

İZMİR KENT MERKEZİNDE KARAYOLU ULAŞIMINDAN KAYNAKLANAN HAVA KİRLİTİCİ EMİSYONLARIN BELİRLENMESİ

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

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

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, ülkemizin üçüncü büyük metropolü olan İzmir’de kent merkezi içindeki karayolu ulaşım ağında hareket halindeki motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirletici emisyonların belirlenmesidir. Bu amaçla İzmir kent merkezi içinde seçilen önemli caddelerde motorlu karayolu taşıtları türlerine göre kategorize edilerek sayılmıştır. Taşıt sayımları, sözkonusu caddeler üzerinde seçilen sayım noktalarında taşınabilir otomatik trafik sayım ve sınıflandırma cihazları ile yapılmıştır. Sayımlar her bir caddede gidiş-geliş yönleri için ayrı ayrı ve kesintisiz 1 hafta boyunca yapılmıştır. Taşıtların sayım bilgileri ve literatürden seçilen emisyon faktörleri kullanılarak 5 temel kirleticiye (NO_x, CO, SO₂, NMVOC ve PM₁₀) ait emisyonlar hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre; kent merkezindeki önemli 65 caddeden 1 haftada atmosfere verilen toplam emisyon miktarları; kış mevsiminde CO için 108 ton, NMVOC için 14 ton, NO_x için 48 ton, PM₁₀ için 2 ton ve SO₂ için 6 ton olarak bulunmuştur. Aynı değerler yaz döneminde CO için 107 ton, NMVOC için 15 ton, NO_x için 48 ton, PM₁₀ için 2 ton ve SO₂ için 7 ton olarak bulunmuştur.

ABSTRACT

The scope of this study is to determine the air pollution levels from on-road mobile sources in the city center of Izmir which is the third greatest metropolis of Turkey. Within this scope, vehicles on the main streets of Izmir city center were counted and classified. Vehicle countings were done on selected points on the established roads with portable traffic counting and classification devices. The vehicle counting activity was achieved on each established street seperately but simultaneously for both direction (departure and arrival) during a week continuously. The emissions for 5 pollutants (NO_x, CO, SO₂, NMVOC and PM₁₀) were calculated by using the vehicle numbers and the selected emission factors from literature. According to study results, the total emissions given to the atmosphere during a week from 65 main streets in the city center have been found as 108 tons for CO, 14 tons for NMVOC, 48 tons for NO_x, 2 tons for PM₁₀ and 6 tons for SO₂ for the winter season. For summer season these values change as 107 tons for CO, 15 tons for NMVOC, 48 tons for NO_x, 2 tons for PM₁₀ and 7 tons for SO₂.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Hava Kirliliği, Trafik, Emisyon Envanteri, Çizgisel Kaynak

* tolga.elbir@deu.edu.tr

GİRİŞ

Konutlar ve sanayi tesisleri gibi sabit emisyon kaynaklarından ileri gelen hava kirliliğinin yanısıra motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz kirliliği de aynı derecede önemli bir sorundur. Son yıllarda, otomotiv sanayisinin gelişmesi, nüfus artışı ve ülkemizin yaşam seviyesinin büyük gelişme göstermesi sonucunda, motorlu karayolu taşıtları sayısında büyük bir artış olmuştur.

Benzin ve motorin kullanan motorlu taşıtların çıkardığı egzoz gazlarında bulunan zararlı maddelerin trafiğin yoğun olarak yaşandığı kent merkezlerinde çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar oldukça fazladır. Genellikle kent merkezlerindeki karbonmonoksit (CO) emisyonlarının %43,9'undan, azotoksit (NO_x) emisyonlarının %41,0'inden, hidrokarbon (HC) emisyonlarının %26,2'sinden ve havada asılı partikül madde (PM₁₀) emisyonlarının %16,4'ünden motorlu karayolu taşıtları sorumludur (EEA, 2007).

Taşıtların motorlarında kullanılan hidrokarbon kökenli yakıtların, ideal koşullarda hava ile tam yanması sonucu oluşan ürünlerin karbondioksit (CO₂), su buharı (H₂O) ve NO_x olması beklenir. Ancak uygulamada ideal koşulların sağlanamaması nedeniyle tam yanma gerçekleşmemekte ve kirlenici bileşenler oluşmaktadır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz gazlarının bileşiminde; parafinler, olefinler ve aromatikler gibi yanmamış hidrokarbonlar; aldehitler, ketonlar, karboksilik asitler gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar; CO, NO_x, kükürtdioksit (SO₂), kurşun bileşikler ve partikül maddeler bulunmaktadır. Benzinli motorlarda CO ve yanmadan kalan HC; dizel motorlarda ise NO_x, SO₂ ve partikül madde gibi kirleniciler önemli olmaktadır (Alkaya vd., 2000).

Motorlu taşıtların egzoz gazları, CO₂, metan (CH₄) ve nitröz oksidi (N₂O) gibi bir çok sera gazını ihtiva ettiği için yerkürenin ısınmasında önemli rol oynarlar. Kurşun (Pb), asbest ve taşıtların klima sistemlerinde kullanılan ve ozon tabakasını inceltici etkisi bulunan kloroflorokarbonlar diğer zararlı emisyonları teşkil ederler. Bu emisyonlar, yakıt bileşimleri ve yakıt katkı maddeleri ile ilişkili olduğu kadar, yanmamış yakıt ve tam olmayan yanma ile ilgilidir. Bunun yanında yakıt dağıtımı, depolanması, taşıtların depolarına doldurulması ve taşıtların seyri sırasındaki buharlaşma kayıplarından oluşan emisyonlar da dikkate alınmalıdır.

