

## İZMİR KENT MERKEZİNDEKİ ANA ARTERLERDE HAVA KİRLİTİCİLERİN ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

Tolga ELBİR<sup>(\*)</sup>, Hasan ALTIOK, Remzi SEYFİOĞLU, Abdurrahman BAYRAM, Pınar ERGÜN, Tuba EREN, Sedef ŞİMŞİR, Yetkin DUMANOĞLU, Melik KARA, Sertaç ŞAYIR

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Buca/İzmir

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı, İzmir kent merkezi içindeki ana arterlerde hareket halindeki motorlu taşıtlardan kaynaklanan dış hava kalitesi seviyelerinin izlenmesidir. Bu amaçla İzmir kent merkezi içinde seçilen önemli caddelerde bir mobil ölçüm istasyonu ile dış hava kalitesi seviyeleri ölçülmüştür. İstasyon her bir caddede hava kalitesindeki saatlik ve günlük değişimleri izleyebilmek için en az 10 gün boyunca kesintisiz ölçüm yapmıştır. Dış hava kalitesi ölçümlerinin yapıldığı caddelerde eş zamanlı motorlu karayolu taşıt sayımları yapılarak trafik yoğunluğu ve hava kalitesi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Taşıt sayımları, caddeler üzerinde seçilen sayım noktalarında taşınabilir otomatik trafik sayım ve sınıflandırma cihazları ile taşıtları türlerine göre kategorize ederek yapılmıştır. Mobil ölçüm istasyonu ile caddelerde NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçlarına göre; ölçüm döneminde caddelere göre ortalama PM<sub>10</sub> değerlerinin 43,1 - 142,1 µg m<sup>-3</sup> arasında olduğu görülmüştür. Aynı değerlerin SO<sub>2</sub> için 13,7 - 203,0 µg m<sup>-3</sup>, CO için 628,7 - 2.264,2 µg m<sup>-3</sup>, NO<sub>x</sub> için 57,3 - 224,8 µg m<sup>-3</sup>, O<sub>3</sub> için 3,6 - 48,2 µg m<sup>-3</sup> arasında değiştiği görülmüştür.

### ABSTRACT

The purpose of this study is to observe the outside air quality levels which are based on on-road mobile sources in the main arteries in the city center of Izmir. For this purpose, by the help of a mobile measurement station, the outside air quality levels have been measured in the established important streets of Izmir's city center. The station has made continuous measurements in each street in a period of at least 10 days to observe the variations of air quality in hourly and daily periods. Also the simultaneous mobile vehicle countings have been made to analyse the relations between traffic volume and air quality in the streets that the outside air quality measures have been done. The vehicle countings have been realized with the help of portable automatic traffic counting and classification (according to vehicle type) devices in the selected points on the established streets. NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and PM<sub>10</sub> have been measured in the streets by the help of the mobile measurement station. According to the results of the study, the average PM<sub>10</sub> values in the streets have been found as 43,1 - 142,1 µg m<sup>-3</sup>. The other results have been found as 13,7 - 203,0 µg m<sup>-3</sup> for SO<sub>2</sub>, 628,7 - 2.264,2 µg m<sup>-3</sup> for CO, 57,3 - 224,8 µg m<sup>-3</sup> for NO<sub>x</sub> and 3,6 - 48,2 µg m<sup>-3</sup> for O<sub>3</sub>.

### ANAHTAR SÖZCÜKLER

Hava Kirliliği, Dış Hava Kalitesi, Trafik, Çizgisel Kaynak, Mobil Ölçüm İstasyonu

\* tolga.elbir@deu.edu.tr

## GİRİŞ

Büyük kent merkezlerinde yaşanan çevresel problemlerin başında hava kirliliği gelmektedir. Daha çok kış aylarında ısınma kaynaklı kirleticiler ile sık sık gündeme gelen bu problem aslında yıl boyunca karayolu trafiğinden kaynaklanan kirleticiler ile etkisini sürdürmektedir.

Taşıt motorlarında kullanılan hidrokarbon kökenli yakıtların, ideal koşullarda hava ile tam yanması sonucu oluşan ürünlerin karbondioksit (CO<sub>2</sub>), su buharı (H<sub>2</sub>O) ve azot oksitler (NO<sub>x</sub>) olması beklenir. Ancak uygulamada ideal koşulların sağlanamaması nedeniyle tam yanma gerçekleşmemekte ve kirletici bileşenler oluşmaktadır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz gazlarının bileşiminde; parafinler, olefinler ve aromatikler gibi yanmamış hidrokarbonlar; aldehitler, ketonlar, karboksilik asitler gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar; karbonmonoksit (CO), NO<sub>x</sub>, kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), kurşun bileşikler ve partikül maddeler (PM) bulunmaktadır. Benzinli motorlarda CO ve yanmadan kalan hidrokarbonlar (HC); dizel motorlarda ise NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve partikül madde gibi kirleticiler önemli olmaktadır (Alkaya vd., 2000).

Motorlu karayolu taşıtlarından kaynaklanan hava kirletici seviyelerinin belirlenmesine yönelik yurtdışında yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur. Ghose ve arkadaşları (2004) ve Yli-Tuomi (2005) gibi araştırmacılar trafik kaynaklı kirliliği ölçmek için hava kalitesi izleme istasyonlarından yararlanmışlardır.

