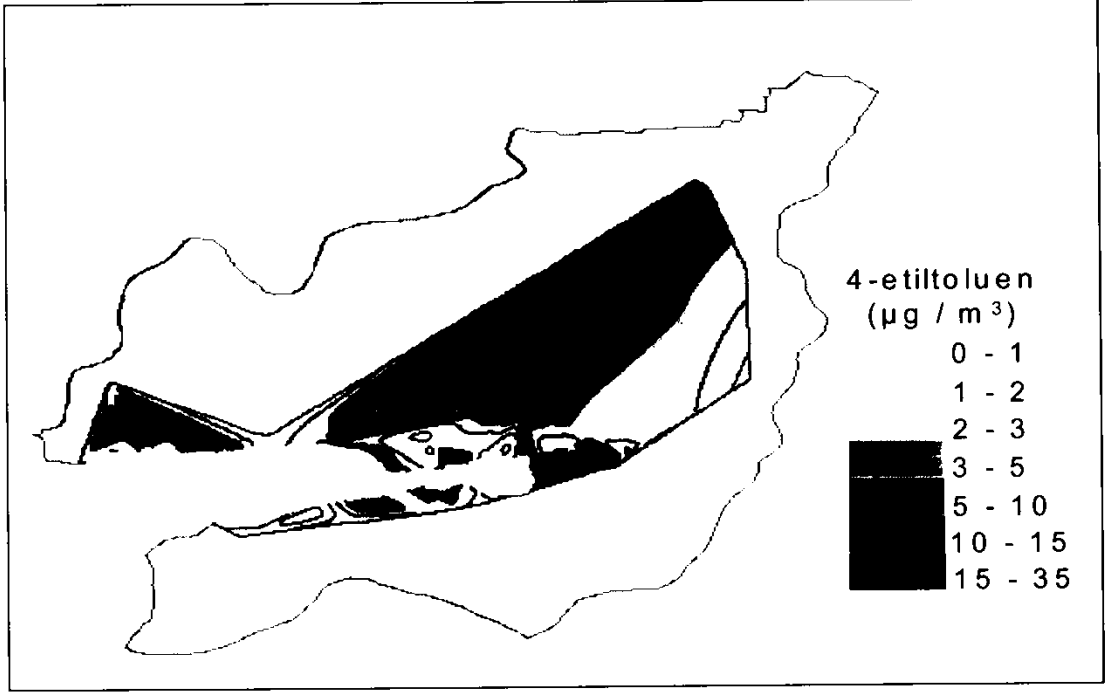
Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'deki kirlilik haritalarına bakıldığında Kocaeli bölgesinde gözlenen 3-etiltoluen ve 4-etiltoluen konsantrasyonları benzer bir dağılım göstermiştir. İzmit kent merkezinde, petrokimya ve sürekli trafiğin mevcut olduğu Kocaeli Veziroğlu Kampüsünün çevresinde yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.9: Kocaeli bölgesinde gözlenen 1,3,5- Trimetilbenzen dağılımı



Şekil 4.10: Kocaeli bölgesinde gözlenen 3-etiltoluen dağılımı



Şekil 4.11: Kocaeli bölgesinde gözlenen 4-etiltoluen dağılımı

4.5. Alıcı Ortam Modelleme Tekniği Kullanılarak Kirletici Kaynakların Belirlenmesi

Kocaeli bölgesinde 50 noktada yapılan pasif örnekleme çalışması sonucunda elde edilen veri setine Faktör Analizi modelleme tekniği uygulanarak bölge genelinde etkili olan kirletici kaynakları belirlenmeye çalışılmıştır. Faktör analizi için Windows ortamında çalışan, Statgraphics Plus, Versiyon 3.1 programı kullanılmıştır. Modelin açığa çıkardığı faktörleri sınırlandırabilmek amacıyla özdeğer 1 olarak alınmıştır. Ayrıca 0.25'den daha yüksek faktör yükleri kabul edilmiştir. Kaynak tanımlamalarını yaparken USEPA SPECIATE veri tabanı (USEPA, 2006) ve literatür bilgilerinden faydalanılmıştır.