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar; taşıtların yaşı, motorun çalışma devri, çalışma sıcaklığı, ortam sıcaklığı, ortam basıncı, yakıt türü ve kalitesi gibi parametrelere bağlıdır. Motorların işletme şartları da emisyon oluşumunda önemli yer tutmaktadır. Rölanti esnasında oluşan emisyonlar, hızlanma şartlarında oluşan emisyonlara kıyasla oldukça etkilidir. Örneğin rölanti halinde bir aracın egzoz gazlarında CO ve HC kirlenicileri çok yüksek iken NO (azotmonoksit) miktarı düşüktür. Buna karşın araç hızlandığı zaman CO ve HC miktarı düşük oranlardayken NO oranı yüksek olabilir (Ergeneman, 1998).

Motorlu taşıtlardan atmosfere verilen emisyonlar üç türdür. Bunlar taşıtların motorunun ısınmasına kadar geçen süre içinde atılan soğuk emisyonlar, motor ısındıktan sonra oluşan sıcak egzoz emisyonları ve motor ile yakıt tanklarından yakıtın buharlaşması sonucu oluşan buharlaşma emisyonlarıdır. Literatür incelendiğinde bir taşıtların egzoz borusunda meydana gelen kirlenicilerin, aynı taşıttan gelen toplam kirlenicilerin %65-85'ini oluşturduğu görülür. Egzoz sisteminin yanısıra bir taşıtta diğer önemli emisyon kaynakları; yakıt tankı (%5-7), karbüratör (%5-10) ve karter havalandırması (%18-22)'dir (Ergeneman, 1998).

Motorlu karayolu taşıtlarından kaynaklanan hava kirletici emisyonların belirlenmesine yönelik yurtdışında yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur (Kukkonen vd., 2001; Peace vd., 2004; Bellasio vd., 2007; Yli-Tuomi vd., 2005; Ghose vd., 2004; Mensink vd., 2006; Buckland, 1998; Corsmeier vd., 2005). Ülkemizde ise veri eksikliğinden dolayı bu konu ile ilgili çok fazla çalışma yapılamamış ve bunun sonucunda da karayolu trafiğinden kaynaklanan kirletici emisyon miktarlarına dair yerel ölçekte çok az veri türetilmiştir (Gümrükçüoğlu ve Soylu, 2007; Kılıç ve Gemci, 1999; Soyhan vd., 1999; Örnektekin vd., 1999; Soylu, 2007). Bu sıkıntının en önemli nedeni kent merkezleri içinde seyir halindeki taşıt sayılarının belirlenmesine yönelik yerel yönetimlerin planlı bir çalışmasının olmamasıdır. Özellikle trafiğin yoğun olarak görüldüğü İstanbul, Ankara, İzmir, vb. büyük şehirlerimizde trafikten kaynaklanan kirletici emisyon miktarlarının belirlenmesinde en doğru yöntem, hedef karayollarında taşıt sayımları yaparak bu yollardaki trafik yoğunluklarının belirlenmesidir.

Bu çalışma kapsamında İzmir kent merkezinde önemli karayollarında uzun süreli taşıt sayımları yapılarak motorlu karayolu taşıtlarından kaynaklanan hava kirletici emisyonlar belirlenmiştir. Bu çalışma bu detayda ülkemizde hazırlanan ilk çalışma olup diğer kent merkezlerimize örnek olabilecek yeterliliktedir.

MATERYAL VE METOD

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 pnömatik (havalı) hortum üzerinden geçen taşıtların hava basıncı etkisiyle sayılması ve sınıflandırılması esasına dayanan taşınabilir otomatik sayım ve sınıflandırma cihazlarıdır. Şekil 1’de bir elektrik direğine bağlanmış 2 adet Metrocount Vehicle Classifier System – 5600 serisi cihaz görülmektedir. Bu cihazları ülkemizde Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) çeşitli devlet karayollarında 1056 noktada başarı ile kullanmaktadır (KGM, 2008).

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.

Çalışma kapsamında, İzmir kent merkezi içinde seçilen ana caddeler üzerinde hareket halindeki tüm motorlu karayolu taşıtları Metrocount sayım ve sınıflandırma cihazları ile sayılmış ve sınıflandırılmıştır. İzmir kent merkezi içindeki karayolu ağında 65 ana cadde bulunmaktadır. Bu caddeler yıl boyunca sahip oldukları trafik yoğunluğu açısından kentin hava kalitesini doğrudan etkileyebilecek nitelikteki büyük caddelerdir. Kentte bu 65 cadde

dışında çok sayıda küçük cadde ve sokak bulunmaktadır. Fakat bunların etkisi, trafik yoğunlukları açısından diğer 65 cadde ile karşılaştırıldığında oldukça düşük kalmaktadır.



Şekil 1. Metrocount trafik sayım ve sınıflandırma cihazları

Bu çalışma kapsamında, çalışma süresinin (2 yıl) ve çalışmada kullanılan teknik altyapının (4 adet cihaz) izin verdiği ölçüde 19 caddede detaylı taşıt sayımı çalışmaları yapılmıştır. 65 ana cadde içindeki bu 19 caddeyi önemli kılan nokta, metropol alan içinde anahtar konumundaki caddeler olmalarıdır. Kentin karayolu ağı içinde hemen hemen diğer tüm önemli caddeler bu kilit konumdaki caddelere bağlanmaktadır. Dolayısıyla bu 19 caddedeki trafik yoğunluklarının çözülmesi diğer caddelerdeki trafik yoğunluklarının da belli metodlarla tahmin edilmesini olanaklı kılmaktadır.