Ghose ve arkadaşlarının (2004) Hindistan'ın Kolkata kentinde gerçekleştirdikleri çalışmada 7 adet hava kalitesi izleme istasyonundan elde edilen örneklerde 4 farklı kirleticinin (PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO) ölçümü yapılmıştır. Şehirdeki hava kirletici konsantrasyonlarının %70'inin taşıtlara ait olduğu bulunmuş; emisyonların azaltılmasına yönelik öneri olarak LPG (Liquefied Petroleum Gas) ve CNG (Compressed Natural Gas) yakıtlarının kullanılması gerektiği, yol kapasitesi düzenlemelerinin yapılması ve trafik yönetim planlarının gerçekleştirilmesinin gerektiği ifade edilmiştir.

Yli-Tuomi ve arkadaşları (2005) Helsinki'de bir mobil istasyon kullanarak 2003 yılında şehir içinde ve otoyolda belirlenen noktalarda NO (azotmonoksit), NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> (azotdioksit), CO, CO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçümleri yapmışlardır. Bu ölçümler sonucunda partikül maddelerinin %85'inin boyutlarının 29 nm'den küçük olduğu ve kentte ölçülen PM konsantrasyonlarının otoyolda ölçülenlerden çok farklı olmadığı görülmüştür. Buna rağmen CO, NO ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının, şehir merkezinde daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Ülkemizde ise bu konu ile ilgili çok fazla çalışma yapılamamış, sadece bazı karayollarında yapılan kısa süreli ve kısıtlı sayıdaki kirleticilerin ölçüldüğü küçük çaplı çalışmalar (Soyhan vd., 1999) bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında İzmir kent merkezinde 19 farklı ana arterde uzun süreli taşıt sayımları ve dış hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışma, kapsamı itibarıyla ülkemizde bir ilktir.

## MATERYAL VE METOD

### Dış Hava Kalitesi Ölçümleri

Çalışmada kent merkezi içindeki ana arterlerde dış hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler bir mobil dış hava kalitesi ölçüm istasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada

kullanılan mobil ölçüm istasyonunun dış görünüşü ve iç görünüşü ise Şekil 1'de görülmektedir.

Ölçüm istasyonu içinde;

- Kükürt dioksit ( $SO_2$ )
- Karbon monoksit (CO)
- Azot oksitler (NO-NO<sub>2</sub>-NO<sub>x</sub>)
- Partikül madde (PM<sub>10</sub>)
- Ozon (O<sub>3</sub>)
- Rüzgar yönü, rüzgar hızı, nem, sıcaklık ve basınç

gibi parametreler sürekli ölçüm cihazları ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir. PM<sub>10</sub> dışında hava kirleticileri ölçen tüm cihazlar Thermo Inc. marka olup EPA onaylı cihazlardır. Dış havada PM<sub>10</sub> ölçümünde Beta Işını Adsorpsiyonu Metodu, CO ölçümünde Infrared Metod, NO<sub>x</sub> ölçümünde Kemilüminesans Metod kullanılmıştır.

Dış hava kalitesi ölçüm aracı; taşıt sayımı yapılan caddelerde yol ile arasında engel olmayacak şekilde taşıtların etkisinin doğrudan izlenebileceği yola yakın ve gün boyu güvenliğinin sağlanabildiği ve elektrik ihtiyacının karşılanabileceği bir noktaya (genellikle bir kamu kurum/kuruluşunun bahçesine veya 24 saat güvenliği olan bir işletmenin bahçesine) konmuştur. Şekil 2'de mobil ölçüm istasyonunun farklı caddelerdeki işletilme konumları görülmektedir. Mobil istasyon, ölçüm noktalarında bir hafta içindeki günlük ve saatlik salınımları görebilmek için yaklaşık 10 gün boyunca sürekli olarak işletilmiştir. Bir caddedeki çalışma tamamlandı diğer caddeye geçildiğinde tüm cihazların kalibrasyonu yenilenmiştir. İstasyonda otomatik kalibrasyon cihazı, sıfır hava kaynağı ve ozon jeneratörü bulunmakta ve uluslararası izlenebilir sertifikalı (%2 sapmalı) kalibrasyon gazları ile 5 noktalı kalibrasyon yapılabilmektedir.



Şekil 1. Mobil ölçüm istasyonunun dış ve iç görünüşü



**Şekil 2.** Mobil ölçüm istasyonunun farklı caddelerde işletilme konumları

Mobil ölçüm istasyonu ile dış hava kalitesi ölçümü yapılan caddeler ve çalışma periyotları Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Dış hava kalitesi ölçümü yapılan caddeler ve ölçüm periyotları

Sıra No	Yollar	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
1	Cemal Gürsel Caddesi	04.10.2007	17.10.2007
2	Halide Edip Adivar Caddesi	17.10.2007	01.11.2007
3	Mustafa Kemal Caddesi	01.11.2007	13.11.2007
4	Kamil Tunca Bulvarı	13.11.2007	22.11.2007
5	Yeşilik Caddesi	22.11.2007	13.12.2007
6	Altınyol Caddesi	13.12.2007	25.12.2007
7	Cumhuriyet Bulvarı	25.12.2007	04.01.2008
8	Şair Eşref Bulvarı	04.01.2008	17.01.2008
9	Girne Bulvarı	17.01.2008	29.01.2008
10	Mustafa Kemal Sahil Bulvarı	30.01.2008	12.02.2008
11	Mithatpaşa Caddesi	12.02.2008	25.02.2008
12	İnönü Caddesi	27.02.2008	12.03.2008
13	Mehmet Akif Caddesi	12.03.2008	20.03.2008
14	Eşrefpaşa Caddesi	20.03.2008	26.03.2008
15	Ankara Asfaltı	26.03.2008	09.04.2008
16	Yeşildere Caddesi	09.04.2008	21.04.2008
17	Anadolu Caddesi	30.04.2008	16.05.2008
18	Talatpaşa Bulvarı	21.05.2008	30.05.2008
19	Gazi Bulvarı	05.06.2008	17.06.2008