Faktör Analizi Model sonuçları muhtemel kaynak türleri ile birlikte Tablo 4.5' de verilmektedir. Toplam değişimin yaklaşık %83 gibi yüksek bir bölümü 4 faktörle açıklanabilmektedir.

Tablo 4.5: UOB Örneklerinin Faktör Analizi Sonuçları: Faktör Yükleri ve Olası Kaynak Türleri

Bileşenler	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Komünalite
NO ₂	0.27		0.79		0.72
SO ₂			0.84		0.74
Benzen			0.69	0.31	0.73
Toluen	0.28	0.70	0.25		0.75
Etilbenzen	0.94				0.97
m,p-ksilen	0.95				0.95
o-ksilen	0.93				0.95
n-propilbenzen				0.89	0.84
3-etiltoluen	0.30	0.85			0.87
4-etiltoluen		0.79		0.45	0.84
1,3,5-trimetilbenzen		0.85		0.55	0.78
Özdeğer	4.78	1.76	1.47	1.13	
Açıklanabilir Değişim (%)	43.48	16.01	13.37	10.28	
Kümülatif %	43.48	59.49	72.86	83.14	
Muhtemel Kaynak Türü	Benzinli Araç Emisyonları	Dizel Araç Emisyonları	Rafineri ve LPG Dolum Tesisleri Evaporatif Emisyonları ve Motorlu Taşıtların Emisyonları	Endüstriyel Proses Kayıpları	

Tablo 4.5 incelendiğinde Faktör 1'in toplam değişimin yaklaşık %43'ünü açıkladığı görülmektedir. Faktör 1'de Ksilenler ve Etilbenzen yüksek yüklerle, Toluen, 3-etiltoluen ve NO₂'de düşük yüklerle bulunmuştur. Özellikle Toluen, Etilbenzen ve Ksilenlerin bu faktör altında bulunması USEPA SPECIATE (USEPA, 2006) veri tabanındaki "Benzinli Araç Emisyonları" için verilen kaynak profilleri ile oldukça uyumlu bulunmuştur. Bu faktörde benzinli araç emisyonlarının en önemli göstergesi olarak Ksilenlerin yüksek yüklerle sahip olması kaynağın tanımlanmasında kolaylık sağlamaktadır. Ksilenlerin yaklaşık %95'i sadece bu faktör ile açıklanabilmektedir. Açıklamalar ışığında Faktör 1 "Benzinli Araç Emisyonları" olarak adlandırılmıştır.

Faktör 2 toplam değişimin yaklaşık %16'sını açıklamaktadır. Faktör 2'de yüksek molekül ağırlıklı organik bileşiklerin ön planda olduğu görülmektedir. Faktör 2'de trafiğin önemli işaretçilerinden toluenin yanısıra 1,3,5-trimetilbenzen, 3-etiltoluen ve

4-etiltoluen gibi yüksek molekül ağırlıklı bileşikler yüksek yüklerle bulunmuştur. Özellikle yüksek molekül ağırlıklı UOB'lerin bu faktör altında yüksek yüklerle bulunması USEPA SPECIATE veri tabanındaki "Dizel Araç Emisyonları" için verilen kaynak profilleri ile oldukça uyumlu bulunmuştur. Bu nedenle Faktör 2 "Dizel Araç Emisyonları" olarak tanımlanmıştır.

Faktör 3 toplam değişimin yaklaşık %14'ünü açıklamaktadır. Hem inorganik gazlar hem de organik kirleticilerin birlikte yer aldığı Faktör 3'de NO₂ ve SO₂ gibi inorganik gaz kirleticilerin yanısıra benzen ve toluen gibi organik kirleticilerin de yüksek yüklerle sahip olduğu gözlenmiştir. Faktör 3'de özellikle benzen ve toluen gibi incelenen diğer organik bileşenlere nazaran daha düşük molekül ağırlığa sahip UOB'lerin yer alması, bölgede kurulu ve Türkiye'nin %30'dan fazla ihtiyacını karşılayan Petrol Rafinerisi ve çok sayıda LPG Dolum Tesisine dikkat çekmektedir. Aynı bölgede bulunan Rafineri ve LPG Dolum Tesislerinin evaporatif emisyonlarından kaynaklanan yüksek uçuculuğa sahip düşük molekül ağırlıklı UOB'ler kaynağın belirlenmesinde kolaylık sağlamaktadır. Bunun yanısıra ağır trafik yüküne sahip olması nedeniyle hem benzinli hem de dizel araç emisyonlarının bu bölgede etkili olması nedeniyle NO₂ ve SO₂ gazları da Faktör 3'de yüksek yüklerle bulunmuştur. Değerlendirmeler ışığında Faktör 3 "Rafineri ve LPG Dolum Tesisleri Evaporatif Emisyonları" ve "Motorlu Taşıt Emisyonları" olarak adlandırılmıştır.