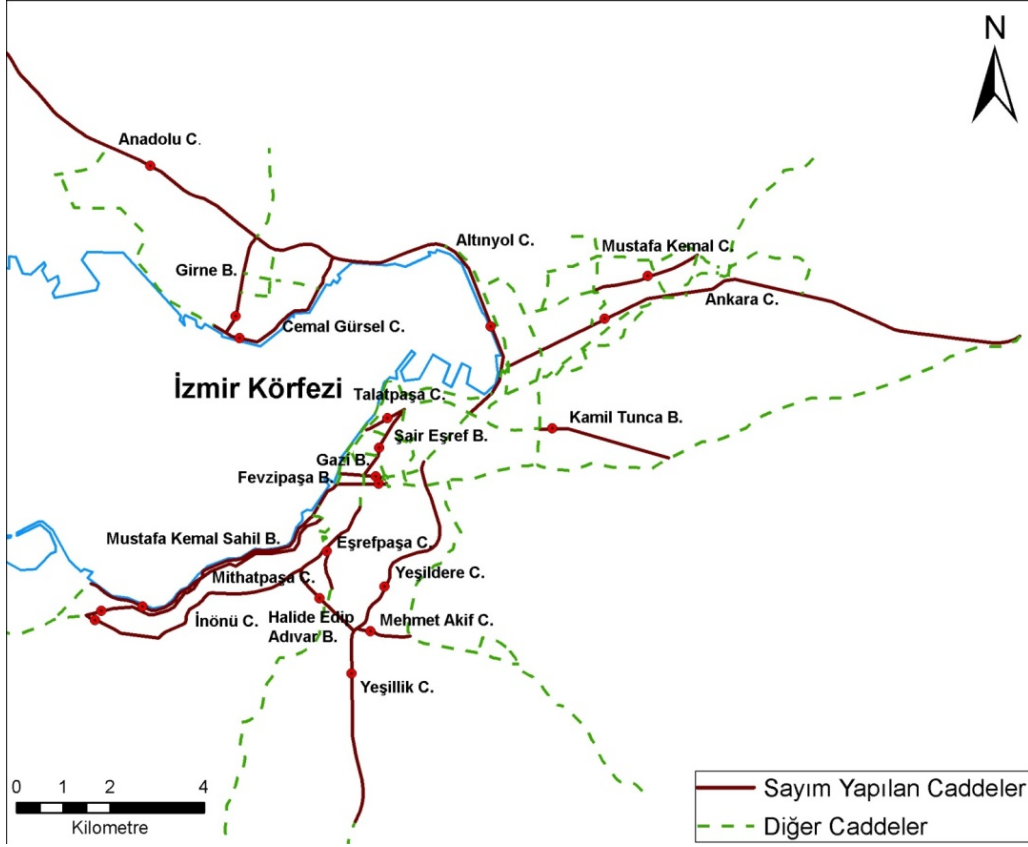
Sonuç olarak, çalışma kapsamında Metrocount sayım ve sınıflandırma cihazları ile kentin ulaşım ağı içinde kilit konumundaki 19 caddede 1 haftalık kesintisiz taşıt sayımları yapılmıştır. Bunun dışındaki diğer 46 caddede haftalık taşıt sayısı bilgileri türetilmiştir. Türetme işlemi, bu 46 caddenin taşıt sayımı yapılan 19 cadde ile bağlantı durumlarına göre daha çok kavşaklarda yapılan kamera çekimleri ve Google Earth'in uydu görüntülerinden yapılan gözlemler ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında Metrocount sayım ve sınıflandırma cihazları ile taşıt sayımı yapılan 19 caddenin isimleri, coğrafi koordinatları, uzunluk, genişlik ve şerit sayısı bilgileri Tablo 1'de verilmiştir. Şekil 2'de ise bu caddelerin coğrafi konumları ve caddeler üzerinde taşıt sayımı yapılan noktaların yerleri gösterilmiştir.

Çalışmada taşıt sayımları, trafik yoğunluğundaki günlük ve saatlik değişimleri belirleyebilmek için her bir caddede 1 hafta boyunca ve 24 saat kesintisiz olarak yapılmıştır. Haftalık yapılan taşıt sayımları, tüm sayım noktalarında proje boyunca bir yaz bir de kış mevsimini temsil edecek dönemlerde tekrarlanarak (bir yılda iki kez) trafik yoğunluğundaki mevsimsel değişimler de incelenmiştir. Çalışma kapsamında taşıt sayımı yapılan caddelerdeki çalışma tarihleri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Taşıt sayımı yapılan caddeler, sayım dönemleri ve caddelerin bazı özellikleri

Yol No	Cadde Adı	Kış Mevsimi Çalışma Periyodu	Yaz Mevsimi Çalışma Periyodu	Başlangıç Koordinatları (UTM)		Bitiş Koordinatları (UTM)		Uzunluk (m)	Ortalama Genişlik (m)	Şerit Sayısı
				X	Y	X	Y			
1	İnönü Caddesi	10 – 17 Ocak 2007	3 – 11 Temmuz 2007	511247	4251361	506103	4249896	6.000	25	4
2	Eşrefpaşa Caddesi	18 – 25 Ocak 2007	3 – 11 Temmuz 2007	511346	4250473	511945	4252231	2.075	20	4
3	Mehmet Akif Caddesi	29 Ocak – 6 Şubat 2007	11 – 23 Temmuz 2007	511873	4249625	513011	4249459	1.170	20	4
4	Halide Edip Adivar Caddesi	29 Ocak – 6 Şubat 2007	11 – 23 Temmuz 2007	511825	4249562	510693	4250883	1.780	25	6
5	Mithatpaşa Caddesi	8 – 18 Şubat 2007	24 Temmuz – 1 Ağustos 2007	506103	4249896	511129	4251973	5.950	25	4
6	Mustafa Kemal Sahil Bulvarı	8 – 18 Şubat 2007	24 Temmuz – 1 Ağustos 2007	506205	4250575	511456	4252693	6.525	25	6
7	Talatpaşa Bulvarı	19 – 27 Şubat 2007	1 – 8 Ağustos 2007	512887	4254288	512081	4253853	920	15	4
8	Şair Eşref Bulvarı	19 – 27 Şubat 2007	1 – 8 Ağustos 2007	512887	4254288	512024	4252875	1.675	25	4
9	Kamil Tunca Bulvarı	28 Şubat – 9 Mart 2007	8 – 16 Ağustos 2007	515779	4253864	518525	4253248	2.850	15	4
10	Fevzipaşa Bulvarı	10 – 18 Mart 2007	21 – 29 Ağustos 2007	511456	4252693	512508	4252710	1.060	20	4
11	Gazi Bulvarı	10 – 18 Mart 2007	21 – 29 Ağustos 2007	511491	4252923	512436	4252838	950	25	4
12	Yeşillik Caddesi	19 – 29 Mart 2007	4 -10 Eylül 2007	511838	4245488	511873	4249625	4.225	25	6
13	Yeşildere Caddesi	19 – 29 Mart 2007	4 -10 Eylül 2007	511873	4249625	513305	4253167	4.520	25	6
14	Mustafa Kemal Caddesi	30 Mart – 10 Nisan 2007	8 – 16 Ağustos 2007	516923	4256810	519136	4257576	2.370	15	4
15	Cemal Gürsel Caddesi	30 Mart – 10 Nisan 2007	17 Eylül – 11 Ekim 2007	511382	4257532	508821	4256078	3.600	25	6
16	Girne Bulvarı	10 – 18 Nisan 2007	17 – 24 Eylül 2007	509093	4255915	509737	4257951	2.175	20	4
17	Anadolu Caddesi	10 – 18 Nisan 2007	2 – 10 Eylül 2007	512963	4257651	502688	4264415	21.300	25	6
18	Altınyol Caddesi	17 – 29 Mayıs 2007	26 Haziran – 3 Temmuz 2007	514283	4254204	512933	4257620	5.050	25	6
19	Ankara Asfaltı	17 – 29 Mayıs 2007	6 – 13 Ağustos 2007	515113	4255205	526009	4255841	11.530	40	6



