

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BOĞAZİÇİ KÖPRÜSÜ TAŞIT KAYNAKLI
EMİSYONLARININ MOBILE6 EMİSYON FAKTÖR
MODELİYLE TAHMİN EDİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Didem ALICI**

Anabilim Dalı : KİMYA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : KİMYA MÜHENDİSLİĞİ.....

MAYIS 2003

**BOĞAZİÇİ KÖPRÜSÜ TAŞIT KAYNAKLI
EMİSYONLARININ MOBILE6 EMİSYON FAKTÖR
MODELİYLE TAHMİN EDİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Didem ALICI
(506001111)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 03 Temmuz 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Mayıs 2003**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Hasancan OKUTAN
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Selahattin İNCECİK (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Ekrem EKİNCİ (İ.T.Ü.)**

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

Ülkemizdeki hızlı nüfus artışına paralel olarak, karayolu ulaştırma taleplerinde de artış görülmektedir. Bu talepleri karşılamak amacıyla trafiğe katılan motorlu karayolu taşıtlarının sayısı artmakta ve buna bağlı olarak da -özellikle büyük kentlerde- motorlu taşıt emisyonlarının hava kirliliğini arttırması beklenmektedir. Bu çalışmada İstanbul Boğaziçi Köprüsü' nden geçen motorlu karayolu taşıtlarının yaydıkları kirletici emisyonlar EPA' ya ait MOBILE6 Emisyon Faktör Modeli kullanılarak 2 farklı dönem için tahmin edilmiştir. Ayrıca OGS ve gişe geçişleri sırasında yayılan kirletici emisyonlar tahmin edilerek, birbirleriyle kıyaslanmıştır. Çalışmamın ileride bu konuda yapılabilecek yeni çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Çalışmam boyunca gerek bilgi, öneri ve tecrübelerini paylaşan, gerekse ihtiyaç duyduğum destek ve gücü sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Hasancan OKUTAN' a, ayrıca çok yoğun çalışmalarına rağmen her zaman içtenlikle değerli zamanını ayıran, her konuda bilgisini ve yardımlarını esirgemeyen sayın Prof. Dr. Selahattin İNCECİK' e teşekkür ve minnettarlığımı sunmak isterim.

Çalışmamın belli aşamalarında karşılaştığım zorluklarda yardımına ve tecrübelerine başvurduğum, rehberliğini talep ettiğim sayın Ümit ANTEPLİOĞLU' na tüm desteği için teşekkürü bir borç bilirim.

Sevgili anne ve babama ve kardeşim Aydan' a –her zaman olduğu gibi- çalışmam boyunca da gösterdikleri sabır, güleryüz, motivasyon ve moral için teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca desteği, hoşgörüsü ve tüm yardımları için arkadaşım Budak YILDIZHAN' a teşekkürlerimi sunmak isterim.

Mayıs 2003

Didem ALICI

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı	3
2. HAVA KİRLİLİĞİ	4
2.1. Hava Kirleticiler	4
2.2. Hava Kirliliği Kaynakları	5
3. TAŞIT KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİ	7
4. MOBILE6 MOBİL KAYNAKLAR İÇİN EMİSYON FAKTÖR MODELİ	14
5. MODEL UYGULAMASI ve SONUÇLARI	21
5.1. Senaryo Tanıtımı	21
5.2. Model Sonuçları	23
6. DEĞERLENDİRME	25
KAYNAKLAR	29
EK A	32
EK B	46
EK C	59
EK D	81
ÖZGEÇMİŞ	86

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ALVW	: Alternative Loaded Vehicle Weight (Alternatif Yüklü Ağırlık)
CAFE	: Clean Air For Europe (Avrupa için Temiz Hava)
Cl₂	: Klor gazı
CO	: Karbonmonoksit
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
E	: East (doğu)
ENE	: East-north-east (doğu-kuzeydoęu)
ESE	: East-south-east (doğu-güneydoęu)
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
FID	: Flame Ionization Detector (Alev İyonizasyon Dedektörü)
GVWR	: Gross Vehicle Weight Rating (Taşıma Sınırı)
HC	: Hidrokarbon
I/M	: Inspection/Maintenance (Bakım/Onarım)
LD	: Light duty (Hafif sınıf)
LVW	: Loaded Vehicle Weight (Yüklü Ağırlık)
MC	: Motorsiklet
N	: North (kuzey)
NE	: North-east (kuzeydoęu)
NH₃	: Amonyak
NNE	: North-north-east (kuzey-kuzeydoęu)
NNW	: North-north-west (kuzey kuzeybatı)
NO	: Azot monoksit
NO₂	: Azot dioksit
NO_x	: Azot oksit
NW	: North-west (kuzeybatı)
O₂	: Oksijen gazı
O₃	: Ozon
OGS	: Otomatik Geçiş Sistemi
Pb	: Kurşun
PM	: Askıda katı madde
ppm	: parts per million (milyondaki tanecik miktarı)
RFG	: Reformüle edilmiş benzin
RVP	: Reid Vapor Pressure (Reid Buhar Basıncı)
S	: South (güney)
SE	: South-east (güneydoęu)
SSE	: South-south-east (güney-güneydoęu)

SSW	: South-south-west (güney-güneybatı)
SW	: South west (güneybatı)
SO₂	: Kükürt dioksit
TTGV	: Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
TÜPRAŞ	: Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi
VLİ	: Vapor Lock Index (Buhar kitlenme indeksi)
VOC	: Uçucu Organik Bileşik
WSW	: West-south-west (batı-güneybatı)
W	: West (batı)
WNW	: West-nouth-west (batı-kuzeybatı)

TABLO LİSTESİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1.	Kirlilik Değerleri (10^{-3} mg/m ³)	7
Tablo 3.2.	Yolcu Taşımacılığı (g/yolcu-km)	8
Tablo 3.3.	Yük Taşımacılığı (g/ton-km)	8
Tablo 3.4.	Ülkeler Bazındaki Motorlu Araçlara ait 2001 Yılı Verileri	9
Tablo 3.5.	Kaynağına Göre Kirletici Emisyonların Oranları (% ortalama)	11
Tablo 3.6.	1 ton Yakıttan Oluşan Zararlı Maddeler (ton/kg)	12
Tablo 4.1.	MOBILE6 Modeli Parametrelerine Ait Seçenekler	14
Tablo 4.2.	MOBILE6 Veri Parametreleri	15
Tablo 4.3.	MOBILE6 Araç Sınıfı	16
Tablo 4.4.	MOBILE6 Emisyon Çeşitleri	17
Tablo 4.5.	MOBILE6 Yol Çeşitleri	17
Tablo 4.6.	MOBILE6 Hidrokarbon Kategorileri	17
Tablo 4.7.	MOBILE6 Hidrokarbon Emisyonları	18
Tablo 4.8.	MOBILE6 Yükseklik Değerleri	18
Tablo 5.1.	Senaryo Parametreleri	22
Tablo A.1.	Benzinin Ürün Özellikleri (süper) (TÜPRAŞ kod no 221)	41
Tablo A.2.	Benzinin Ürün Özellikleri (süper) (TÜPRAŞ kod no 222)	42
Tablo A.3.	İstanbul meteoroloji İstasyonlarındaki Ölçüm Sonuçları, DİE 1998	43
Tablo A.4.	İstanbul’ da Yakıt Cinsine Göre Motorlu Kara Taşıt Sayıları İçindeki Payı, 1980-1989 (DİE, 1992)	44
Tablo A.5.	1998 Yılında Köprülerden Geçen Toplam Araç Sayısı	45
Tablo B.1.	Ulusal Hava Kalitesi Standart Değerleri	54
Tablo B.2.	Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından hava kirleticileri için önerilen rehber değerler 8WHO 1999a)	55
Tablo B.3.	EPA’ ya ait Hava Kalitesi ve Standartları Planlama Bölümü tarafından belirlenmiş olan uluslar arası hava kalitesi standartları	56
Tablo B.4.	Boğaziçi Köprüsü yaz ve kış dönemi toplam emisyon faktörleri (g/km-saat)	57
Tablo B.5.	Boğaziçi Köprüsü yaz ve kış dönemi toplam emisyonları ton/gün)	58

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 5.1 : Kutu Modeli	23
Şekil A.1 : Temmuz 2002 İstanbul Boğaziçi Köprüsü Araç Sınıf Dağılımı (tek yön için)	33
Şekil A.2 : Ocak 2003 İstanbul Boğaziçi Köprüsü Araç Sınıf Dağılımı (tek yön için)	34
Şekil A.3 : Temmuz 2002 Boğaziçi Köprüsü Günlük Ortalama Rüzgar Hızı	35
Şekil A.4 : Ocak 2003 Boğaziçi Köprüsü Günlük Ortalama Rüzgar Hızı	36
Şekil A.5 : Temmuz 2002 Boğaziçi Köprüsü Rüzgar Yönü Yüzdeleri	37
Şekil A.6 : Ocak 2003 Boğaziçi Köprüsü Rüzgar Yönü Yüzdeleri	38
Şekil A.7 : Kandilli Rasathanesi Temmuz 2002 Günlük Sıcaklık Değerleri (°C)	39
Şekil A.8 : Kandilli Rasathanesi Temmuz 2002 Günlük Sıcaklık Değerleri (°C)	40
Şekil B.1 : Boğaziçi Köprüsü yaz ve kış dönemi toplam emisyonları	47
Şekil B.2 : İstanbul ve Boğaziçi Köprüsü THC günlük emisyon yükü kıyaslaması	48
Şekil B.3 : İstanbul ve Boğaziçi Köprüsü toplam CO günlük emisyon yükü kıyaslaması	49
Şekil B.4 : İstanbul ve Boğaziçi Köprüsü toplam NO _x günlük emisyon yükü kıyaslaması	50
Şekil B.5 : Boğaziçi Köprüsü THC emisyonlarının ulusal hava kalitesi sınır değerleriyle kıyaslanması	51
Şekil B.6 : Boğaziçi Köprüsü CO emisyonlarının ulusal hava kalitesi sınır değerleriyle kıyaslanması	52
Şekil B.7 : Boğaziçi Köprüsü NO _x emisyonlarının ulusal hava kalitesi sınır değerleriyle kıyaslanması	53
Şekil C.1 : Benzinli otomobiller Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Ekzost Çalışma)	60
Şekil C.2 : Benzinli otomobiller Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Uçucu Çalışma)	60
Şekil C.3 : Dizel otomobiller Toplam Hidrokarbon Emisyonları	61