Tablo 4.5 incelendiğinde dizel araç emisyonlarında olduğu gibi yüksek molekül ağırlığına sahip UOB'lerin Faktör 4'de bulunduğu görülmektedir. Faktör 4 toplam değişimin yaklaşık %10'unu açıklamaktadır. Faktör 4'de yüksek molekül ağırlıklı n-propilbenzen yüksek yüklerle, 1,3,5-trimetilbenzen ve 4-etiltoluen' de orta yüklerle bulunmuştur. Faktör 4 ayrıca benzen bileşimini de içermektedir. Bölge 300'ü büyük olmak üzere 1000'in üzerinde endüstri kuruluşunu bünyesinde bulundurması nedeniyle büyük bir kirlilik tehditi altındadır. Bu sanayi kuruluşları arasında özellikle Türkiye'nin en büyük 3 Lastik endüstrisi birbirlerine çok yakın konumda bulunmaktadır. Yine Türkiye'nin tek Tehlikeli ve Klinik Atıkları Yakma ve Depolama Tesisi'de aynı bölgede bulunmaktadır. USEPA'nın veri tabanından (USEPA, 2006) elde edilen bilgiler ışığında sözü geçen tesisler öncelikli olmak üzere çok sayıda tesisin farklı bölümlerinden oluşan proses kayıpları nedeniyle Faktör 4'

de ağır UOB' ler açığa çıkmaktadır. Bu nedenle Faktör 4 “Endüstriyel Proses Kayıpları” olarak tanımlanmıştır.

BÖLÜM 5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Uçucu organik bileşik konsantrasyonlarının mekansal dağılımını ve bu kirleticilere etki eden kaynakları tespit edebilmek amacıyla Kocaeli il genelinde 50 örnekleme noktası belirlenmiştir. Bu noktalarda eş zamanlı UOB konsantrasyonlarının belirlenebilmesi için en uygun örnekleme yöntemi olan, difüzyif örnekleycilerin kullanıldığı pasif örnekleme yöntemi seçilmiştir. Bir haftalık maruziyet süresinde dış ortamda bırakılan örnekleycilerden bir tanesi kaybolduğu için 49 örneğin analizi yapılarak konsantrasyonlar belirlenmiştir. Herbir örnekleme noktasında tespit edilen kirletici konsantrasyonları ve örnekleme noktalarının konum bilgileri kullanılarak MapInfo yazılımı yardımıyla herbir kirleticiye ait dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında oluşturulan dağılım haritaları incelenen kirleticilerin kaynakları hakkında önemli bilgiler vermiştir.

Kocaeli genelinde 49 noktada eş zamanlı yapılan ölçüm sonuçlarına göre incelenen kirletici düzeylerinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Bu durum, bir kentin hava kalitesinin belirlenmesinde endüstri kuruluşları, atık bertaraf tesisleri, otoyollar gibi kirletici kaynaklar ve meskun bölgeler, duyarlı tarım alanları, ormanlık alanlar gibi kirlilikten etkilenebilecek alıcı ortamlar dikkate alınarak birden fazla noktada sürekli izlemelerin yapılabileceği bir kirlilik ölçüm ağının oluşturulmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Gerek kirletici kaynak türleri ve kaynak kuvvetlerinin değişmesi gerekse rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, nem, yağış, karışım yüksekliği, güneşlenme süresi ve şiddeti gibi meteorolojik verilerde görülen değişiklikler nedeniyle bir bölgedeki kirletici yükünün farklı koşullarda belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yaz ve kış gibi en azından iki farklı mevsimde örnekleme ve tekrarlanması faydalı olacaktır. Bu çalışma kapsamında kirleticilerin konsantrasyonlarındaki mevsimsel değişimi belirleyebilmek için yaz ve kış mevsimlerini temsil edecek şekilde iki farklı