Şekil 2. Çalışmada taşıt sayımı yapılan caddeler ve sayım noktaları

Emisyon Envanteri

Çalışmada taşıt sayımlarının tamamlandığı caddelerde emisyon hesapları yapılmıştır. Emisyonlar, taşıt sayım sonuçları ve literatürden seçilen emisyon faktörleri kullanılarak her bir yol için saatlik, günlük ve haftalık toplamlar halinde hesaplanmıştır.

Emisyon faktörü, bir aracın birim mesafedeki yolu sabit bir hızla katetmesi sonucu egzozundan atmosfere verdiği kütsel kirletici miktarlarını gösteren katsayılar olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada “EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook” isimli veritabanında yer alan CORINAIR tabanlı emisyon faktörleri (EEA, 2007) kullanılmıştır. Bu veritabanında verilen emisyon faktörleri;

- taşıt türü (motosiklet, otomobil, hafif yük vasıtaları ve ağır yük vasıtaları)
- motor teknolojisi (üretim yılı, motor hacmi,vb.)
- kullanılan yakıt türü (benzin, motorin, LPG)
- taşıt hızı (otoyol, kentiçi yol, kentdışı yol)

parametrelerine bağlıdır ve kullanım tarzları daha çok taşıt hızlarına bağlı eşitlikler şeklindedir.

İzmir kentindeki motorlu taşıtların yaşlarına, kullandıkları teknolojiye ve kullandıkları yakıtlara göre dağılımlarına ilişkin detaylı bilgiye ulaşamamıştır. Sözü edilen verilerin temini için T.C. İzmir Valiliği Emniyet Genel Müdürlüğü ile yazılı ve sözlü görüşmeler

yapılmış, ihtiyaç duyulan verilerin sözkonusu kurumda hali hazırda bulunmadığı ve bu verilerin hazırlanabileceği bir veritabanına da sahip olunmadığı görülmüştür. Diğer kaynak olan TÜİK'nun veritabanlarında yapılan sorgulamalarda da İzmir kentine ait bu verilerin istenilen kalitede olmadığı görülmüştür. Bu nedenle çalışmada ihtiyaç duyulan veriler, İstanbul Büyükşehir Belediyesi ile Shell Şirketinin vakfi konumundaki EMBARQ tarafından hazırlanan ve geçtiğimiz yıl tamamlanan bir araştırma projesinde (Ünal vd., 2007) İstanbul kenti için kullanılmıştır.

CORINAIR emisyon faktörleri, araçların üretim yıllarına göre Avrupa Birliği tarafından yürürlüğe konmuş yönetmeliklerin kısaltma isimleri ile kodlanmaktadır. Veritabanında adı geçen bu kodlar orjinal isimleriyle ve her bir kodun hangi yıllara ait taşıtları kapsadığı aşağıda listelenmiştir:

- preECE 1971 ve öncesi
- ECE 15 00 & 01 1972 - 1977
- ECE 15 02 1978 - 1980
- ECE 15 03 1981 - 1985
- ECE 15 04 1986 - 1992
- EURO 1 1993 - 1997
- EURO 2 1997 - 1999
- EURO 3 2000 - 2004
- EURO 4 2005 ve sonrası

Çalışmada beş temel kirletici ile çalışılmıştır. Bunlar; NO_x, CO, NMVOC (metan dışı uçucu organik bileşikler), PM₁₀ ve SO₂'dir. Bu kirleticiler için literatürde verilen egzoz gazı emisyon faktörleri daha çok taşıt hızına bağlı eşitlikler halindedir. Örneğin, CORINAIR'de benzin kullanan EURO 4 sınıfı otomobiller için verilen CO emisyon faktörü aşağıdaki gibidir:

$$EF = (0,136 - 0,000891 * V) / (1 - 0,0141 + 0,0000499 * V^2) \quad (1)$$

Burada;

EF : CO emisyon faktörü (g km⁻¹)

V : Taşıt hızı (km saat⁻¹)'dir.