	(Ekzost Çalışma)	
Şekil C.4	: Minibüs Benzeri (Dizel) Taşıtlar Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Ekzost Çalışma)	61
Şekil C.5	: Motorsiklet Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Ekzost Çalışma)	62
Şekil C.6	: Benzinli Otomobiller OGS/Gişe Geçiş Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	63
Şekil C.7	: Benzinli Otomobiller OGS/Gişe Geçiş Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Uçucu Çalışma/kış dönemi)	63
Şekil C.8	: Dizel Otomobiller OGS/Gişe Geçiş Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	64
Şekil C.9	: Minibüs Benzeri (Dizel) Taşıtlar OGS/Gişe Geçiş Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	64
Şekil C.10	: Motorsiklet OGS/Gişe Geçiş Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	65
Şekil C.11	: Benzinli Otomobiller OGS/Gişe Geçiş Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	66
Şekil C.12	: Benzinli Otomobiller OGS/Gişe Geçiş Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Uçucu Çalışma/yaz dönemi)	66
Şekil C.13	: Dizel Otomobiller OGS/Gişe Geçiş Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	67
Şekil C.14	: Minibüs Benzeri (Dizel) Taşıtlar OGS/Gişe Geçiş Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	67
Şekil C.15	: Motorsiklet OGS/Gişe Geçiş Toplam Hidrokarbon Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	68
Şekil C.16	: Benzinli Otomobiller Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma)	69
Şekil C.17	: Dizel Otomobiller Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma)	69
Şekil C.18	: Minibüs Benzeri (Dizel) Taşıtlar Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma)	70
Şekil C.19	: Motorsiklet Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma)	70
Şekil C.20	: Benzinli otomobiller OGS/Gişe Geçiş Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	71
Şekil C.21	: Dizel otomobiller OGS/Gişe Geçiş Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	71
Şekil C.22	: Minibüs Benzeri (Dizel) Taşıtlar OGS/Gişe Geçiş Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	72
Şekil C.23	: Motorsiklet OGS/Gişe Geçiş Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	72
Şekil C.24	: Benzinli otomobiller OGS/Gişe Geçiş Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	73
Şekil C.25	: Dizel otomobiller OGS/Gişe Geçiş Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	73

Şekil C.26	: Minibüs Benzeri (Dizel) Taşıtlar OGS/Gişe Geçiş Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	74
Şekil C.27	: Motorsiklet OGS/Gişe Geçiş Karbonmonoksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	74
Şekil C.28	: Benzinli Otomobiller Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma)	75
Şekil C.29	: Dizel Otomobiller Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma)	75
Şekil C.30	: Minibüs Benzeri (Dizel) Taşıtlar Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma)	76
Şekil C.31	: Motorsiklet Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma)	76
Şekil C.32	: Benzinli otomobiller OGS/Gişe Geçiş Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	77
Şekil C.33	: Dizel otomobiller OGS/Gişe Geçiş Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	77
Şekil C.34	: Minibüs Benzeri (Dizel) Taşıtlar OGS/Gişe Geçiş Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	78
Şekil C.35	: Motorsiklet OGS/Gişe Geçiş Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/kış dönemi)	78
Şekil C.36	: Benzinli Otomobiller OGS/Gişe Geçiş Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	79
Şekil C.37	: Dizel otomobiller OGS/Gişe Geçiş Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	79
Şekil C.38	: Minibüs Benzeri (Dizel) Taşıtlar OGS/Gişe Geçiş Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	80
Şekil C.39	: Motorsiklet OGS/Gişe Geçiş Azot oksit Emisyonları (Ekzost Çalışma/yaz dönemi)	80
Şekil D.1	: Benzinli Otomobil Yaş Oranı	82
Şekil D.2	: Dizel Otomobil Yaş Oranı	83
Şekil D.3	: Minibüs Benzeri (Dizel) Taşıtlar Yaş Oranı	84
Şekil D.4	: Motorsiklet Yaş Oranı	85

SEMBOL LİSTESİ

h	: Plankt sabiti
v	: Elektromanyetik radyasyon frekansı
C_i	: i kirleticisinin kararlı durumdaki konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
u	: Ortalama rüzgar hızı
W	: Rüzgar yönüne dik olan kutunun genişliği (m)
H	: Rüzgar yönüne dik olan kutunun yüksekliği (m)
Q_i	: i kirleticisinin emisyon hızı ($\mu\text{g}/\text{saniye}$)

BOĞAZİÇİ KÖPRÜSÜ TAŞIT KAYNAKLI EMİSYONLARININ MOBILE6 EMİSYON FAKTÖR MODELİYLE TAHMİN EDİLMESİ

ÖZET

İstanbul’ da artan ulaştırma taleplerini karşılamak amacıyla, trafiğe katılan motorlu karayolu taşıtlarının sayısı her geçen gün hızla artmaktadır. Bu artışa bağlı olarak, motorlu taşıt emisyonlarının da artması beklenen bir durumdur. Bu emisyon değerlerine ulaşmak için İstanbul’ un bazı bölgelerinde düzenli ölçümler yapılmaktadır. Emisyon değerleri, yapılan ölçümlerle elde edilebileceği gibi, bu verileri elde etmek için kullanılabilecek başka yöntemler de bulunmaktadır. Bu yöntemlerden biri de bu amaçla hazırlanmış bilgisayar modellerinin kullanılarak emisyonların tahmin edilmesidir. Bu çalışmada EPA’ ya ait MOBILE6 Emisyon Faktör Modeli kullanılarak, İstanbul’ da trafik akışının yoğun olduğu bir bölge olan Boğaziçi Köprüsü’ ndeki taşıt kaynaklı karbonmonoksit (CO), azot oksit (NO_x) ve hidrokarbon (HC) emisyonları tahmin edilmiştir. Emisyonlar yaz ve kış dönemi olarak tanımlanan 2 farklı senaryo için, dönemsel sıcaklık, nem, yakıt özellikleri, araç akış bilgileri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma için, yaz ve kış mevsimlerini temsil etmek üzere Temmuz 2002 ve Ocak 2003 ayları göz önüne alınmıştır. Model sonuçları ulusal ve uluslararası hava kalitesi standartlarıyla karşılaştırılarak bu bölgedeki hava kirliliğinin boyutları hakkında kıyaslama yapılmıştır. Ayrıca Boğaziçi Köprüsü’ nde OGS ve gişe geçişleri sırasında yayılan emisyonlar, oluşturulan senaryolarla tahmin edilerek birbiriyle kıyaslanmıştır. Modelde gerek duyulan bazı veriler senaryo içerisinde göz önüne alınan kabuller doğrultusunda sadeleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar her iki dönemde 3 kirlletici içinde karbonmonoksit emisyonlarının en yüksek değerlere ulaştığını göstermektedir. THC emisyonları Temmuz döneminde artarken, NO_x ve CO emisyonlarının Ocak döneminde artış gösterdiği görülmüştür. Dönemsel rüzgar verileri göz önüne alınarak, Temmuz ve Ocak dönemi emisyonlarının hakim rüzgar yönüne/yönlerine bağlı olarak İstanbul’ un güneyli bölgelerinde birikme olasılığının olduğu söylenebilir. OGS ve gişe geçişi emisyon değerleri kıyaslandığında ise gişe geçişi emisyonlarının OGS emisyonlarına oranla daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür.

THE ESTIMATION OF MOBILE SOURCE EMISSIONS OF THE BOSPHORUS BRIDGE BY USING MOBILE6 EMISSION FACTOR MODEL

SUMMARY

In order to meet the increasing transportation demands, the number of motorway vehicles tend to mount continuously in İstanbul. As a result of this increase, it is usual to expect that emissions generated by motorway vehicles will increase. In some regions of İstanbul, regular measurements are carried out to get the emission results. As well as it is possible to get the results by measurements, there are several other methods that can be used. One of these methods cover the estimation of emissions by computer models. In this study, by using MOBILE6 Mobile Source Emission Factor Model of EPA, mobile source emissions of carbonmonoxide (CO), nitrogen oxide (NO_x) and hydrocarbon (HC) were estimated for The Bosphorus Bridge, where traffic activities are highly concentrated. These emissions were estimated for 2 specific seasons, –namely summer and winter- in both of which conditional temperature, humidity, fuel parameters and vehicle travel data were used for the commands. In the study, to simulate summer and winter seasons, July 2002 and January 2003 were the periods taken into consideration. By comparing the model results with local and international air quality standarts, an estimation was made for the level of air pollution in the region. On the other hand, the emissions generated during toll collection and OGS passing were estimated and then compared with each other. Some commands required in the model were simplified in accordance with the assumptions in the scenarios. The results show that, highest levels for the emissions belong to carbonmonoxide. Meanwhile, THC emissions were found higher for July 2002 and NO_x.and CO emissions were higher for January 2003. In consideration of monthly wind data, it can be stated that July and October emissions tend to accumulate mainly in eastern regions of İstanbul. When toll collection and OGS passing emissions are compared, it is observed that the vehicles emit more emissions during toll collection.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

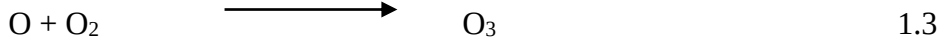
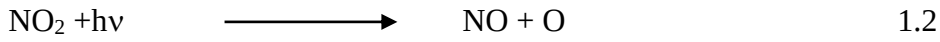
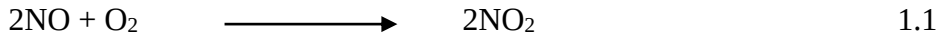
1.1 Giriş

Hava Kalitesi' nin korunması ve iyileştirilmesi amacıyla AB ve ABD' de örnekleme, analiz, sınır değerler, azaltıcı önlemler üzerinde yoğun çalışmalar sürdürülmekte ve getirilen yeni yasal düzenlemelerle kirletici emisyonlarının azaltılması hedeflenmektedir. Yapılan çalışmalarla Batı Avrupa' da pek çok şehirde yaşanan smog koşullarında düzelme görülmektedir.