örnekleme periyodunda ölçümler yapılmıştır. Ancak kış mevsimi ölçüm sonuçları kalitesi uygun olmadığından değerlendirmelerde kullanılamamıştır. Bundan sonra yapılacak benzer çalışmalarda bu durumun dikkate alınarak farklı mevsimleri kapsayan örnekleme kampanyalarının uygulanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Müezzinoğlu, A., "Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları", *Dokuz Eylül Üniversitesi*, 293, (1987).
- [2] Aydınlar B., Güven H., Kırksekiz S., "Hava Kirliliği Ve Modellemesi", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü*, 2-19, (2009).
- [3] Aydın, Ö., "Havadaki SO₂ ve PM Konsantrasyonunun İstatiksel Yöntemlerle Modellenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2-44, (2006).
- [4] T.C Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Hava kirliliğine Genel Bakış, [online], <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf>, (Ziyaret tarihi: 12.05.2009).
- [5] Yavuz, C., "Dış Ortam Hava Kirliliği Ve Mevzuat Çerçevesi", [online] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı, 2-22, http://www.toraks.org.tr/pdf/hava_kir_semp/dis_ortam_hava_kirliligi.pdf, (Ziyaret tarihi: 10.04.2009).
- [6] Tırıs M, Kalafatoğlu E, Okutan H, "Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü" *Gebze, MAM*, Kocaeli, 1-14, (1993).
- [7] Müezzinoğlu, A., " Atmosfer Kimyası", *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Textbook Series*, no:305,1-18, (2003).
- [8] Veli, S., Akyüz B., " İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve Sağlık Etkileri" *Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, 1-8, (2006).
- [9] Endüstriyel Atık Gazlar [online] <http://www.bcm.org.tr/pdf/endustriyel%20atik%20gazlar.pdf>, (Ziyaret tarihi: 12.05.2009).
- [10] Vigneron S., Hermia J., Chaouki J., "Characterization and Control Of Odour and Voc In The Process Industries", *Studies in Environmental Science* 61, *European Federation of Chemical Engineering*, 528 syf, (1994).
- [11] Çakaz, Ü., Uslusoy, A., "Uçucu organik bileşikler", Yaşar Boya ve Kimya Grubu [online], <http://www.skyred.net/voc-volatile-organic-components-ucucu-organik-bilesikler-t1328.0.html;msg13860>, (Ziyaret tarihi: 15.05.2009)

- [12] Fujita et al., 1995; Jose et al., 1998; Kourtidis et al., 1999; Derwent et al., 2000; Srivastava et al., M.I. Khoder, "Ambient Levels Of Volatile Organic Compounds In The Atmosphere Of Greater Cairo "*Air Pollution Research Department, National Research Centre* ,2-15, (2005).
- [13] Lee SC, Lam S., Fai HK., "Characterization of UOBs, Ozone, And PM10 Emissions From Office Equipment In An Environmental Chamber", 36:837-842, (2001).
- [14] US EPA. Integrated Risk Information System [online], <http://www.epa.gov/iris>, (**Ziyaret tarihi:15.05.2009**)
- [15] US EPA. "Carcinogenic effects of benzene: an update", *Office of Research and Development*, EPA/600/P-97001F, Washington, (1998).
- [16] Norback D., Bjornsson E., Janson C., Widstrom J., Boman G., "Asthma And The Indoor Environment:The Significance Of Emission Of Formaldehyde And Volatile Organic Compounds From Newly Painted Indoor Surfaces", *Occupational and Environmental Medicine* 52(69): 388-395, (1995).
- [17] Maroni M., Seifert B., Lindvall T., "Indoor Air Quality A", *Comprehensive Reference Book, Elsevier*, (1995).
- [18] Burton BT., "Volatile Organic Compounds", *Indoor Air Pollution and Health. Marcel Dekker*, (1997).
- [19] Molhave L., " Indoor Climate, Air Pollution and Human Comfort", *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiolog.*, 63-81, (1991).
- [20] Otto D, Hundell H, House D, Molhave L, Counts W., " Exposure Of Humans To A Volatile Organic Mixture. I, Behavioural Assessment. Archives of Environmental Health", 47(1):23-30, (1992).
- [21] Sandmeyer EE., "Aromatic Hydrocarbons", S 3253-3431, Gd Clayton; Fe Clayton, Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 3 rd Edition, Wiley, New York, (1982)
- [22] Wallace LA., " Comparision Of Risks From Outdoor And Indoor Exposure Exposure To Toxic Chemicals", *Environmental Health Perspectives*, 95(1):7-13, (1991)
- [23] Aydın, B., "Troposferik Ozon ve Etkileri", Doktora Semineri, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 11-16, (2008)
- [24] Cox, R. M., "The Use Of Passive Sampling To Monitor Forest Exposure To O₃, NO₂ And SO₂: A Review And Some Case Studies", *Environmental Pollution*,126(3), 301, (2003)