İlgili literatürde CO emisyon faktörleri diğer otomobil sınıfları için de benzeri eşitliklerle fakat değişen katsayılarla verilmektedir. Tüm benzin kullanan otomobil sınıflarına ait taşıt hızıyla değişen CO emisyon faktörleri örnek olarak Şekil 3'te grafiksel olarak verilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

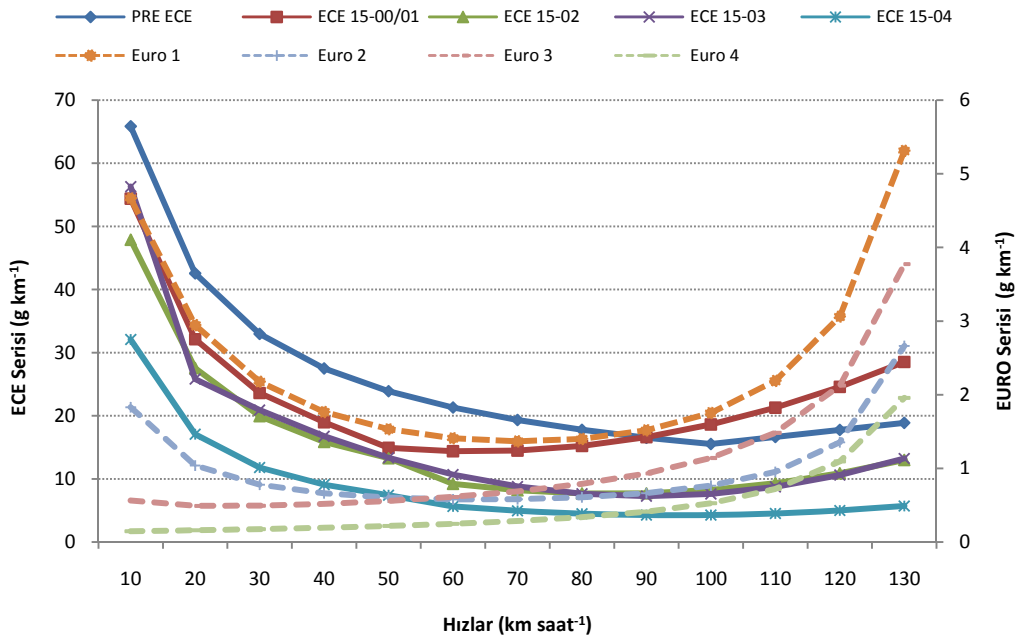
Taşıt Sayımları

T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2007 yılı Aralık ayı itibariyle toplam 13.022.945 motorlu karayolu taşıtının kayıtlı olduğu ülkemizde 2.570.559 taşıt ile birinci sırada bulunan İstanbul ve 1.143.379 taşıt ile ikinci sıradaki Ankara'dan sonra 866.072 taşıt ile İzmir %6,7'lik bir paya sahip üçüncü büyük ildir (TÜİK, 2007).

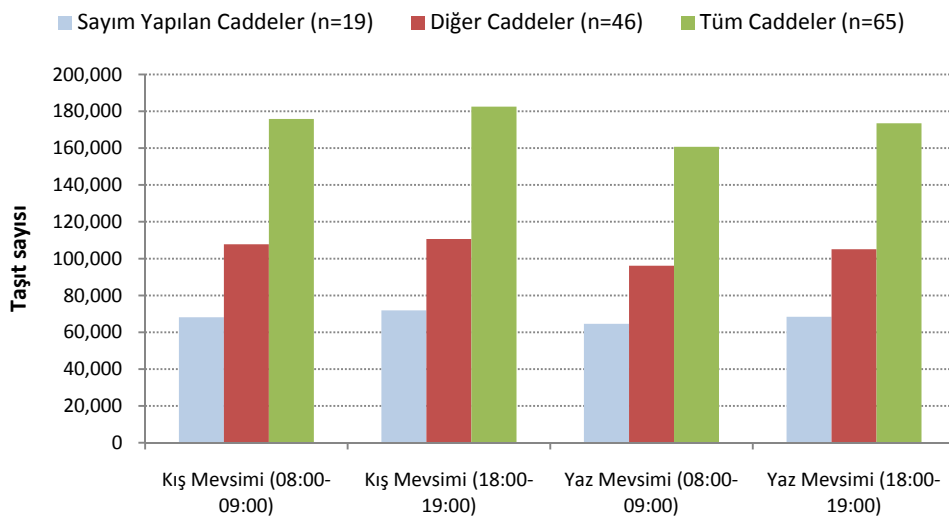
Bu çalışma kapsamında İzmir kentinin önemli caddelerinde taşıt sayımları yapılmıştır. Yapılan sayım sonuçlarına göre en fazla taşıtın trafikte bulunduğu 1 saat boyunca kentteki tüm önemli caddelerde (n=65) toplam 160.000 – 180.000 civarında taşıtın trafikte seyir

halinde olduğu görülmektedir. Bu hesaplamalarda aynı saat içinde bir taşıtın birden fazla yolda sayılabileceği olasılığı göz ardı edilmiştir.

İzmir kent merkezinde trafiğin en yoğun olduğu saatler sabah 8:00 – 9:00 ile akşam 18:00 – 19:00 arasındır. Bu saatlerde trafik sayım ve sınıflandırma cihazları ile sayım yapılan caddelerden (n=19) geçen toplam taşıt sayısı kış mevsiminde sabah 08:00 – 09:00 saatleri arasında 68.108, akşam 18:00-19:00 saatleri arasında ise 71.860'dır. Yaz mevsiminde bu sayılar sırasıyla 64.097 ve 68.180 olmaktadır. Doğrudan sayım yapılan caddeler (n=19) ve taşıt sayıları tahmin edilen diğer caddelerle (n=46) birlikte kent genelinde aynı saatlerde trafikte görülen toplam taşıt sayıları Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Benzin kullanan otomobiller için CO emisyon faktörleri, g km⁻¹



Şekil 4. İzmir kent merkezinde pik saatlerde görülen toplam taşıt sayıları, taşıt saat⁻¹