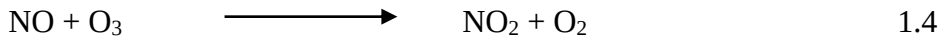
AB Komisyonu tarafından bu çerçevede yürütülen programlardan biri de politika geliştirme ve teknik analizleme amacıyla kullanılan CAFE Programı' dır. Program, 6. Çevre Eylem Programı altında tematik strateji belirlemek üzere Mart 2001' de kabul edilmiştir. Programın amacı 5 yıllık politika çevrimi içerisinde gelişerek 2004 yılında ilk entegre hava stratejisini benimseyerek çevre ve insan sağlığını hava kirliliğinin etkilerinden korumak üzere uzun vadeli stratejik ve entegre politikalar geliştirmektir. Planlanan tüm çalışmalar en temel iki kirletici olarak kabul edilen partiküler madde ve ozon seviyelerini kontrol edebilmek amacını taşımaktadır. Programda ozon oluşumunun temel kaynaklarından birinin taşıt emisyonları olduğu ve bu sebeple bu emisyonların kontrol edilmesinin önemi vurgulanmaktadır. Programda taşıt kaynaklı emisyonların kontrol edilmesi ve azaltılması için Auto Oil Programları kullanılmaktadır. Programların amacı araç emisyonları ve yakıt kalitesi standartlarını düzenlemektir. Hafif araçlarda ve petrol/dizel kalitesinde belirli kirletici emisyonları düzenleyen bir dizi direktifin uygulanmasını kapsar. Karayolu taşımacılığı ve diğer kaynaklardan çıkan emisyonların tahmin edilmesi ve karayolu ulaşım sektöründeki emisyon azaltma ölçütleri üzerine öneriler verir ve karayolu taşımacılığından meydana gelen emisyonların 2020 yılından itibaren 1995 seviyesinin % 20' sine düşürülmesini düzenler.

Programda temel kirleticilerden biri olarak kabul edilen ozon yukarı atmosferde güneşin zararlı ışınlarına karşın ekran görevini yaparken, yer seviyesinde kirletici olarak meydana gelmektedir.

Yer seviyesindeki ozon, NO_x' ların ve VOC' lerin reaksiyonu sonucu, etkin güneş radyasyonu ve yüksek sıcaklıkta oluşur. Ozonun fotokimyasal oluşum mekanizması şu şekildedir:



ve bu mekanizma tekrar



olarak devam eder.

Yüzey ozon konsantrasyonları incelendiğinde, günlük bir döngü görülmektedir. Ozon seviyeleri güneşin doğuşundan önceki saatlerde minimum, öğleden sonra etkin güneş radyasyonu ile birlikte fotokimyasal üretim sonucu maksimum seviyelerine ulaşır.

Ozon, insan sağlığına zararlı olup, miktarına bağlı olarak akciğerlerde ciddi tahribatlara sebep olur. Ayrıca bitki ve ormanlara zarar vererek, bitkilerin büyümesini engeller.

Ozon seviyelerinin kontrol edilebilmesi için ozon öncülleri olarak bilinen NO_x ve VOC emisyonlarının kontrol altında tutulması gereklidir. Bunun için de bu emisyonların kaynaklarının belirlenerek, kaynağında azaltma/önleme çalışmalarının yapılması büyük önem taşır.

1.2 Çalışmanın Amacı

AB Komisyonu tarafından kabul edilen CAFE Programı bu çalışmanın başlangıç noktasını oluşturmaktadır ve bu noktadan hareketle İstanbul' un trafik akışı yoğun bir bölgesi olan Boğaziçi Köprüsü' nde taşıt kaynaklı ozon öncüllerinin ve karbonmonoksitin MOBILE6 Emisyon Faktör Modeliyle tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Hesaplamalarda Temmuz 2002 ve Ocak 2003 olmak üzere iki farklı dönem göz önüne alınmıştır ve çevre koşullarının kirletici emisyonları üzerindeki etkisini kıyaslamak hedeflenmiştir. Model sonuçları hava kalitesi standart değerleriyle kıyaslanarak sınır değerleri aşan emisyonlar hakkında bilgi edinilmiştir. OGS ve gişe geçişlerinin emisyonlar açısından kıyaslamasını yapmak amacıyla bu iki geçiş sırasında yayılan emisyonlar karşılaştırılmıştır. İki döneme ait hakim rüzgar yönü/yönleri göz önüne alınarak, kirleticilerin İstanbul' un hangi bölgelerinde birikme olasılığının olabileceği tahmin edilmiştir.

2. HAVA KİRLİLİĞİ

Hava kirliliği, havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek ya da yaşamdan, maddi nesnelerden yararlanılmasını engelleyecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunmasıdır [24]. Hava kalitesi, insan ve çevresi üzerine etki eden hava kirliliğinin bir göstergesidir. Çevre havasında hava kirleticilerinin miktarının artması, hava kalitesini azaltmaktadır. Hava kalitesi sınır değerleri, insan sağlığının korunması amacıyla çevrede kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerin ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticilerin bir arada bulunduklarında, değişen zararlı etkileri de göz önüne alınarak tespit edilmiş konsantrasyonlarla ifade edilen seviyelerdir. Avrupa Birliği' ne geçiş sürecinde bulunan ülkemizde AB Çevre Hava Kalitesi Standartlarına yönelik değişiklik çalışmaları başlamıştır.

2.1 Hava Kirleticiler

Havanın tabii bileşimini değiştiren gaz, sıvı veya katı halde bulunabilen kimyasal maddelere hava kirleticileri adı verilmektedir. Gaz dışındaki kirleticiler havada aerosol halde olup, bazıları sis, mist, duman gibi özel adlar ile adlandırılmaktadır.

Hava kirleticiler atmosferde çok değişik şekillerde bulunabilmektedirler. Bu çeşitlilik sebebiyle kirleticilerin sınıflandırılmasına gereksinim duyulur. Bunlardan en önemlileri kirleticilerin atmosferde yer alış durumları ile fiziksel özelliklerine göre yapılan sınıflandırmalardır. Kirleticiler atmosferde yer alış durumlarına göre birincil ve ikincil kirleticiler şeklinde iki temel sınıfta toplanırlar. Birincil kirleticiler kaynaklardan atmosfere doğrudan yayılan kirleticilerdir. Oysa ikincil kirleticiler atmosferde bulunan birincil kirleticiler ile atmosferik özellikler arasındaki kimyasal reaksiyonlar sonucunda meydana gelirler.

Birincil kirleticiler içerisinde SO_2 , NO , CO ve H_2S ve ardışık olarak da SO_3 , NO_2 , CO_2 , HF , NH_3 ve Cl_2 yer alırlar. Organik gazlar ise genel şekli ile hidrokarbonlar ve aldehitlerden oluşur.

Şehir çevresinde görülen en yaygın hava kirleticileri kükürtdioksit (SO_2), azot oksitleri (NO veya NO_2 , genellikle NO_x olarak adlandırılmakta) , karbonmonoksit (CO), ozon (O_3), askıda katı madde (PM) ve kurşun (Pb)' dan oluşmaktadır. Bu kirleticiler geleneksel hava kirleticiler olarak da adlandırılmaktadır. Yakma, geleneksel hava kirleticilerinin temel kaynağıdır, sabit kaynaklarda fosil yakıtların yakılması SO_2 , NO_x ve partiküllerin oluşumuna neden olur. Isınmada katı yakıt kullanımı da (temel olarak odun ve kömür) bazı şehirlerde bu kirleticilerin önemli bir kaynağıdır. Benzinle çalışan motorlu taşıtlar NO_x , CO ve Pb ' nin temel kaynakları iken, dizel yakıtlı motorlu taşıtlar NO_x ' a ilaveten önemli miktarlarda partikül madde ve SO_2 yayar.

Fotokimyasal bir kirletici olan ozon yanma kaynaklarından direk olarak yayılmaz, ancak etkin güneş ışığı altında uçucu organik bileşiklerin (VOC) ve azot oksitlerle reaksiyona girmesi sonucu oluşur.

VOC ' lar trafikten, organik kimyasalların (çözücüler gibi), ham petrolün taşınması ve kullanımından, doğal gaz kullanımı ve dağıtılmasından v.b. sebeplerden kaynaklanmaktadır. Yüksek trafik akışı olan daha sıcak ve güneşli bölgeler ozon ve diğer öncü fotokimyasal kirleticilerin oluşumu için iyi bir ortam hazırlar.