## **Taşıt Sayımları**

Çalışma kapsamında taşıt sayımları için bir taşınabilir sayım sistemi kullanılmıştır. Seçilen caddelerde hareket halindeki taşıtların sayımları Metrocount firmasının “Vehicle Classifier System – 5600 Series” cihazları ile yapılmıştır (Metrocount, 2008). Bu cihazlar, yol üzerine birbirine paralel yerleştirilen 2 adet pnömomatik (havalı) hortum üzerinden geçen taşıtların hava basıncı etkisiyle sayılması ve sınıflandırılması esasına dayanan taşınabilir otomatik sayım ve sınıflandırma cihazlarıdır.

Metrocount trafik sayım ve sınıflandırma cihazları ile her bir taşıta ait ölçüm tarihi ve zamanı, taşıt sayım numarası, hareket yönü, aks sayısı, yol şeridi numarası, taşıt tipi, hızı, bir önce geçen taşıt ile arasındaki süre (saniye) farkı ve ölçümün geçerliliği gibi bilgiler kaydedilmektedir. Taşıtlar, aks sayıları ve akslar arasındaki mesafeler dikkate alınarak bu çalışma kapsamında 4 ana kategoriye ayrılarak sayılmıştır. Bu kategoriler;

1. Motosiklet
2. Otomobil
3. Minibüs + Kamyonet
4. Otobüs + Kamyon'dur.

Çalışmada taşıt sayımları, trafik yoğunluğundaki günlük ve saatlik değişimleri belirleyebilmek için dış hava kalitesi ölçümleri ile birlikte her bir caddede 1 hafta boyunca ve 24 saat kesintisiz olarak yapılmıştır.

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Çalışmada, 19 caddede kesintisiz hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler taşıt sayımları ile eş zamanlı olacak şekilde ve her bir caddede 10 ila 15 gün arasındaki bir periyot boyunca yapılmıştır. Sözkonusu caddelerde mobil ölçüm istasyonu ile PM<sub>10</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ve O<sub>3</sub> kirleticileri ile rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, basınç ve nem gibi meteorolojik parametreler ölçülmüştür. Tüm ölçüm sonuçları istasyonda bulunan bir bilgisayar ve bu bilgisayarda kullanılan özel bir yazılım aracılığıyla sürekli olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlara göre 19 caddede ölçülen verilerin saatlik ortalama değerlerine ait istatistiksel değerlendirmeler Tablo 2 – 7 arasında verilmiştir. Ölçülen kirleticilerin zamana göre değişimleri araç sayıları ile birlikte grafikler halinde hazırlanmıştır. İzmir kent merkezindeki en kalabalık yol konumundaki Ankara Asfaltı'nda ölçülen NO<sub>x</sub> sonuçları taşıt sayıları ile birlikte Şekil 3'te görülmektedir.

Ölçüm sonuçları incelendiğinde; kirletici seviyelerinin caddelere göre farklılık gösterdiği, araç türleri ve sayılarına göre kirliliğin değiştiği gözlenmektedir. Genel olarak hava kirleticiler bu parametrelerin dışında yerel emisyon kaynakları ve meteorolojik koşullara göre de değişmektedir. Genel bir inceleme ile;

- Hava kalitesi seviyelerinin gün içerisinde çok belirgin farklılıklar gösterdiği,
- Aynı caddede taşıt sayılarının yüksek olduğu saatlerde kirliliğin de yüksek olduğu, buna ilave olarak kış mevsiminde gece saatlerinde (21:00'den sonra) trafiğin azalmasına rağmen evsel ısınmanın etkisiyle kirliliğin artmaya başladığı,
- Kararlı atmosfer koşullarında (inversiyonlu günlerde) kirliliğin daha yüksek oranda arttığı ve bu etkide trafik etkisinin görülemediği gözlemlenmektedir.

**Tablo 2.** İzmir kent merkezinde önemli caddelerde ölçülmüş saatlik PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarına (µg m<sup>-3</sup>) ilişkin bazı istatistiksel göstergeler