Trafik yoğunluğunun günlere göre dağılımı incelendiğinde en yoğun günün kent genelinde Cuma günü olduğu, en sakin günün ise Pazar günü olduğu görülmektedir. Sayım yapılan caddelerde (n=19) Cuma günü boyunca toplam 1.000.000'un üzerinde taşıtın trafikte olduğu tespit edilmiştir. Pazar günleri ise aynı sayının 800.000'in altına düştüğü görülmektedir. Taşıtların türlerine göre dağılımlarına bakıldığında, trafikteki taşıtların hafta içi günlerde ortalama %82,0'sinin otomobil, %12,5'inin minibüs+kamyonet, %4,2'sinin otobüs+kamyon ve kalan %1,3'ünün motosiklet olduğu, hafta sonu günlerde ise ortalama %83,3'ünün otomobil, %11,5'inin minibüs+kamyonet, %4,0'ünün otobüs+kamyon ve kalan %1,2'sinin motosiklet olduğu görülmektedir. İtalya'da yapılan bir çalışmada (Bellasio vd., 2007) İtalya'nın Sardinya bölgesinde de benzer oranlar bulunmuştur. Trafığe kayıtlı 1.070.000 motorlu taşıtı olan bölgede trafikteki taşıtların %85'inin otomobil olduğu görülmüştür.

Emisyon Envanteri

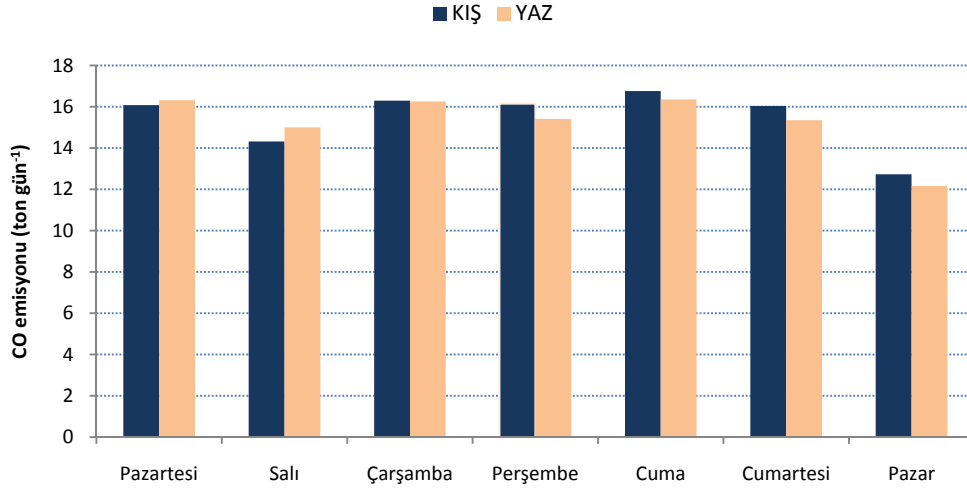
Haftalık taşıt sayımları tamamlanan caddelerde emisyon hesapları yapılmıştır. Emisyonlar caddelerdeki taşıt sayıları, ortalama taşıt hızları ve literatürden seçilen emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyonlar 5 kirletici (CO, NO_x, NMVOC, PM₁₀ ve SO₂) için hesaplanmıştır. Buna göre kent merkezindeki önemli caddelerden (n=65) 1 hafta boyunca atmosfere verilen toplam emisyon miktarları; kış mevsiminde CO için yaklaşık 108 ton, NMVOC için 14 ton, NO_x için 48 ton, PM₁₀ için 2 ton ve SO₂ için 6 ton olarak bulunmuştur. Aynı değerler yaz mevsiminde CO için 107 ton, NMVOC için 15 ton, NO_x için 48 ton, PM₁₀ için 2 ton ve SO₂ için 7 ton olarak bulunmuştur. Yılın yarısını yaz yarısını kış kabul ettiğimizde yıllık emisyonların CO için yaklaşık 5.590 ton, NMVOC için 754 ton, NO_x için 2.496 ton, PM₁₀ için 104 ton ve SO₂ için 338 ton mertebelerinde olduğu tahmin edilmektedir. Bu değerler daha önce İzmir kent merkezi için 2000 yılında yapılan bir emisyon envanteri çalışması (Elbir, 2004) kapsamında bulunan sanayi ve evsel ısınma kaynaklı emisyonlar ile kıyaslandığında trafikten kaynaklanan NO_x emisyonların her iki sektörden kaynaklanan NO_x emisyonları kadar önemli olduğu görülmektedir (Sanayi : 2.631 ton yıl⁻¹; Evsel ısınma : 1.124 ton yıl⁻¹).

Taşıtların sayımı yapılan caddelerde (n=19) ve taşıt sayıları tahmin edilen diğer caddelerde (n=46) haftalık toplam emisyonlar Tablo 2'de verilmiştir. Haftalık emisyonlara taşıt türlerinin katkısı incelendiğinde her iki mevsimde de SO₂ ve PM₁₀ hariç tüm kirletici türleri için en büyük payın %56-77 aralığında kalan bir oran ile otomobillere ait olduğu görülmektedir. PM₁₀ için tüm araç türlerinin payı hemen hemen eşittir. SO₂ için ise yoğun motorin kullanımından dolayı minibüs+kamyonet kategorisi en büyük paya sahiptir.

İzmir kent merkezindeki toplam emisyonların yaz ve kış mevsimlerinde günlük değişimlerine bakıldığında, kentte tüm kirleticiler için en fazla emisyonların Pazartesi ve Cuma günü, en az emisyonların Pazar günü olduğu görülmektedir. CO emisyonlarının günlere göre değişimi örnek olarak Şekil 5'te verilmiştir. Taşıtlarındaki azalmalara rağmen yaz aylarında kış aylarına göre emisyonların daha yüksek bulunmasının nedeni, caddelerdeki ortalama hızların azalmasıdır.