Kurşun temel olarak yakıt katkı maddeleri, metal ergitme ve pil üretim tesislerinden yayılır, ancak kurşunlu benzin kullanımı kurşun açığa çıkaran en önemli kaynaktır.

Şehirlerimizde detaylı emisyon envanterleri bulunmasa da trafikte seyreden motorlu taşıtların sayısındaki artıştan, CO , NO_x ve partikül madde gibi hava kirleticilerin artmasının da beklenmesi olağan bir durumdur.

2.2 Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliğine yol açan kaynaklar temel özellikleri göz önüne alınarak iki ana grupta değerlendirilmektedirler. Bunlar, doğal hava kirliliği kaynakları ve antropojenik (insan yapımı) hava kirliliği kaynaklarıdır. [16].

Doğanın kendisinde bulunan hava kirliliği kaynakları, başlıca olarak volkanlar, tozlar, orman yangınları, okyanus spreyleri ve buharlaşmadır.

Antropojenik hava kirliliği kaynakları da çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Kaynakların konumlarına göre yapılan sınıflandırma üç gruptan oluşur:

- a. Noktasal kaynaklar,
- b. Alansal kaynaklar,
- c. Çizgisel kaynaklar.

Bu sınıflandırmaya göre enerji santralleri, petrol rafinerileri ve uzun bacalı tüm fabrikalar noktasal kaynaklar grubu içinde değerlendirilirler. Yerleşim bölgeleri, iş merkezleri, hastaneler ve okullar gibi daha çok ısınma ağırlıklı kaynak özelliği gösteren birimler ise alan kaynaklarına aittir. Üçüncü kaynak türü olan çizgisel kaynaklar ise araç emisyonlarının sebep olduğu trafik yüklerine karşı gelir. Yukarıdaki sınıflandırmanın dışında hava kirleticileri temel kaynak özellikler itibariyle de gruplandırılmaktadır. Niteliksel olarak daha etkin olan bu tür bir sınıflandırmada motorlu araçlar, endüstriyel tesisler, enerji birimleri ve konut ısıtılması ile ortaya çıkan emisyonlar bu tür bir sınıflandırmanın temel elemanları olarak kabul edilir [16].

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, çok değişik hava kirliliği kaynakları mevcuttur. Hareketli ve sabit kaynakların hava kirletici emisyonlarına katkıları şehirler arasında değişiklik göstermekte, emisyonlar motorlu taşıtların ve endüstrileşmenin yoğunluğu ve çeşidine göre değişmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde motorlu taşıtlar daha eski ve bakımsız olduklarından ve yeterli yasal düzenlemeler bulunmadığından buralarda motorlu taşıtları emisyonları en önemli kirlilik kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır.

3. TAŞIT KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİ

Hızlı nüfus artışı ve göç nedenleriyle kentlerin aşırı büyüyerek çevreye yayılması, ayrıca araç sahipliğinin ve buna bağlı olarak hareketliğinin hızlı artışı, ulaştırmadan kaynaklanan çevre sorunlarının kentlerde en yoğun biçimde yaşanmasına sebep olmaktadır. Örnek olarak Tablo 3.1’ de bir Avrupa şehrindeki ortalama kirletici değerleri ve normlara göre kıyaslaması verilmektedir.

Tablo 3.1 Kirlilik Değerleri (10^{-3} mg / m³) [26]

	Avrupa Komisyonu Normları	Dünya Sağlık Örgütü Normları	Bir Avrupa Şehrindeki Ortalama Değerler
NO₂	200	150	> 400
O₃	180	150 – 200	200

Ulaştırma, insanların ve/veya eşyanın, belli bir yarar sağlamak üzere, bir yerden diğer bir yere taşınması için verilen hizmet olarak tanımlanmaktadır. Ulaştırma ülkelerin ekonomisinde önemli bir paya sahiptir, şöyle ki Avrupa Birliği içinde gayri safi milli hasılanın % 7’ si, kamu yatırımlarının % 40’ ı ve enerji tüketiminin % 30’ u ulaştırma sektörü kapsamındadır. Türkiye’de toplam kamu yatırımlarının % 30’ u, enerji tüketiminin % 17’ si ve petrol tüketiminin % 80’ i ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır [26].

Ulaştırmanın çevre üzerindeki olumsuz etkileri arasında hava kirliliği başta gelmektedir. Hava kirliliğinin boyutları ve nedenleri incelendiğinde ulaştırmanın başta gelen kaynaklar arasında olduğu görülür. Trafığın çok yoğun olduğu şehirlerde saptanan CO için % 81, NO_x için % 44 ve hidrokarbonlar için % 36 gibi oranlar ulaştırma ve esas olarak karayolu kaynaklıdır.

Yolcu taşımacılığı ve yük taşımacılığında, çeşitli ulaştırma ve taşıt türlerinden kaynaklanan kirlетici ve CO₂ emisyonları Tablo 3.2 ve Tablo 3.3’ de görölmektedir.

Tablo 3.2. Yolcu Taşımacılığı (gr/yolcu-km) [26]

	CO	CO ₂	HC	NO _x	SO ₂	Partiköl/ toz
Otomobil						
*Benzin	14,40	180	2,50	2,40	0,03	0,01
Dizel	1,40	150	0,30	0,00	0,90	0,18
Otobüs						
Bölgesel	0,60	65	0,50	0,90	0,09	0,20
Demiryolu						
Bölgesel	0,02	105	0,01	0,30	0,70	0,04
Havayolu	2,20	465	0,40	1,80	0,15	0,07

*Kurşunlu Benzin (katalizörsüz araçlarda)

Tablo 3.3 Yük Taşımacılığı (gr/ton-km) [26]

	CO	CO ₂	HC	NO _x	SO ₂	Partiköl/ toz
Karayolu						
Bölgesel	1,86	255	1,25	4,1	0,32	0,30
Demiryolu	0,15	48	0,07	0,4	0,18	0,07
İç su yolu	0,18	40	0,08	0,5	0,05	0,03

2001 yılı itibariyle dünyada 566 milyon otomobil olmak üzere toplam 775 milyon motorlu araç bulunmaktadır. Ülkeler bazındaki motorlu araçlara ait 2001 yılı verileri Tablo 3.4 de verilmektedir:

Tablo 3.4 Ülkeler bazındaki motorlu araçlara ait 2001 yılı verileri [26]

Ülke	Otomobil	Ticari Araç	Toplam	Yoğunluk Araç/1000 kişi)	
				Otomobil	Toplam
Avrupa	237.473.216	40.682.881	278.156.097	320	374
Amerika	193.439.949	104.298.396	297.738.345	243	374
Asya	110.006.105	57.971.022	167.977.127	31	47
Afrika	12.375.755	5.796.643	18.172.398	16	24
Okyanusya	12.404.556	2.943.860	15.348.416	424	525
Toplam Dünya	565.699.581	209.692.802	775.392.383	96	132
AB	185.186.922	26.685.894	211.845.827	495	566
Kanada	17.054.798	728.545	17.783.343	559	583
Almanya	44.383.323.	3.592.054	47.975.377	541	585
ABD	134.810.651	88.635.651	223.466.302	491	814
Fransa	28.700.000	5.897.000	34.597.000	489	590
İngiltere	28.604.238	3.516.966	32.121.204	487	547
Japonya	53.540.516	19.867.246	73.407.762	426	584
Portekiz	3.589.000	1.367.800	4.956.800	362	500
Yunanistan	3.415.200	1.076.800	4.492.000	325	427
Macaristan	2.482.800	398.000	2.880.800	245	284
Polonya	9.390.000	1.781.000	11.171.000	243	289
Bulgaristan	1.914.000	293.000	2.207.000	230	266
G. Kore	8.889.349	4.025.264	12.914.613	189	276
Romanya	2.840.000	459.000	3.299.000	127	146
Brezilya	13.400.000	2.907.000	16.307.000	84	102
Türkiye	4.534.800	1.588.400	6.123.200	71	96

Tablo 3.4 incelendiğinde, (otomobil/toplam araç) yüzde değeri AB için % 88, ABD için % 60, Türkiye için % 74 olarak hesaplanır. Bu değerlerin ABD ve Türkiye’ de AB’ ye oranla daha düşük olmasının sebebi, ABD ve Türkiye’de yaygın olan karayolu taşımacılığına bağlı olarak kamyon benzeri taşıtların sayısının fazla

olmasıdır. AB' de ise taşımacılık karayolu yerine daha çok demiryolu aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple oran daha düşük çıkmaktadır.

Hava kirliliğinin temel nedeni, motorlu taşıtlarda kullanılan yakıtın yanmasıdır. Yakıtı meydana getiren hidrokarbonlar yanma sırasında hava oksijeni ile birleşerek, - tam yanma gerçekleşmemesi durumunda- insan sağlığına ve eko sisteme zararlı olanlar da dahil olmak üzere çeşitli bileşikler oluştururlar. Kükürt ve azot oksitleri, karbonmonoksit, hidrokarbonlar, partikül madde ve kurşun bileşikler olarak sıralayabileceğimiz bu zararlı madde emisyonları hava kirliliğini yaratmaktadırlar.