Sıra No	Cadde İsimleri	Ölçüm Periyodu	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma	Yüzdeler		
							%50	%95	%98
1	Cemal Gürsel Caddesi	4-17 Ekim 2007	66,7	0,3	262,2	45,4	55,9	164,9	191,6
2	Halide Edip Adivar Caddesi	17 Ekim-1 Kasım 2007	İstasyonun bilgisayar sisteminde yaşanan bir teknik arızadan dolayı veriler alınamamıştır.						
3	Mustafa Kemal Caddesi	1-13 Kasım 2007	85,8	6,8	344,5	61,1	72,2	206,3	249,4
4	Kamil Tunca Bulvarı	13-22 Kasım 2007	62,4	1,2	284,8	50,5	47,3	174,7	212,5
5	Yeşillik Caddesi	22 Kasım-13 Aralık 2007	92,0	1,7	461,5	76,2	78,4	247,4	307,7
6	Altınyol Caddesi	13-25 Aralık 2007	142,1	1,9	635,2	123,9	90,0	376,3	532,1
7	Cumhuriyet Bulvarı	25 Aralık 2007-4 Ocak 2008	124,2	18,8	665,6	85,2	100,0	280,4	345,6
8	Şair Eşref Bulvarı	4-17 Ocak 2008	137,4	22,7	803,7	120,6	100,0	364,3	503,4
9	Girne Bulvarı	17-29 Ocak 2008	117,3	2,1	614,2	106,8	83,1	330,1	473,0
10	Mustafa Kemal Sahil Bulvarı	30 Ocak-12 Şubat 2008	113,7	2,3	612,8	93,2	79,6	317,8	394,6
11	Mithatpaşa Caddesi	12-25 Şubat 2008	67,5	5,9	397,5	60,2	49,2	199,6	240,5
12	İnönü Caddesi	27 Şubat-12 Mart 2008	66,8	0,8	246,9	37,3	58,1	135,5	181,0
13	Mehmet Akif Caddesi	12-20 Mart 2008	70,6	4,6	338,3	48,5	62,2	161,4	212,4
14	Eşrefpaşa Caddesi	20-26 Mart 2008	94,0	10,9	330,7	54,8	80,8	191,2	232,4
15	Ankara Asfaltı	26 Mart-9 Nisan 2008	87,5	6,3	312,4	46,1	78,0	173,3	197,6
16	Yeşildere Caddesi	9-21 Nisan 2008	82,8	0,1	441,8	62,3	60,5	209,1	249,3
17	Anadolu Caddesi	30 Nisan-16 Mayıs 2008	76,2	10,5	186,0	27,7	73,3	129,7	153,4
18	Talatpaşa Bulvarı	21-30 Mayıs 2008	50,6	2,4	129,7	25,5	45,4	105,2	119,8
19	Gazi Bulvarı	5-17 Haziran 2008	43,1	7,8	116,6	13,7	40,7	68,8	84,6

**Tablo 3.** İzmir kent merkezindeki önemli caddelerde ölçülmüş saatlik SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına (µg m<sup>-3</sup>) ilişkin bazı istatistiksel göstergeler

Sıra No	Cadde İsimleri	Ölçüm Periyodu	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma	Yüzdeler		
							%50	%95	%98
1	Cemal Gürsel Caddesi	4-17 Ekim 2007	12,2	0,1	97,5	15,8	7,3	45,2	64,6
2	Halide Edip Adivar Caddesi	17 Ekim-1 Kasım 2007	16,5	3,0	59,7	8,1	15,7	30,2	36,8
3	Mustafa Kemal Caddesi	1-13 Kasım 2007	15,0	2,6	73,0	12,5	11,7	44,1	53,6
4	Kamil Tunca Bulvarı	13-22 Kasım 2007	12,8	2,2	43,2	8,0	11,0	30,1	34,9
5	Yeşillik Caddesi	22 Kasım-13 Aralık 2007	12,4	0,1	60,7	11,0	8,3	34,7	39,0
6	Altınyol Caddesi	13-25 Aralık 2007	24,6	5,3	104,9	16,7	19,3	59,6	70,5
7	Cumhuriyet Bulvarı	25 Aralık 2007-4 Ocak 2008	46,6	18,6	203,0	25,8	39,3	88,6	118,5
8	Şair Eşref Bulvarı	4-17 Ocak 2008	38,4	15,7	148,2	19,3	32,8	69,8	103,0
9	Girne Bulvarı	17-29 Ocak 2008	21,3	3,9	147,8	13,8	17,0	45,4	56,8
10	Mustafa Kemal Sahil Bulvarı	30 Ocak-12 Şubat 2008	27,4	3,7	198,7	27,3	20,6	79,6	116,1
11	Mithatpaşa Caddesi	12-25 Şubat 2008	26,0	5,0	141,4	23,0	15,5	70,1	100,3
12	İnönü Caddesi	27 Şubat-12 Mart 2008	12,4	2,2	43,0	4,8	11,2	20,4	26,3
13	Mehmet Akif Caddesi	12-20 Mart 2008	9,7	2,0	25,3	4,7	9,4	17,8	22,2
14	Eşrefpaşa Caddesi	20-26 Mart 2008	8,1	1,5	17,3	2,7	7,5	13,2	16,2
15	Ankara Asfaltı	26 Mart-9 Nisan 2008	9,4	3,1	24,2	3,6	8,4	17,0	18,7
16	Yeşildere Caddesi	9-21 Nisan 2008	10,6	3,1	22,8	4,4	9,1	19,0	20,2
17	Anadolu Caddesi	30 Nisan-16 Mayıs 2008	8,6	3,8	15,0	2,0	8,7	11,7	12,7
18	Talatpaşa Bulvarı	21-30 Mayıs 2008	8,6	3,4	22,9	4,5	6,9	17,4	19,6
19	Gazi Bulvarı	5-17 Haziran 2008	4,0	0,9	13,7	2,5	3,3	9,2	10,5

**Tablo 4.** İzmir kent merkezindeki önemli caddelerde ölçülmüş saatlik CO konsantrasyonlarına ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) ilişkin bazı istatistiksel göstergeler