[25] Yay, Ozan D. “Eskişehir Ve Yakın Çevresinde Yüzey Ozon Dağılımlarının MM-Camx Modelleri Kullanılarak Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 18, (2006)

[26] Özden, Ö., ‘Hava Kalitesinin Monitorlanmasında Pasif Örnekleyicilerin Kullanılması’,Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, (2005)

[27] Yeşilyurt,C., Akcan N., “Hava Kirliliği İzleme Metodolojileri Ve Örnekleme Kriterleri” [online], T.C Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, 6-12, http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava_metod.pdf (Ziyaret tarihi:15.05.2009)

[28] Güler,N., Özkurt,N., Hilmioğlu,B., “Dış Ortam Hava Kirliliğinin Ölçüm Teknikleri”, [online], TUBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Kimya ve Çevre Enstitüsü,http://www.toraks.org.tr/pdf/hava_kir_semp/dis_ortam_hava_kirliligi_olcu_m.pdf (Ziyaret tarihi:15.05.2009)

[29] McDermott, H.J., “Air Monitoring for Toxic Exposures”, John Willey&Sons, Inc., 2nd Edition, New York, (2004)

[30] Wadden, W. A. and Scheff P. A., Indoor Air Pollution Characterization, Prediction and Control, John Willey & Sons,Inc., USA, Monn, C.H., Fuchs, A., Hogger, D., Junker, M., Kogelschatz, D., Roth, N., Wanner, H.U., 1997, Particulate matter less than 10 µm (PM10) and fine particles less than 2.5 µm (PM2.5): relationships between indoor, outdoor and personal concentrations, *The Science of the Total Environment*, 208, 15–21, (1983).

[31] Monn, C.H., Fuchs, A., Hogger, D., Junker, M., Kogelschatz, D., Roth, N., Wanner, H.U., Particulate matter less than 10 µm (PM10) and fine particles less than 2.5 µm (PM2.5): relationships between indoor, outdoor and personal concentrations. *The Science of the Total Environment*, 208, 15–21., (1997).

[32]Gorecki, T. and Namiesnik, J, “Passive sampling. Trends in Analytical Chemistry”, 21(4), 276–290, (2002).

[33] Lewne, M., Cyrus, J., Meliefste, K., Hoek, G., Brauer, M., Fischer, P., Gehring, U., Heinrich, J., Brunekreef, B., Bellander, T., “Spatial Variation In Nitrogen Dioxide In Three European Areas”, *The Science of the Total Environment*, 332, 217–230,(2004)

[34]Özaslan, Ü., “Kocaeli Kentinde Hava Kirliliğine Neden Olan İnorganik Gaz Kirleticilerin Düzeylerinin, Dağılımlarının ve Kaynaklarının Belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmit, 23-29, (2006)

[35] Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Uzaktan Algılama [online], <http://www.bimtas.com.tr/cbsua.htm>, (Ziyaret tarihi:05.05.2009).