İçten yanmalı motorlarda, yanma sırasında, yakıtı meydana getiren hidrokarbonlar, hava içindeki oksijen ile birleşerek çeşitli bileşikler oluştururlar. Bir benzin motorunda optimum ayar şartlarında egzoz ile dışarı atılan bu bileşiklerin yaklaşık % 86.5' i su, azot ve oksijen gibi zararsız gazlardan, % 12.5' i sera etkisi yaratan karbondioksit gazından oluşmaktadır. Çevre ve insan sağlığına zararlı bileşikler ise egzoz gazlarının geri kalan yaklaşık % 1' ini oluşturur. Örnek olarak katalitik konvertörsüz bir benzin motorunda, taşıtın seyri sırasında, bu zararlı bileşiklerin hacimsel oranları ortalama olarak şu şekildedir:

Karbonmonoksit (CO)	% 0,85
Hidrokarbonlar (HC)	% 0,05
Azot oksitler (NO _x)	% 0,08
Partikül Madde (PM) (Duman)	% 0,005

Hava kirliliği açısından ulaştırma sistemleri içerisinde karayolları belirleyici ağırlıkta olup, bu kirlenmelerin büyük bölümü de (karbonmonoksit ve kurşun bileşiklerinin % 90 – 95' i, azot oksitleri ve hidrokarbonların ise % 60 – 70' lik bölümü) kent merkezleri dışındaki yerleşim alanlarını da etkilemektedir. İstanbul için 1990 yılında yapılan bir çalışmada, karayolu taşıtlarının 1 günde yarattığı emisyonlar içerisinde 568 ton karbonmonoksit, 113 ton azot oksitleri, 103 ton hidrokarbon, 13,4 ton kükürt dioksit, 9.5 ton partikül madde ve 0,78 ton kurşun bulunduğu [26].

Hava kirliliğine neden olan ve yukarıda belirtilen emisyonların dışında, yanma reaksiyonlarının kaçınılmaz bir ürünü olarak ortaya çıkan karbondioksit ise doğrudan

insan sağığına zararlı olmamasına rağmen, ekosistemin tolere edebileceğı miktarın çok üstüne çıkması sonucunda, atmosferin üst katmanlarında birikerek sera etkisi yaratmakta ve küresel ısınmaya, dolayısıyla iklim değışikliklerine sebep olmaktadır. Bu da dünyamızın ve insanlığın geleceğı açısından ciddi tehlikeler doğurmakta ve hızla önlem alınmasını gerektirmektedir. Önemli bir bölümünü enerji ve ulaştırma sektörlerinden kaynaklanan karbondioksitin oluşturduğu sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasına yönelik çalışmalar uluslararası platformlarda (Kyoto Anlaşması, İklim değışikliği Çevre Sözleşmesi vb.) sürdürölmekte olup, ciddi tedbirlerin gündeme gelmesi beklenmektedir.

Karayolu kirlilik miktarını etkileyen önemli faktörler, yol ve hava koşulları, trafik denetim ve düzeni, sürücü davranışlarını işaret eden taşıtın bakım-kullanım sorumluluğı ve taşıt özellikleridir. Bu özellikler taşıt özellikleri, motor cinsi, kullanılan yakıt türü, taşıt gücü-yaşı ve modeli olarak sıralanabilir.

Motorlu taşıt kirleticilerinin atmosfere atılımı farklı biçimlerde olmaktadır. Bunların oranları Tablo 3.5 ile verilmektedir.

Tablo 3.5 Kaynağına Göre Kirletici Emisyonların Oranları (% Ortalama)

Kirletici	Benzin Buharlaşması	Egzoz	Karter
CO	0	100	0
HC	20	60	20
NO _x	0	100	0
Pb	0	100	0

Bir litre benzinin yakılmasıyla atmosfere yayılan kirleticilerin kütesel ağırlığı dizel yakıtlarına göre yaklaşık 8 kat yüksektir. Bir ton yakıtın tüketilmesi sırasında atılan toplam zararlı madde miktarları Tablo 3.6' da verilmektedir.

Tablo 3.6 1 Ton Yakıttan Oluşan Zararlı Maddeler (ton/kg)

Kirletici	Benzin	Dizel
CO	378	20,81
HC	21,2	4,16
NO _x	14,50	18,01
SO _x	1,86	7,80
Pb	0,50	-
Toplam	416,06	50,78

Türkiye’deki ulaştırma sektörüne baktığımızda, çeşitli ulaştırma türleri arasında bir dengenin olduğu söylenemez, aksine ulaştırma sistemimiz tamamen karayoluna bağlıdır. Bugün karayollarının yolcu taşımacılığındaki payı % 95, yük taşımacılığındaki payı % 93’ tür. Demiryollarının payı ise yolcu taşımacılığında % 3,2, yük taşımacılığında % 6,8 dolayındadır. Gelişmiş ülkelerin hiçbirinde böyle bir durum sözkonusu değildir; örneğin, demiryollarının yük taşımacılığındaki payı ABD, Avusturya, İsveç ve İsviçre’de % 40’ ın üzerindedir.

Karayolu ulaşımının bugün geline noktasındaki yüksek oranı, ulaştırma yatırımlarının uzun yıllardır karayolu ağırlıklı olmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin, Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı döneminde, toplam kamu yatırımları içinde % 30,6’ lık oranla birinci sırada yer alan ulaştırma yatırımlarının % 80’ ini karayolu yatırımları teşkil etmiştir (otoyol yatırımlarının payı % 47).

Ulaştırmada karayollarının payının fazlalığı ve özellikle yük taşımacılığında giderek artması ciddi olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Karayolu trafiğinde ağır taşıtların oranı, gelişmiş ülkelerde %10 dolayında iken ülkemizde bazı eksenlerde % 60’ lara çıkmaktadır. Bunun sonuçları, yarattığı çevresel kirliliğin yanı sıra, karayollarında hızın düşmesi, kapasitelerin azalması ve artan trafik kazaları olarak görülmektedir. Nitekim, ülkemizde trafik kazaları ve neden olduğu ölümlerin sayısı, gelişmiş ülkelere göre 3-10 kat fazladır.

Ulaşımın karayolu ağırlıklı olmasının diğer bir etkisi de, karayolu ulaştırmasında tüketilen enerjinin hemen hemen tümünün petrole bağımlı olmasından dolayı, sürekli artan petrol harcamalarıdır. 2015 yılına kadar, yalnız yük taşımacılığında, demiryollarının bugün % 7 olan payının doğrusal bir artışla % 30’ a çıkarılması ile

yaklaşık 9,5 milyon m³ petrol tasarrufu sağlanabilir (bunun parasal değeri yaklaşık 16 milyar dolardır) ve 4500 kişi ölümden, 135.000 kişi ise yaralanmaktan kurtarılabilir.

4. MOBILE6 MOBİL KAYNAKLAR İÇİN EMİSYON FAKTÖR MODELİ

MOBILE6 modeli, kara taşıtlarında (otomobil, minibüs, kamyonet, kamyon, otobüs, motorsiklet) -hidrokarbon (HC), karbonmonoksit (CO) ve azot oksitler (NO_x) için-şimdiki veya gelecek durum senaryoları dahilinde emisyon değerlerini hesaplayan bir programdır. MOBILE6, EPA tarafından ilk kez 1978 yılında yapılan ve daha sonra geliştirilen MOBILE modellerinin en sonuncusu olup 2000 yılında yayınlanmıştır [9].

Model 28 taşıt sınıfı için 1952 – 2050 takvim yılları arasında hesaplama yapabilmektedir. Ayrıca emisyon değerlerini Tanıtımsal Çıktı ve/veya Veritabanı Çıktısı olmak üzere 2 farklı formatta görebilme seçeneği sunmaktadır. Tanıtımsal çıktıda emisyon hızları gram kirletici / katedilen araç mili-arac (g/mil-arac) olarak raporlanırken, veritabanı çıktısında sonuçlar g/mil-arac veya g/(saat-arac) (g/gün-arac) olarak raporlanmaktadır. Model tarafından hesaplanan değerler trafik aktiviteleri ile birleştirilerek emisyon envanterleri oluşturmak mümkündür.

Model, belli parametreler için kurulan senaryoya bağlı olarak seçilebilecek alternatifler sunmaktadır. Bunlar Tablo 4.1’ de verilmektedir:

Tablo 4.1 MOBILE6 Modeli Parametrelerine Ait Seçenekler

Parametre	Yakıt cinsi	Araç sınıfı	Yükseklik	Hesaplama Yılları	Yol sınıfı	Araç model yılı	Emisyon türü
Seçenekler	benzin dizel doğalgaz	28 çeşit	Alçak Yüksek	1952 – 2050	5 çeşit	*Son 25 yıl	8 çeşit

*Modelde 25 yıldan büyük araçlar, 25 yıllık kabul edilerek hesaplamalar yapılmaktadır.

Model, emisyon sonuçlarını etkileyen pek çok durum ve parametre için kabul değerler içermektedir. Kullanıcılar senaryolarına ait daha doğru emisyon değerlerini elde etmek için kabul değerler yerine lokal değerleri de kullanabilirler.

Modelde kullanılan veri parametrelerinin listesi Tablo 4.2’ de verilmektedir. Bu verilerin pek çoğu isteğe bağlı veriler olup, programa farklı bir veri girilmediği sürece model kendi kabul değerlerini kullanmaktadır. Kullanıcının zorunlu olarak sağlaması gereken minimum parametreler takvim yılı, maksimum ve minimum günlük sıcaklık değerleri ve yakıt uçuculuğudur.

Tablo 4.2 MOBILE6 Veri Parametreleri

	MOBILE6 Veri Parametreleri
1	Takvim Yılı
2	Ay (Ocak, Temmuz)
3	Yükseklik (alçak, yüksek)
4	Hafta içi / Hafta sonu
5	Yakıt karakteristikleri (RVP, kükürt, RFG)
6	Nem, güneş yükü, klima oranları
7	Araç sınıflarının yaş dağılımları
8	Araç sınıflarının yıllık yol birikimi
9	Araç sınıfı ve model yılına göre dizel satış oranları
10	Saatlik ve yol cinsine göre ortalama hız dağılımları
11	Yol cinsine göre katedilen araç yolu
12	Günlük motor çalıştırma sayısı ve saatlik dağılımı
13	Saatlik araç çalıştırma emme süresi
14	Sıcak emme süresi
15	Araç sınıflarının katettiği araç yolu dağılımı
16	Tam, kısmi, çoklu, günlük, saatlik dağılım
17	Hidrokarbon çeşidi

Modelde isteğe bağlı olarak kullanılabilecek 28 araç sınıfı Tablo 4.3’ de verilmektedir.