Sıra No	Cadde İsimleri	Ölçüm Periyodu	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma	Yüzdeler		
							%50	%95	%98
1	Cemal Gürsel Caddesi	4-17 Ekim 2007	628,7	172,9	2589,0	325,5	561,1	1286,7	1505,7
2	Halide Edip Adıvar Caddesi	17 Ekim-1 Kasım 2007	İstasyonun bilgisayar sisteminde yaşanan bir teknik arızadan dolayı veriler alınamamıştır.						
3	Mustafa Kemal Caddesi	1-13 Kasım 2007	1332,5	469,2	4566,9	709,4	1164,6	2862,6	3825,2
4	Kamil Tunca Bulvarı	13-22 Kasım 2007	955,9	344,3	3608,8	508,6	798,9	2104,6	2559,6
5	Yeşillik Caddesi	22 Kasım-13 Aralık 2007	1257,9	502,5	5020,1	687,9	1065,7	2758,9	3248,2
6	Altınyol Caddesi	13-25 Aralık 2007	2644,2	255,9	10154,4	2254,0	1636,5	7168,5	8404,9
7	Cumhuriyet Bulvarı	25 Aralık 2007-4 Ocak 2008	2055,9	627,1	8547,7	1020,0	1782,1	3808,4	4963,4
8	Şair Eşref Bulvarı	4-17 Ocak 2008	2264,2	622,4	12517,4	1862,3	1644,7	6051,8	8312,1
9	Girne Bulvarı	17-29 Ocak 2008	1952,4	685,9	7047,2	1238,0	1493,6	4649,8	6010,7
10	Mustafa Kemal Sahil Blv	30 Ocak-12 Şubat 2008	1798,5	268,9	7964,3	1392,7	1228,8	4974,2	6124,0
11	Mithatpaşa Caddesi	12-25 Şubat 2008	1335,7	343,4	5016,9	912,8	1106,3	3572,6	3821,9
12	İnönü Caddesi	27 Şubat-12 Mart 2008	1122,3	302,2	3666,3	629,3	962,6	2331,3	3117,2
13	Mehmet Akif Caddesi	12-20 Mart 2008	1041,3	452,8	3295,2	493,0	882,8	1999,0	2567,8
14	Eşrefpaşa Caddesi	20-26 Mart 2008	1046,4	319,4	2781,3	470,7	973,1	1790,1	2241,1
15	Ankara Asfaltı	26 Mart-9 Nisan 2008	1028,9	454,2	3276,7	373,6	960,5	1680,5	1857,5
16	Yeşildere Caddesi	9-21 Nisan 2008	728,6	403,9	1725,2	277,5	628,9	1385,8	1577,3
17	Anadolu Caddesi	30 Nisan-16 Mayıs 2008	1721,8	606,8	2711,0	328,1	1697,5	2252,2	2343,2
18	Talatpaşa Bulvarı	21-30 Mayıs 2008	1354,0	300,9	3052,9	807,9	954,9	2528,9	2700,3
19	Gazi Bulvarı	5-17 Haziran 2008	768,0	215,8	1811,2	373,7	718,9	1461,9	1675,1



**Tablo 5.** İzmir kent merkezindeki önemli caddelerde ölçülmüş saatlik NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına (µg m<sup>-3</sup>) ilişkin bazı istatistiksel göstergeler

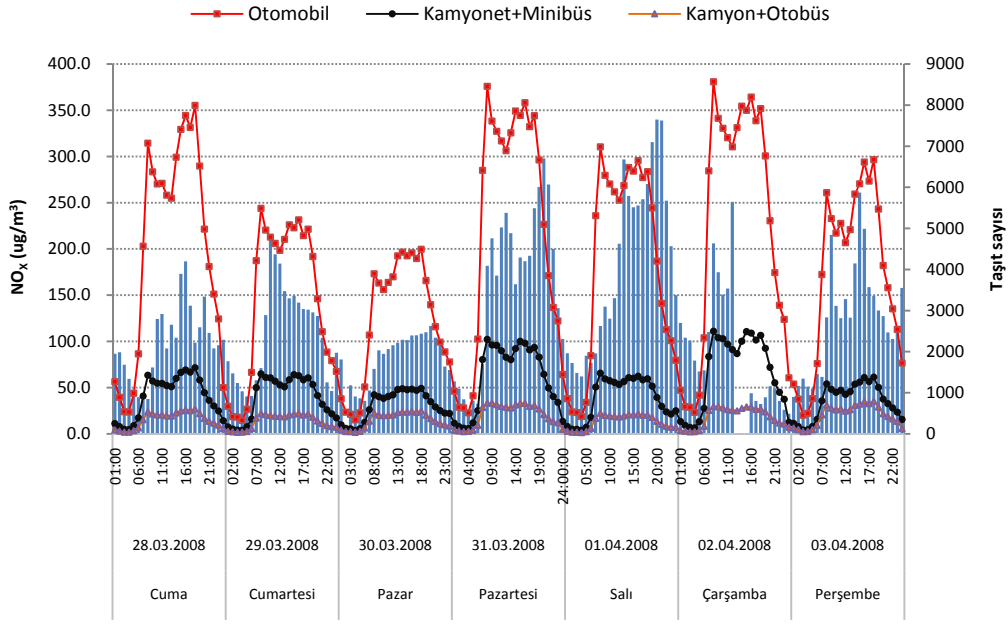
Sıra No	Cadde İsimleri	Ölçüm Periyodu	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma	Yüzdeler		
							%50	%95	%98
1	Cemal Gürsel Caddesi	4-17 Ekim 2007	46,0	4,1	120,8	27,7	39,8	97,8	108,6
2	Halide Edip Adivar Caddesi	17 Ekim-1 Kasım 2007	56,9	14,3	103,2	17,0	56,8	86,2	90,3
3	Mustafa Kemal Caddesi	1-13 Kasım 2007	56,2	10,3	109,4	21,5	56,0	91,9	96,1
4	Kamil Tunca Bulvarı	13-22 Kasım 2007	39,7	5,7	80,9	18,4	38,1	70,2	73,8
5	Yeşillik Caddesi	22 Kasım-13 Aralık 2007	44,2	7,4	92,7	18,8	42,4	77,1	83,6
6	Altınyol Caddesi	13-25 Aralık 2007	50,4	9,8	104,9	19,9	45,2	93,5	102,4
7	Cumhuriyet Bulvarı	25 Aralık 2007-4 Ocak 2008	56,6	22,4	101,7	13,1	56,9	76,1	81,0
8	Şair Eşref Bulvarı	4-17 Ocak 2008	52,1	16,0	100,1	17,2	50,6	83,6	91,8
9	Girne Bulvarı	17-29 Ocak 2008	51,2	7,5	86,5	15,9	51,8	75,4	80,1
10	Mustafa Kemal Sahil Bulvarı	30 Ocak-12 Şubat 2008	49,8	0,3	110,1	21,9	49,4	87,5	95,0
11	Mithatpaşa Caddesi	12-25 Şubat 2008	47,8	5,8	100,5	20,1	50,7	77,3	87,1
12	İnönü Caddesi	27 Şubat-12 Mart 2008	49,3	17,1	85,1	14,8	50,9	71,5	74,4
13	Mehmet Akif Caddesi	12-20 Mart 2008	54,0	24,4	104,8	13,9	54,8	74,7	84,2
14	Eşrefpaşa Caddesi	20-26 Mart 2008	54,6	15,3	84,1	15,9	59,0	76,0	80,7
15	Ankara Asfaltı	26 Mart-9 Nisan 2008	60,9	20,2	114,4	20,1	58,9	100,6	104,2
16	Yeşildere Caddesi	9-21 Nisan 2008	36,4	13,4	84,9	15,1	32,6	68,3	73,9
17	Anadolu Caddesi	30 Nisan-16 Mayıs 2008	73,7	21,0	129,6	17,3	73,8	98,3	104,1
18	Talatpaşa Bulvarı	21-30 Mayıs 2008	44,6	17,0	95,4	16,5	41,8	75,4	84,2
19	Gazi Bulvarı	5-17 Haziran 2008	69,8	16,3	164,0	29,4	66,3	117,6	136,3