Toplam emisyonların yaz ve kış mevsimlerinde saatlik değişimleri incelendiğinde gün içindeki saatlik değişimlerin tüm kirleticiler için birbirine çok benzediği ve bu değişimlerin taşıt sayılarındaki trend ile paralel olduğu görülmüştür. Gün içinde en yüksek emisyonlar sabah 08:00 – 09:00 ve akşam 18:00 – 19:00 saatleri arasında görülmüştür. En düşük emisyonların ise saat 02:00 – 05:00 arasındaki 3 saatlik dönemde görüldüğü, saat 05:00'ten itibaren emisyonlarda belirgin bir artışın başladığı ve bu artışın saat 09:00'a kadar sürdüğü

görülmüştür. Saat 09:00'dan sonra emisyonlarda kısa süreli bir azalmanın görüldüğü ve akşam saat 18:00'e kadar pek değişmeden devam ettiği tespit edilmiştir. Saat 19:00'dan sonra emisyonların gece yarısına kadar sürekli azalan bir eğilimde olduğu görülmüştür.



Şekil 5. Toplam CO emisyonlarının günlere göre değişimi, ton gün⁻¹

DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında, ülkemizin önemli metropollerinde yer alan İzmir'de karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliği seviyeleri araştırılmıştır. Çalışmada, kent merkezi içinde bulunan karayolu ağında seçilen önemli caddelerde hareket halindeki motorlu karayolu taşıtları kategorize edilerek sayılmıştır. Taşıtların sayımları, taşınabilir otomatik trafik sayım ve sınıflandırma cihazları ile 1 hafta boyunca kesintisiz yapılmıştır. Sayımlar yıl içinde yaz ve kış mevsimlerini temsil edecek haftalarda tekrarlanmıştır. Böylece kentin trafik yoğunluğundaki saatlik, günlük ve mevsimsel değişimler incelenmiş ve kent merkezinde hareket halindeki toplam motorlu taşıtların sayıları hakkında bilgi edinilmiştir.

Kentin ulaşım ağında hareket halindeki taşıtların egzozlarından atılan hava kirlenici emisyonlar, emisyon faktörleri yardımıyla hesaplanmıştır. Farklı kirleniciler için saatlik, günlük, haftalık ve yıllık toplam emisyonlar hesaplanmış, kentin karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyon envanteri çıkarılmıştır.

Bu çalışma sonunda elde edilen temel bulgular şöyledir:

- **Taşıtların Sayıları** : Kentin kendine özel bir trafik yoğunluğu profili bulunmaktadır. Taşıtların sayılarının, hafta içindeki günlük ve gün içindeki saatlik değişimleri hemen hemen tüm caddelerde benzer trendleri izlemektedir. Bunun yanında kentin bazı ilçeleriyle beraber bir turizm merkezi olması, yaz aylarında tatil nedeniyle caddelerde daha az olması beklenen trafik yoğunluklarının görülememesine neden olmuştur. Kentin yaz ve kış trafik yoğunlukları arasında toplam taşıtların sayıları açısından ciddi farklar bulunmaktadır.

Tablo 2. İzmir’de kış ve yaz mevsimlerinde tüm caddelerden kaynaklan haftalık toplam emisyon miktarları, ton hafta⁻¹

Yollar	YAZ					KIŞ				
	CO	NMVOC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂	CO	NMVOC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
İnönü Caddesi	3,32	0,50	1,20	0,06	0,17	3,04	0,45	1,06	0,05	0,14
Eşrefpaşa Caddesi	1,28	0,20	0,37	0,02	0,05	1,22	0,19	0,34	0,02	0,05
Mehmet Akif Caddesi	0,89	0,13	0,35	0,01	0,04	0,85	0,12	0,34	0,01	0,04
Halide Edip Adıvar Caddesi	1,07	0,15	0,41	0,02	0,05	1,13	0,16	0,42	0,01	0,05
Mithatpaşa Caddesi	1,62	0,25	0,63	0,03	0,07	1,81	0,27	0,65	0,03	0,07
Mustafa Kemal Sahil Bulvarı	4,22	0,55	1,79	0,06	0,14	3,84	0,48	1,67	0,04	0,13
Talatpaşa Caddesi	0,44	0,07	0,10	0,01	0,01	0,49	0,07	0,11	0,01	0,01
Şair Eşref Caddesi	1,08	0,18	0,35	0,02	0,05	1,23	0,19	0,37	0,02	0,05
Kamil Tunca Bulvarı	1,08	0,17	0,45	0,03	0,08	0,97	0,15	0,41	0,02	0,07
Fevzipaşa Bulvarı	0,76	0,12	0,18	0,01	0,02	0,78	0,11	0,18	0,01	0,02
Gazi Bulvarı	0,71	0,10	0,17	0,01	0,02	0,67	0,09	0,15	0,01	0,02
Yeşillik Caddesi	4,73	0,66	1,35	0,05	0,18	3,67	0,49	1,53	0,05	0,18
Yeşildere Caddesi	5,10	0,63	2,33	0,07	0,23	4,90	0,61	2,17	0,06	0,20
Mustafa Kemal Caddesi	0,88	0,14	0,29	0,02	0,04	1,06	0,16	0,32	0,02	0,05
Cemal Gürsel Caddesi	1,89	0,26	0,80	0,03	0,08	1,58	0,22	0,67	0,02	0,07
Girne Bulvarı	0,70	0,11	0,25	0,01	0,03	0,73	0,11	0,25	0,01	0,03
Anadolu Caddesi	16,46	2,38	9,55	0,46	1,68	17,58	2,19	8,92	0,31	1,08
Altınyol Caddesi	6,23	0,73	3,27	0,13	0,43	6,34	0,73	3,39	0,14	0,49
Ankara Asfaltı	16,85	1,94	9,13	0,39	1,35	18,14	1,97	9,76	0,38	1,37
Ara Toplam	69,30	9,28	32,95	1,42	4,73	70,03	8,77	32,71	1,20	4,13
Diğer Caddeler (n=46)	38,01	5,98	14,97	0,70	2,05	38,32	5,64	15,61	0,66	2,17
TOPLAM (İZMİR GENELİ)	107,31	15,26	47,92	2,12	6,78	108,35	14,41	48,32	1,86	6,30