Tablo4.3 MOBILE6 Araç Sınıfı

Sayı	Kısaltma	Açıklama
1	LDGV	Benzinli Binek Otomobiller
2	LDGT1	Kamyonet Benzeri Benzinli Araçlar 1 (0 – 2721.6 kg GVWR / 0 – 1701 kg LVW)
3	LDGT2	Kamyonet Benzeri Benzinli Araçlar 2 (0 – 2721.6 kg GVWR / 1701.5 – 2608.2 kg LVW)
4	LDGT3	Kamyonet Benzeri Benzinli Araçlar 3 (2722,1 – 3855.6 kg GVWR / 0 – 2608.2 kg ALVW)
5	LDGT4	Kamyonet Benzeri Benzinli Araçlar 4 (2722,1 – 3855.6 kg GVWR / 2609 kg’ dan büyük ALVW)
6	HDGV2b	Kamyon Benzeri Benzinli Araçlar Sınıf 2b (3856.1 – 4536 kg GVWR)
7	HDGV3	Kamyon Benzeri Benzinli Araçlar Sınıf 3 (4536.5 – 6350.4 kg GVWR)
8	HDGV4	Kamyon Benzeri Benzinli Araçlar Sınıf 4 (6350.9 – 7257.6 kg GVWR)
9	HDGV5	Kamyon Benzeri Benzinli Araçlar Sınıf 5 (7258.1 – 8845.2 kg GVWR)
10	HDGV6	Kamyon Benzeri Benzinli Araçlar Sınıf 6 (8845.7 – 11793.6 kg GVWR)
11	HDGV7	Kamyon Benzeri Benzinli Araçlar Sınıf 7 (11794.1 – 14968.8 kg GVWR)
12	HDGV8a	Kamyon Benzeri Benzinli Araçlar Sınıf 8a (14969.3 – 27216 kg GVWR)
13	HDGV8b	Kamyon Benzeri Benzinli Araçlar Sınıf 8b (> 27216 kg GVWR)
14	LDDV	Dizel Binek Otomobiller
15	LDDT12	Kamyonet Benzeri Dizel Araçlar 1-2 (0 – 2721.6 kg GVWR)
16	HDDV2b	Kamyon Benzeri Dizel Araçlar Sınıf 2b (3856.1 – 4536 kg GVWR)
17	HDDV3	Kamyon Benzeri Dizel Araçlar Sınıf 3 (4536.5 – 6350.4 kg GVWR)
18	HDDV4	Kamyon Benzeri Dizel Araçlar Sınıf 4 (6350.9 – 7257.6 kg GVWR)
19	HDDV5	Kamyon Benzeri Dizel Araçlar Sınıf 5 (7258.1 – 8845.2 kg GVWR)
20	HDDV6	Kamyon Benzeri Dizel Araçlar Sınıf 6 (8845.7 – 11793.6 kg GVWR)
21	HDDV7	Kamyon Benzeri Dizel Araçlar Sınıf 7 (11794.1 – 14968.8 kg GVWR)
22	HDDV8a	Kamyon Benzeri Dizel Araçlar Sınıf 8a (14969.3 – 27216 kg GVWR)
23	HDDV8b	Kamyon Benzeri Dizel Araçlar Sınıf 8b (> 27216 kg GVWR)
24	MC	Motorsikletler (Benzinli)
25	HDGB	Benzinli Otobüsler (Okul, Şehirlerarası, Şehir İçi)
26	HDDBT	Dizel şehirlerarası ve Şehir içi Otobüsler
27	HDDBS	Dizel Okul Otobüsleri
28	LDDT34	Kamyonet Benzeri Dizel Araçlar 3-4 (2722.1 – 3855.6 kg GVWR)

Modelde isteğe bağlı olarak kullanılabilecek 8 emisyon çeşidi Tablo 4.4’ de verilmektedir.

Tablo 4.4 MOBILE6 Emisyon Çeşitleri

Sayı	Kısaltma	Açıklama		Kirletici	Araç Sınıfı
1	Çalışma	Eksost	Ekzost çalışma emisyonları	HC, CO, NO _x	Tüm
2	Başlangıç		Ekzost motor başlangıç emisyonları (yolculuk başlangıç)	HC, CO, NO _x	LD ve MC
3	Sıcak Emme	Uçucu	Uçucu sıcak emme emisyonları (yolculuk bitiş)	HC	Benzinli, (MC dahil)
4	Günlük		Uçucu günlük emisyonlar (hararet)	HC	Benzinli, (MC dahil)
5	Dinlenme		Uçucu dinlenme kayıpları emisyonları (sızıntı ve damlamalar)	HC	Benzinli, (MC dahil)
6	Çalışma		Uçucu çalışma kaybı emisyonları	HC	Benzinli, (MC çok az)
7	Krank Motoru		Uçucu krank motoru emisyonları	HC	Benzinli, (MC dahil)
8	Yakıt Yenileme		Uçucu yakıt yenileme emisyonları (yakıt yenileme ve akıntılar)	HC	Benzinli, (MC çok az)

Modelde isteğe bağlı olarak kullanılabilecek 5 yol çeşidi Tablo 4.5’ de verilmektedir.

Tablo 4.5 MOBILE6 Yol Çeşitleri

Sayı	Kısaltma
1	Otoyol
2	Arter
3	Tali yol
4	Tırmanma şeridi
5	Tanımsız (başlangıç ve uçucu emisyonlar için)

Modelde isteğe bağlı olarak hesaplatılabilecek hidrokarbon kategorileri Tablo 4.6 verilmektedir.

Tablo 4.6 MOBILE6 Hidrokarbon Kategorileri

Sayı	Kısaltma	Açıklama
1	THC	Toplam hidrokarbonlar
2	NMHC	Metan harici hidrokarbonlar
3	VOC	Uçucu organik bileşikler
4	TOG	Toplam organik gazlar
5	NMOG	Metan harici organik gazlar

Model, HC emisyonlarını detaylandırarak, 5 çeşit için de hesaplama yapabilmeyi mümkün kılmaktadır. Bunların detayı Tablo 4.7’ de verilmektedir:

Tablo 4.7 MOBILE6 HC (Hidrokarbon) Emisyonları

Sınıf	*FID HC Dahil	Metan dahil	Etan dahil	Aldehitler dahil
Toplam Hidrokarbonlar (THC)	Evet	Evet	Evet	Hayır
Metan içermeyen hidrokarbonlar (NMHC)	Evet	Hayır	Evet	Hayır
Uçucu Organik Bileşikler (VOC)	Evet	Hayır	Hayır	Evet
Toplam Organik Gazlar (TOG)	Evet	Evet	Evet	Evet
Metan içermeyen Organik Gazlar (NMOG)	Evet	Hayır	Evet	Evet

*FID’ de ölçülen hidrokarbon emisyonlarını ifade etmektedir. FID araç tarafından yayılan aldehitlerin bir kısmını ölçümler. Bu sebeple, Tablo 4.7’ deki ilk iki hidrokarbon (THC ve NMHC) aldehit emisyonlarının bir kısmına denk gelmektedir. Diğer hidrokarbonlar FID tarafından ölçülmemeyen aldehitler için düzeltme de içermektedir.

**Her çalışma bölümünde sadece bir hidrokarbon çeşidi tanımlanabilmektedir. Birden fazla tanımlandığında program en sonuncuyu kullanmaktadır.

***Model benzin ve dizel yakıtlı araçların emisyon testlerinde genel olarak THC ve/veya NMHC ölçülmesini, doğal gazlı araçlarda ise sadece NMHC ölçülmesini önermektedir.

Modelde senaryoya bağlı olarak seçilen yükseklik seçenekleri Tablo 4.8’ da verilmektedir:

Tablo 4.8 MOBILE6 yükseklik değerleri

Sayı	Kısaltma	Açıklama	Modelde İfade Edilişi
1	Alçak	Deniz seviyesinden yaklaşık 155 m yüksek	1
2	Yüksek	Deniz seviyesinden yaklaşık 1675 m yüksek	2

Model Veri Giriş Yapısı:

MOBILE6 modelinde 3 çeşit veri girişi dosyası vardır. Bunlar:

- ⊙ Komut (Girdi) Dosyaları
- ⊙ Takım/Grup Dosyaları
- ⊙ Dış-Veri Dosyaları

Komut Dosyaları

Bu dosyalarda emisyon faktörlerinin hesaplanacağı senaryoları tanımlayan bilgiler/veriler ve program kontrol bilgileri bulunur. Bütün komut dosyaları 3 bölümden oluşur. Bu bölümler ve özellikleri kısaca şöyledir:

- Başlık Bölümü
- Çalışma Bölümü
- Senaryo Bölümü

Her komut dosyası “MOBILE INPUT FILE” komutu ile başlar ve bu komut dosyanın ilk bölümü olan başlık bölümüne yazılır. Bir komut dosyasının içinde bir tane başlık bölümü bulunur. Bundan sonra gelen çalışma bölümü ise birden fazla olabilir ve her çalışma bölümü de kendi içinde birden fazla senaryo bölümü içerebilir. Şematik olarak gösterilecek olursa:

- Başlık Bölümü
 - Çalışma Bölümü (# 1)
 - Senaryo (# 1)
 - Senaryo (# 2)
 - Çalışma Bölümü (# 2)
 - Senaryo (# 1)
 - Senaryo (# 2)
 - Senaryo (# 3)

1-) Başlık Bölümü:

Bu bölüm, programın bütünsel girdilerini, çıktı bilgilerini ve programın çalıştırılmasını kontrol eder.