**Tablo 6.** İzmir kent merkezindeki önemli caddelerde ölçülmüş saatlik NO konsantrasyonlarına ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) ilişkin bazı istatistiksel göstergeler

Sıra No	Cadde İsimleri	Ölçüm Periyodu	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma	Yüzdeler		
							%50	%95	%98
1	Cemal Gürsel Caddesi	4-17 Ekim 2007	36,3	0,1	413,7	53,8	15,1	134,7	209,9
2	Halide Edip Adivar Caddesi	17 Ekim-1 Kasım 2007	69,1	0,7	652,0	82,5	43,7	238,3	281,2
3	Mustafa Kemal Caddesi	1-13 Kasım 2007	76,6	1,2	339,5	71,6	58,3	246,4	285,0
4	Kamil Tunca Bulvarı	13-22 Kasım 2007	38,6	0,1	241,6	46,4	21,9	143,0	178,2
5	Yeşillik Caddesi	22 Kasım-13 Aralık 2007	65,4	0,1	473,1	82,7	33,5	253,6	339,6
6	Altınyol Caddesi	13-25 Aralık 2007	174,5	0,4	569,5	155,7	124,6	446,5	503,0
7	Cumhuriyet Bulvarı	25 Aralık 2007-4 Ocak 2008	100,5	1,5	377,7	74,4	81,7	242,7	286,1
8	Şair Eşref Bulvarı	4-17 Ocak 2008	61,6	0,4	518,3	77,6	35,3	192,8	300,6
9	Girne Bulvarı	17-29 Ocak 2008	63,6	0,1	444,7	85,1	27,6	262,8	326,6
10	Mustafa Kemal Sahil Bulvarı	30 Ocak-12 Şubat 2008	53,6	0,1	332,5	79,6	12,9	252,9	268,1
11	Mithatpaşa Caddesi	12-25 Şubat 2008	40,6	0,1	341,6	61,0	16,2	174,4	217,6
12	İnönü Caddesi	27 Şubat-12 Mart 2008	38,4	0,3	308,7	51,4	22,1	138,6	217,1
13	Mehmet Akif Caddesi	12-20 Mart 2008	44,1	0,8	277,3	45,6	29,0	124,9	205,5
14	Eşrefpaşa Caddesi	20-26 Mart 2008	64,7	0,2	273,8	58,6	46,6	177,9	229,5
15	Ankara Asfaltı	26 Mart-9 Nisan 2008	81,1	0,1	478,1	80,7	54,7	246,4	270,7
16	Yeşildere Caddesi	9-21 Nisan 2008	24,2	0,1	199,8	38,1	4,5	110,7	131,0
17	Anadolu Caddesi	30 Nisan-16 Mayıs 2008	100,6	4,1	299,4	45,8	99,8	177,7	191,8
18	Talatpaşa Bulvarı	21-30 Mayıs 2008	12,8	0,1	94,5	18,1	4,4	51,2	67,6
19	Gazi Bulvarı	5-17 Haziran 2008	23,7	0,1	111,6	25,8	13,5	75,8	96,1

**Tablo 7.** İzmir kent merkezindeki önemli caddelerde ölçülmüş saatlik O<sub>3</sub> konsantrasyonlarına (µg m<sup>-3</sup>) ilişkin bazı istatistiksel göstergeler