Kentte çoğu cadde konumu itibariyle alternatifsizdir. Bundan dolayı bu caddelerde gün boyunca görülen toplam taşıt sayıları çok yüksektir. Örneğin Avrupa’da orta ölçekli bir metropol olan Oslo kentinin en kalabalık caddesinde 1 günde 58.000 taşıt sayılmışken bu çalışmada en kalabalık yol olarak belirlenen Ankara Asfaltı’nda günlük taşıt sayısı yaklaşık 130.000 civarındadır. Taşıt sayılarının bir caddede artması caddelerdeki trafik akış hızlarının düşmesine neden olmaktadır. Düşen hızlar ise daha fazla emisyon anlamına gelmektedir.

- Emisyon Envanteri : İzmir kent merkezindeki önemli caddelerde yıl boyunca motorlu karayolu taşıtlarından kaynaklanan kirletici emisyonları, kentteki sanayi tesislerinden ve konutlardan atılan toplam emisyonlar kadar önemlidir. Örneğin; çalışma kapsamında incelenen 65 caddedeki trafikten kaynaklanan toplam yıllık NO_x emisyonlarının 2.500 ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. 2000 yılında yapılan bir çalışmada (Elbir, 2004) İzmir kent merkezi içindeki konutların kış aylarında ısınma amaçlı fosil yakıt kullanımı sonucu atmosfere verdikleri NO_x emisyonlarının toplam 1.100 ton, sanayi tesislerinden kaynaklanan NO_x emisyonlarının ise 2.600 ton civarında olduğu bulunmuştur. Bu çalışmaya dahil edilmeyen küçük cadde ve sokaklardaki taşıtların varlığı da dikkate alındığında trafik sektörü, bazı kirleticiler için İzmir’in atmosferini en çok kirleten sektör konumuna gelecektir.

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.

Bellasio, R., Bianconi, R., Corda, G. ve Cucca, P. Emission Inventory For The Road Transport Sector in Sardinia(Italy), *Atmospheric Environment*, 41, 4, 677-691, 2007.

Buckland, A. T. Validation of a Street Canyon Model in Two Cities, *Environmental Monitoring and Assessment*, 52, 1-2, 255-267, 1998.

Corsmeier, U., Imhof, D., Kohler, M., Kühlwein, J., Kurtenbach, R., Petrea, M., Rosenbohm, E., Vogel, B. ve Vogt, U. Comparison of Measured and Model-Calculated Real-World Traffic Emissions, *Atmospheric Environment*, 39, 31, 5760-5775, 2005.

EEA (European Environment Agency), EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook-2006, 2007.

Elbir, T. Estimation of Emission Strengths of Primary Air Pollutants in the City of Izmir, Turkey, *Atmospheric Environment*, 38, 1851-1857, 2004.

Ergeneman, M., Mutlu, M., Kutlar, O. A. ve Arslan, H. Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler, ed: Kutlar, O. A., Birsen Yayınevi, İstanbul, Pp: 112, 1998.

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.

Gümrükçüoğlu, M. ve Soylu, Ş. Şehiriçi Ulaştırma Kaynaklı Kirletici Emisyonların Hesaplanmasında Adapazarı Örneği, Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı, Konya, 2007.

KGM, T.C. Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, 2007 Trafik ve Ulaşım Bilgileri, 2008.

Kılıç, M. ve Gemci, T. Adapazarı Şehir Merkezindeki Bir Kavşaktan Yayılan CO Konsantrasyonunun CAL3QHC Programı ile Tahmin Edilmesi, Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, İzmir-Türkiye, pp: 150-158, 1999.

Kukkonen, J., Valkonen, E., Walden, J., Koskentalo, T., Aarnio, P., Karppinen, A., Berkowicz, R. ve Kartastenpaa, R. A Measurement Campaign in a Street Canyon in Helsinki and Comparison of Results with Predictions of The OSPM Model, *Atmospheric Environment*, 35, 2, 231-243, 2001.

Mensink, C., Lefebre, F., Janssen, L. ve Cornelis, J. A Comparison of Three Street Canyon Models with Measurements at an Urban Station in Antwerp Belgium, *Environmental Modelling & Software*, 21, 4, 514-519, 2006.

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

Örnektekin, Ş., Mıstıkoğlu, S. ve Çakmaklı, S. Benzin Motorlu Taşıtların 1996-1998 Yılları Egzoz Emisyonlarının Değerlendirilmesi, Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, İzmir-Türkiye, pp: 215-221, 1999.

Peace, H., Owen, B. ve Raper, D. W. Identifying The Contribution of Different Urban Highway Air Pollution Sources, *Science of The Total Environment*, 334-335, 347-357, 2004.

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.

Soylu, S. Estimation of Turkish Road Transport Emissions, *Energy Policy*, 35, 8, 4088-4094, 2007.

TÜİK (T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu), 2007 Yılı Ulaştırma İstatistikleri <http://www.tuik.gov.tr/ulastirmadagitimapp/ulastirma.zul> , 2008 .

Ünal, A., Davis, N., Lenth, J., Mangır, N., Köylüoğlu, S. ve Pandis, M., Measurement of In-Use Passenger Vehicle Emissions in Istanbul, Turkey – Gasoline Emissions, Proje Raporu, 2007.

Yli-Tuomi, T., Aarnio, P., Pirjola, L., Makela, T., Hillamo, R. ve Jantunen, M. Emissions of Fine Particles, NO_x, and CO from On-Road Vehicles in Finland, *Atmospheric Environment*, 39, 35, 6696-6706, 2005.