Örneğin bu bölümde emisyon faktörlerinin görsel denetime uygun olan “tanımlayıcı çıktı” olarak veya başka bir programa girdi olabilecek formattaki “veritabanı çıktısı” olarak alınması komutları verilir. Bu bölümde tanımlanan bir bilgi bütün çalışma bölümleri ve bütün senaryo bölümlerinde geçerlidir ve uygulanır.

2-) Çalışma Bölümü:

Bu bölümde MOBILE6 işlemlerini düzenleyen ve gerçekleştiren parametreler tanımlanır, ayrıca I/M programlarını tanımlayan bilgiler verilir. Bu bölümde sağlanan bir bilgi o bölümün altındaki tüm senaryolar için geçerlidir.

3-) Senaryo Bölümü:

Bu bölümde emisyon faktörlerinin hesaplanacağı bütün senaryolar detaylandırılır.

MOBILE6 Modeli Veri Dosyası Komutları

MOBILE6 Modelinde 10 çeşit veri dosyası komutları bulunmaktadır. Bunlar aşağıda ana başlıklar halinde sıralanmaktadır. Tüm komutlar Tablo D.1’ de verilmektedir.

1-) Ayıraç Komutları

2-) Çıktı Komutları

3-) Tanımlayıcı Çıktı Komutları

4-) Veritabanı Çıktısı Komutları

5-) Çevre Koşulları Komutları

6-) Araç Filo Karakteristikleri Komutları

7-) Aktivite Komutları

8-) Eyalet Programları Komutları

9-) Yakıt Komutları

10-) Alternatif Emisyon Düzenlemeler ve Kontrol Ölçüleri

5. MODEL UYGULAMASI ve SONUÇLARI

5.1 Senaryo Tanıtımı

MOBILE6 Emisyon Faktör Modelini uygulamak üzere seçilen senaryo bölgesi İstanbul Boğaziçi Köprüsü' dür. Boğaziçi Köprüsü' nden geçen araçlardan kaynaklanan emisyonlar 2 farklı dönem için tahmin edilmiştir. Yaz dönemi olarak 2002 yılı Temmuz ayı, kış dönemi olarak da 2003 yılı Ocak ayı göz önüne alınmıştır. Bu dönemlerdeki ekstrem çevresel koşullarının emisyonlara etkisini kıyaslayabilmek amacıyla 2 farklı dönem seçilmiştir (sıcaklık, nem, yakıt uçuculuğu v.b.). Ayrıca köprü giriş ve çıkışlarında araçların OGS den geçişi ve gişe geçişi iki ayrı senaryo olarak düşünülmüş ve bu bölgelerden geçiş sırasında yayılan emisyonlar tahmin edilerek birbirleriyle kıyaslanmıştır. Her iki dönem için de HC, CO ve NO_x kirleticileri için emisyonlar göz önüne alınmıştır. Sıcaklıklar Kandilli Rasathanesi' nden temin edilen Ocak 2003 ve Temmuz 2002 günlük sıcaklık verileri doğrultusunda hesaplanmıştır (Şekil A.7 - A.8)

Çalışmada Boğaziçi Köprüsü' nden 4 sınıf aracın geçtiği kabul edilmiştir. Bu kabulde, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü 17. Bölge Müdürlüğü' nden temin edilen Boğaziçi Köprüsü Ocak 2003 ve Temmuz 2002 ayları Günlük Araç Sınıf Çizelgesi göz önüne alınmıştır (Şekil A.1 – Şekil A.2). Bu 4 araç sınıfı benzinli otomobiller, dizel otomobiller, minibüs benzeri dizel taşıtlar, motorsikletler olarak tanımlanmaktadır. Otomobiller –belirtildiği üzere- benzinli ve dizel olarak iki grupta düşünülmüş, bütün minibüs benzeri taşıtların dizel olduğu kabul edilmiştir. Motorsikler ise model tarafından % 100 oranında benzinli olarak kabul edilmektedir.

Taşıtların köprü üzerindeki ortalama hızları 60 km/saat kabul edilmiştir [17]. Taşıtların OGS den geçiş hızı OGS geçişlerinde izin verilen maksimum hız olan 30

km/saat alınmıştır. Taşıtların gişe geçiş hızları ise araçların durduğu ve tekrar hareket ettiği göz önüne alınarak ortalama 10 km/saat kabul edilmiştir.

Reid buhar basınç değeri için TÜPRAŞ' dan temin edilen süper benzinin ürün özellikleri göz önüne alınmıştır (Tablo A.1 – A.2).

Mutlak nem değerini elde etmek için atmosfer basıncı 1 atmosfer olarak kabul edilmiş, yüzde nem değeri için DİE 1998 İstanbul Meteoroloji İstasyonlarındaki Ölçüm Sonuçları (Tablo A.3) kullanılmıştır.

Araç yaş dağılımları için DİE' nin 1966 – 2003 yılları arasındaki Türkiye Motorlu Kara Taşıtları istatistik verileri kullanılarak, 4 araç sınıfının son 25 yıllık modelleri için yıllık oranlar hesaplanmıştır (Şekil D.1 – Şekil D.4).

Toplam otomobillerin % 5 dizel yakıtlı kabul edilmiştir. (Tablo A.4 – Tablo A.5)

Dizel oranları için 4 araç sınıfının araç yaş dağılım verileri kullanılarak 25 yıl için tahmin değerleri kullanılmıştır.

Yıllık yol birikim oranları ve taşıt sınıflarına ait katedilen araç yolu dağılımı verileri için, bu konularda istatistiki veri elde edilemediğinden modelin kabul değerleri kullanılmıştır.

Emisyon değerleri hafta içi trafik aktiviteleri gözönüne alınarak hesaplanmıştır.

Köprü üzerinden geçiş Temmuz 2002 ve Ocak 2003 parametreleri Tablo 5.1'de verilmektedir.

Tablo 5.1 Senaryo Parametreleri

Parametre	Ocak 2003	Temmuz 2002
Günlük maksimum sıcaklık	4,9 °C	32,1
Günlük minimum sıcaklık	10,2 °C	21,9
Reid Buhar Basıncı	70 kPa	60 kPa
Mutlak Nem	5 g/kg kuru hava	15,3 g/kg kuru hava

Basınç	1atmosfer	1 atmosfer
Yüzde Nem	% 79	% 69
Ortalama Günlük Sıcaklık	7,6 °C	27 °C
Bölge Yüksekliği	Alçak (~ 160 m)	Alçak (~ 160 m)

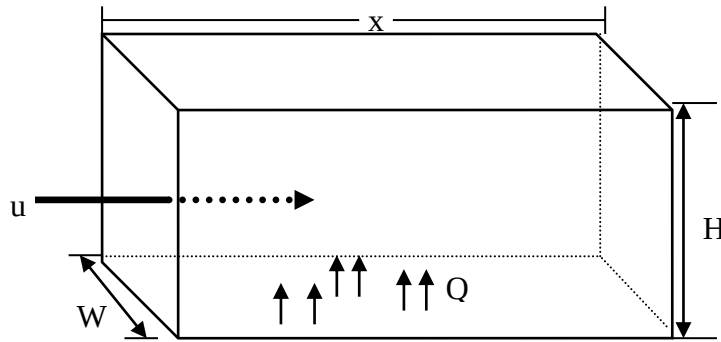
5.2 Model Sonuçları

Ocak 2003 ve Temmuz 2002 verilerinin modele girilmesi sonucu, model tarafından hesaplanan bileşik emisyon faktörleri Tablo B.4 de verilmektedir. Tablo B.4 de verilen emisyon faktörleri kullanılarak aşağıdaki bağıntı yardımıyla her bir kirletici için günlük emisyonlar hesaplanmıştır [17].

$$E = (\text{Emisyon faktörü}) * (\text{Geçen araç Sayısı}) * (\text{Mesafe}) * 2 \text{ (çift yön)} \quad 5.1$$

Bu bağıntıyla hesaplanan farklı kirleticiler için günlük emisyon değerleri (ton/gün) Tablo B.5 de ve Şekil B.1 de verilmektedir. Sonuçlar 1990 yılı İstanbul için günlük toplam emisyon değerleriyle [26] kıyaslanmıştır, kıyaslamalı grafikler Şekil B.2 – B.4 de verilmektedir.

Elde edilen günlük emisyonlar (ton/gün) Kutu Modeli göz önüne alınarak konsantrasyonlara çevirilmiştir. Bu modele göre, kirleticilerin sabit hacimdeki bir dikdörtgen içerisinde üniform olarak karıştığı varsayılmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Kutu Modeli.

Kararlı emisyon ve meteorolojik şartlar için kirletici konsantrasyonları aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır [16].

$$C_i = Q_i / (uWH) \quad 5.2$$

Bu bağıntıda ortalama rüzgar hızları için Kandilli Rasathanesi'nden temin edilen 2 döneme ait saatlik rüzgar hızları verileri göz önüne alınmıştır, bu dönemlere ait günlük rüzgar hızları Şekil A.3 – Şekil A.4' de verilmektedir. Rüzgar yönüne dik genişlik (W) olarak köprünün uzunluğu (1560 m), rüzgar yönüne dik yükseklik olarak da (H) yerleşim yerlerini içine alan 20 m' lik bir yükseklik alınmıştır. Bu bağıntıyla hesaplanan kirletici konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ulusal Hava Kalitesi Standartları (Tablo B.1), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standartları (Tablo B.2) ve EPA'ya ait Hava Kalitesi ve Standartları Planlama Bölümü tarafından belirlenmiş olan Uluslararası Hava Kalitesi Standartları (Tablo B.3) ile kıyaslanmıştır. Ulusal Hava Kalitesi Standartlarıyla kıyaslamalı grafikler Şekil B.5 – Şekil B.7 de verilmektedir.