- [36] İnan,A.İzgi, E., “Coğrafi Bilgi Sistemi, [online] Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, <http://www.yildiz.edu.tr/~inan/GIS.pdf> (**Ziyaret tarihi:15.05.2009**)
- [37]MapInfo Professional 8.5 Yazılımı [online], <http://www.restorasyonmerkezi.com/forum/gis/179-mapinfo.html>, (**Ziyaret tarihi:15.05.2009**)
- [38] Kocaeli İli Çevre Durum Raporu”, (2006).
- [39] KARAGÖZ,E., “Kocaeli İli Çevre Durum Raporu”, Kocaeli ,2, (2003).
- [40] Pekey B. “İzmit Körfezi Yaş ve Kuru Çökelme Örneklerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar Kaynakları, Seviye Tespiti ve Zaman Göre Değişimleri” Doktora tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, (2004).
- [41] Karayolları, “Yollar ve Araç Sayıları ile İlgili Veriler”, Kişisel Görüşme, (2009).
- [42]Çevre Kontrol Müdürlüğü , “ Hava Kirliliği Bölümü”, Kişisel Görüşme, (2009).
- [43] Volatile organic compounds technical data sheet [online], http://www.gradko.co.uk/pdf/Volatile_Organic_Compounds.pdf, (**Ziyaret tarihi:15.05.2009**).
- [44] Brown R.H., Charlton, J.,Saunders, K.J. “The Development Of An Improved Diffusive Sampler”, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 42: 865-869, (1981).
- [45] Roche, A., Thevenet, R., Jacob, V., Kaluzny, P., Ferrari, C., Baussand, P., Foster, P., “Performance of a Thermally Desorbable Type-Tube Diffusive Sampler for Very Low Air Concentrations Monitoring”, *Atmospheric Environment*, 33: 1905-1912, (1999).
- [46] Khoder, M.I., “Ambient Levels Of Volatile Organic Compounds In The Atmosphere Of The Greater Cairo” *Air Pollution Research Department, National Research Centre*,1-15, (2006).
- [47] Hellén H, Hakola H, Laurila T, Hiltunen V, Koskentalo T., “Aromatic Hydrocarbon And Methyl Tert-Butyl Ether Measurements In Ambient Air Of Helsinki (Finland) Using Diffusive Samplers”, *The Science of the Total Environment* ,298:55–64, (2002).
- [48] WHO, “Air Quality Guidelines For Europe”, 2nd edition, Copenhagen: WHO Regional Publications, European Series, No. 91, (2000).
- [49] Raza Rafiqul Hoque, P.S. Khillar, Tripti Agarwal, Vijay Shridhar, S. Balachandran “Spatial And Temporal Variation Of BTEX In The Urban Atmosphere Of Delhi, India”, 1-11, (2007).

- [50] Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, [online], www.kocaeli.bel.tr (**Ziyaret Tarihi: 15.05.2009**)
- [51] Lippman, M., “Health Effects Of Ozone: A critical review. Journal of the Air and Waste Management Association 39”, 672-695, (1989)
- [52] Onat, L. “Volatile Organic Compounds (VOCs) İn Industrial Emissions And Ambient Air İn Izmir”, *Dokuz Eylül Üniversitesi*, İzmir, (1999).
- [53] Çetin, E., Odabaşı, M., Seyfioğlu, R., “Ambient Volatile Organic Compound (VOC) Concentrations Around A Petrochemical Complex And A Petroleum Refinery”, *The Science of The Total Environment* , 312 (1-3), 103-112, (2003) .
- [54] Kuenja C. Chung, Ph. D. “Passive Sampling Of Ambient Concentrations Of Volatile Organic Compounds İn The Greater New Orleans Area İn The Aftermath Of Hurricane Katrina” *Environmental Protection Agency*,2-27,(2006).
- [55] Lee,S., ve ark., “Volatile Organic Compounds (Vocs) İn Urban Atmosphere Of Hong Kong”, 1-13, (2002)

ÖZGEÇMİŞ

Hande YILMAZ 12.04.1983 tarihinde İzmit'te doğdu. İlkokulu 28 Haziran İlkokulu'nda, ortaokulu ve liseyi Atafen Kolejinde tamamladıktan sonra 2001 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ne girdi ve 2006 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. Mezuniyet sonrasında aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.2007 yılında Ekşioğulları İnşaat firmasında çevre mühendisi olarak işe başladı. Halen aynı işyerinde ve aynı pozisyonda görevini devam ettirmektedir.