Sıra No	Cadde İsimleri	Ölçüm Periyodu	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma	Yüzdeler		
							%50	%95	%98
1	Cemal Gürsel Caddesi	4-17 Ekim 2007	48,2	3,3	211,7	39,3	40,8	126,4	150,9
2	Halide Edip Adivar Caddesi	17 Ekim-1 Kasım 2007	26,5	2,3	145,0	21,9	22,3	59,6	68,3
3	Mustafa Kemal Caddesi	1-13 Kasım 2007	16,1	0,1	97,6	12,8	14,1	37,2	42,5
4	Kamil Tunca Bulvarı	13-22 Kasım 2007	24,7	2,5	65,9	16,3	21,9	55,9	59,1
5	Yeşillik Caddesi	22 Kasım-13 Aralık 2007	13,5	2,0	68,0	10,4	9,6	34,2	37,9
6	Altınyol Caddesi	13-25 Aralık 2007	4,9	0,3	14,4	2,7	3,9	11,3	12,9
7	Cumhuriyet Bulvarı	25 Aralık 2007-4 Ocak 2008	6,6	2,3	34,2	2,6	6,5	7,9	8,7
8	Şair Eşref Bulvarı	4-17 Ocak 2008	7,4	5,0	13,2	1,3	7,2	9,6	11,3
9	Girne Bulvarı	17-29 Ocak 2008	8,9	3,7	51,9	4,7	7,6	14,1	18,2
10	Mustafa Kemal Sahil Bulvarı	30 Ocak-12 Şubat 2008	12,6	4,0	52,0	8,8	8,9	30,0	39,2
11	Mithatpaşa Caddesi	12-25 Şubat 2008	9,4	1,8	41,3	6,1	8,1	19,9	22,2
12	İnönü Caddesi	27 Şubat-12 Mart 2008	11,1	3,2	48,9	7,8	8,0	29,3	37,1
13	Mehmet Akif Caddesi	12-20 Mart 2008	4,7	1,8	15,6	2,7	4,0	11,2	12,2
14	Eşrefpaşa Caddesi	20-26 Mart 2008	4,1	1,2	18,0	2,9	3,1	7,3	15,0
15	Ankara Asfaltı	26 Mart-9 Nisan 2008	3,9	0,3	55,1	3,9	46,6	8,4	10,9
16	Yeşildere Caddesi	9-21 Nisan 2008	7,4	3,0	21,5	3,9	6,1	15,9	18,0
17	Anadolu Caddesi	30 Nisan-16 Mayıs 2008	3,6	1,7	22,1	1,3	3,6	4,8	6,3
18	Talatpaşa Bulvarı	21-30 Mayıs 2008	10,7	1,6	39,6	6,9	9,0	24,0	30,0
19	Gazi Bulvarı	5-17 Haziran 2008	15,5	0,9	81,0	14,2	10,9	43,2	54,4



**Şekil 3.** Ankara Asfaltı'nda bir hafta boyunca ölçülen saatlik NO<sub>x</sub> konsantrasyonları ve aynı saatlerdeki taşıt sayıları

Kirleticilere göre değerlendirmeler yapıldığında NO ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının toplamı olan NO<sub>x</sub> seviyelerinin diğer kirleticilere göre çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu da ölçüm noktalarında doğrudan trafiğin etkisini göstermektedir. İkinci yüksek parametre ise (PM<sub>10</sub>) konsantrasyonlarıdır. Trafik kaynaklı kirleticilerin içinde SO<sub>2</sub> en düşük seviyelerde olan kirleticidir.

Çalışma kapsamında ölçülen kirleticilere ilişkin değerlendirmeler aşağıda detaylı olarak verilmiştir:

#### **Havada Asılı Partikül Madde (PM<sub>10</sub>)**

PM<sub>10</sub>, NO ve NO<sub>2</sub> toplamı olan NO<sub>x</sub> hariç yollarda ölçülen en yüksek kirletici olmuştur. Ölçüm döneminde caddelere göre ortalama değerler 43,1 - 142,1 µg m<sup>-3</sup> arasında, en yüksek değerler ise 116,6 - 803,7 µg m<sup>-3</sup> arasında değişmiştir. Mevcut sınır değerinin yıllık ortalama 150 µg m<sup>-3</sup> olduğu dikkate alınırsa Altınyol Caddesi ve Şair Eşref Bulvarı'nda sınırlara yaklaşılmakta olduğu görülmektedir. Yönetmelikte kısa vade sınır değeri olarak verilen KVS değeri günlük en yüksek seviyeyi yada bütün ölçüm sonuçlarının %95'inin aşmaması gereken seviyeyi ifade etmekte olup 300 µg m<sup>-3</sup>'dir. Ölçüm sonuçlarının %95'lik değerleri tablolarda verilmekte ve 68,8 - 376,3 µg m<sup>-3</sup> arasında değiştiği görülmektedir. Dört yolda KVS değeri aşılmaktadır.

#### **Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>)**

SO<sub>2</sub>, trafik kaynaklı kirleticiler içerisinde projede ölçülenlerin arasında en düşük seviyelerdeki kirletici olmuştur. Ölçüm döneminde yollara göre ortalama değerler 4,0 - 46,6 µg m<sup>-3</sup> arasında, en yüksek değerler ise 13,7 - 203,0 µg m<sup>-3</sup> arasında değişmiştir. SO<sub>2</sub>'nin yakıt safsızlığına bağlı bir kirletici olması nedeniyle ölçülen seviyelerinin düşük olmasının nedeni, TÜPRAŞ'ın motorin içindeki kükürt seviyelerini ppm düzeylerine indirmiş olması ve

İzmir’de hem sanayide hem de evsel ısınmada önemli oranda doğal gazın geçilmesi olarak açıklanabilir.

### **Karbonmonoksit (CO)**

Karbon monoksit seviyeleri de yollara göre değişmekte olup ortalama değerler 628,7 – 2644,2  $\mu\text{g m}^{-3}$  arasında, en yüksek değerler ise 1.725,2 - 12.517,4  $\mu\text{g m}^{-3}$  arasında değişmiştir. Ölçülen seviyeler mevcut sınır değerlerin oldukça altındadır.

### **Azotoksitler (NO<sub>x</sub>)**

Azot oksitler, atmosferde ölçülen NO ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının toplamı olarak ifade edilmektedir. Hava kalitesinde NO için bir sınırlama olmayıp NO<sub>2</sub> için insan sağlığının korunması amacıyla saatlik (200  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) ve yıllık ortalama (40  $\mu\text{g m}^{-3}$ ), NO<sub>x</sub> için de sadece vejetasyonun korunması amaçlı olarak yıllık ortalama sınır değer (30  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) verilmiştir. Genel olarak atmosferde NO<sub>2</sub> seviyeleri daha yüksektir. Ölçüm yapılan noktaların yola çok yakın olması nedeniyle trafiğin yoğun olduğu sabah ve akşam saatlerinde NO seviyeleri NO<sub>2</sub> seviyelerinden yüksektir. NO<sub>2</sub> seviyelerinde ortalama değerler 36,4 - 73,7  $\mu\text{g m}^{-3}$  arasında, en yüksek değerler ise 80,9 - 164,0  $\mu\text{g m}^{-3}$  arasında değişmiştir. NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarında ise bu değerler ortalama 57,3 - 224,8  $\mu\text{g m}^{-3}$  ve maksimumlarda 163,8 - 742,8  $\mu\text{g m}^{-3}$  arasında değişmiştir.

Dış hava kalitesi ölçümü yapılan bazı caddelerde yüksek konsantrasyonlarda kirlilik görülmüştür. Bunlar, ülkemizde 6 Haziran 2008 tarihinde yürürlüğe giren Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’nde yer alan sınır değerlerin çok üzerindedir. Sözü edilen yönetmelikte sınır değerler aşamalı olarak verilmiştir. 2 Kasım 1986 tarihli “Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği”nde verilen sınır değerler bugün için geçerliliğini korurken 2014’e kadar kademeli olarak azaltılmaktadır. 1 Ocak 2014 tarihinden sonra geçerli olacak hava kalitesi sınır değerleri oldukça düşük değerler olup şu anda caddelerde ölçülmüş değerlerin çok altında olacaktır.

Caddelerde ölçülen yüksek kirliliğe kış aylarında evsel ısınma kökenli kirleticilerin katkısı büyüktür. Fakat, ölçülen değerlerin zaman içindeki değişimleri taşıt sayıları ile birlikte incelendiğinde gerek evsel ısınmanın olduğu gerekse olmadığı dönemlerde trafiğin katkısı açık olarak görülmektedir.

Hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre dikkat çekilmesi gereken bir başka nokta vatandaşın bilgi eksikliğidir. Örneğin Karşıyaka’da Cemal Gürsel Caddesi, Güzelyalı bölgesinde Mustafa Kemal Sahil Bulvarı, deniz ile konutlar arasında kalan sahil yollarıdır. Her iki caddede de ölçüm aracı yolun deniz tarafına yerleştirilmiştir. İki bölgede de yol ile deniz arasındaki sahil bantlarında yürüyüş yolları bulunmaktadır. Vatandaşlar spor yapmak amacıyla buralara geldiklerinde özellikle trafiğin yoğun olduğu akşam saatlerinde yüksek konsantrasyonlarda kirliliğe maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle vatandaşlarımız için yapılan park ve rekreasyon alanlarının trafiğin yoğun olduğu yollardan uzak seçilmesi gerekir.

### **TEŞEKKÜR**

Bu çalışma 106Y009 nolu TÜBİTAK araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya destek veren TÜBİTAK ve İzmir Büyükşehir Belediyesi’ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Alkaya, B. ve Yıldırım, M. Taşıt Kaynaklı Kirleticilerin Azaltılma Yöntemleri, *ÇEV-KOR Ekoloji Çevre Dergisi*, 9, 34, 15 – 20, 2000.

Ghose, M. K., Paul, R. ve Banerjee, S. K. Assessment of The Impacts of Vehicular Emissions on Urban Air Quality and Its Management in Indian Context: The Case of Kolkata, *Environmental Science & Policy*, 7, 4, 345-351, 2004.

Yli-Tuomi, T., Aarnio, P., Pirjola, L., Makela, T., Hillamo, R.ve Jantunen, M. Emissions of Fine Particles, NO<sub>x</sub>, and CO from On-Road Vehicles in Finland, *Atmospheric Environment*, 39, 35, 6696-6706, 2005.

Soyhan, B., Demir, G., Barlas, H. ve Bayat, C. İstanbul E5 Karayolundaki Trafikten Kaynaklanan Ağır Metal Kirlenmesi, Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, İzmir-Türkiye pp: 242-248., 1999.

Metrocount, MetroCount Inc., <http://www.metrocount.com>, 2008.