Ayrıca her araç sınıfında araç başına yayılan ($\text{kg}/\text{saat-araç}$) emisyonlar iki dönem için Şekil C.1 – Şekil C.39'da verilmiştir.

OGS ve gişe geçişleri esnasında yayılan emisyonlar her bir araç sınıfında araç başına saatlik değerler ($\text{kg}/\text{saat-araç}$) olarak Şekil C.1 – Şekil C.39'da verilmektedir.

2 döneme ait emisyonların birikme olasılığının bulunduğu bölgeleri tespit etmek amacıyla Kandilli Rasathanesi'nden temin edilen saatlik rüzgar yönleri verileri kullanılmıştır. Bu veriler doğrultusunda 2 dönem için de hakim rüzgar yönlerini gösteren rüzgar gülleri Şekil A.5 – Şekil A.6'da gösterilmiştir. Buna göre Temmuz 2002'de 1. derece hakim yön kuzey olurken, 2. derecekuzey-kuzeybatı ile meydana gelmiştir. Bu sonuç emisyonların güneyli yönlerde taşınarak İstanbul'un güneyinde etki bölgeleri oluşturabileceğini göstermektedir.

Ocak 2003'de ise 1. derece hakim rüzgar yönü kuzey ile meydana gelmiştir. Bu sonuç da emisyonların İstanbul'un güney yönlerine taşınarak bu bölgelerde etki alanları oluşturabileceğini göstermektedir.

6. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada EPA' ya ait MOBILE6 Emisyon Faktör Modeli kullanılarak İstanbul Boğaziçi Köprüsü taşıt kaynaklı emisyonları Temmuz 2002 ve Ocak 2003 dönemleri göz önüne alınarak tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar birbiriyle kıyaslanarak 2 karakteristik mevsime ait emisyonlar değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar kullanılarak ulusal ve uluslararası standart değerlerle karşılaştırılmış ve bölge hava kalitesi hakkında tahminde bulunulmuştur. Ayrıca köprü giriş-çıkışlarındaki OGS ve gişe geçişleri 2 farklı senaryo olarak düşünülerek bu geçişler esnasında yayılan emisyonlar tahmin edilmiş ve bu iki durumdaki hız değişikliklerinin emisyonlar üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Göz önüne alınan 3 kirleticinin emisyon değerleri kıyaslandığında, her iki dönemde de en yüksek değerlere ulaşan kirleticinin CO olduğu görülmüştür. Model sonuçlarına göre THC emisyonlarının Temmuz 2002 döneminde artış gösterdiği, CO ve NO_x emisyonlarının da Ocak 2003 döneminde artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum toplam hidrokarbon ve karbonmonoksit emisyonları için, bu kirleticilere ait temel oluşum mekanizmaları ve mevsimsel farklılıklara bağlı değişikliklerle uyum gösterirken, azot oksit emisyonları için farklılık göstermiştir.

Temel olarak içten yanmalı motorlar tarafından üretilen hava kirliliği yakıtın yanması veya buharlaşması sonucu ortaya çıktığından, performansın ve egzost emisyonlarının iyileştirilmesi için yanma olayının çok kısa bir zaman içinde verimli şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir. Yanma veriminin, motorun bütün çalışma şartlarında maksimum seviyede tutulması için mümkün olan çok sayıda parametrenin motorun çalışma şartlarına göre ayarlanması, yakıtın en verimli şekilde enerjiye dönüşümünü sağlayacaktır. Bu amaçla emisyonları düşürmek maksadıyla motorlarda ateşleme avansı, subap açılıp kapanma zamanları, sıkıştırma oranları ve H/Y (Hava/yakıt) oranı gibi bazı işletme parametreleri motor hızına ve yüküne bağlı olarak değiştirilmektedir.

Egzost gazlarında bulunan karbonmonoksit emisyonunun ana nedeni yanma odasındaki oksijenin yetersiz olması ve dolayısıyla karbonun tamamen yanamamasıdır. CO emisyonları yük ve hız değişimlerine büyük oranda duyarsızken, hava/yakıt oranına karşı daha duyarlı davranmaktadır. CO oluşumunu etkileyen en önemli faktör hava fazlalık katsayısıdır. Karışım zenginleştikçe yanma odasına alınan yakıtın içindeki karbonun tamamını CO₂ şeklinde yakacak oksijen bulunmadığından, CO oranı hızlı bir şekilde artmaktadır. Otomobillerin soğuk havalarda çalıştırılması için daha fazla yakıtı ihtiyaç duymasından dolayı kış mevsiminde hava/yakıt oranı düşürüldüğünden, otomobillerden yayılan CO emisyonlarının soğuk havalarda artması beklenmektedir. Model sonuçlarında da kötü yanma koşulları sebebiyle karbonmonoksit emisyonları Ocak döneminde daha yüksek çıkmıştır.

Hidrokarbon emisyonları temel olarak buharlaşma ve egzost aracılığıyla yayılmaktadır. Egzost gazları içerisinde yanmamış hidrokarbonların bulunuş nedeni sıcaklıkların, oksijen miktarının veya zamanın yetersiz olması sonucu yanmanın tamamlanamamasıdır. Bu nedenle zengin karışımlarda yeterli oksijen sağlanamadığı için yakıtın tümü yanamaz ve hidrokarbon emisyonu artar. Karışımın çok fakirleşmesi durumunda ise yanma odası sıcaklığı düşeceği için tam yanma sağlanamaz ve hidrokarbon miktarı artış gösterir. Yakıt deposunda bulunan benzin, uçucu bir yakıt olması sebebiyle, buharlaşma sonucunda havalandırma deliğinden atmosfere atılmaktadır. Ayrıca karbüratördeki yakıt da buharlaşarak atmosfere kaçmaktadır. Bu konuda herhangi bir önlem alınmamış benzinli motorlu taşıtlarda, toplam hidrokarbon emisyonunun önemli bir bölümünü buharlaşma yoluyla atmosfere atılan hidrokarbonlar oluşturmaktadır. Model sonuçlarına göre Temmuz döneminde artış gösteren hidrokarbon emisyonlarının büyük bir bölümü sıcaklığın artmasına paralel olarak benzinin uçuculuğunun artması ve dolayısıyla buharlaşma emisyonlarının artmasıyla açıklanabilir. Dizel yakıtında normal atmosferik koşullar altında buharlaşma olmadığından Temmuz dönemindeki artışta dizel yakıtlı araçların payı çok düşüktür.

Azot oksitler yanma sırasında ulaşılan yüksek sıcaklıklarda (1800 °C), havanın içindeki azotun oksijen ile birleşmesi sonucu meydana gelir. Azot oksitlerin oluşumunu etkileyen parametreler yanma odasındaki sıcaklık seviyesi ve hava/yakıt

karışım oranıdır. Ayrıca sıcaklığa bağlı olarak kimyasal reaksiyonların hızları da etkili olmaktadır. Sıcaklıklardaki artış ile birlikte, ortamda yeterli oksijen bulunması halinde azot oksit miktarı da artar. Hava-yakıt oranının stokiyometrik orandan daha zengin olmasıyla azot oksit konsantrasyonunun düşmesinin nedeni oksijen miktarının azalması, oldukça fakir karışımlarda düşmesinin nedeni ise yanmanın yavaş olması ve maksimum sıcaklığın düşük olmasıdır [8]. Ateşleme zamanına avans veya rötar verilmesi, yanma odası içinde oluşan maksimum sıcaklığı değiştirdiğinden azot oksit konsantrasyonları da değişir. Teorik hava-yakıt oranı için azot oksit konsantrasyonu ateşleme zamanına avans verdikçe yüksek yanma sıcaklığına bağlı olarak önemli derecede artmaya başlar [8]. Model sonuçları azot oksit emisyonlarının Ocak döneminde arttığını göstermektedir. Bu da yukarıda da belirtildiği üzere sıcaklıkların azalmış olmasına rağmen hava/yakıt oranı değişiklikleriyle açıklanabilir.

Günlük araç başına yayılan emisyonları gösteren grafikler incelendiğinde, bütün emisyonlarda sabah ve akşam üstü saatlerinde belirgin bir artış görülmektedir. Bu artışlar sabah ve akşam üstü saatlerindeki mesai giriş ve çıkış zamanlarında yoğunlaşan trafik aktiviteleri ile meydana gelmektedir.

Köprüden geçiş toplam emisyon sonuçları sonuçları Ulusal Hava Kalitesi Standartları ile kıyaslandığında, karbonmonoksit emisyonlarının kısa vadeli sınır değerlerini minimum % 65 oranında aştığı, diğer emisyonların ise sınır değerler içinde kaldığı görülmüştür. WHO ve EPA' ya ait standartlarla yapılan karşılaştırma neticesinde karbonmonoksit ve azot oksit emisyonlarının sınır değerler içinde kaldığı görülmüştür.

OGS ve gişe geçişleri sırasında yayılan emisyonlar incelendiğinde, gişe geçişleri emisyonlarının OGS geçiş emisyonlarına oranla 3-4 kat daha yüksek meydana gelmiştir. Gişe geçişi sırasında emisyonların artmasındaki en önemli etken araç hızlarının düşmesidir.

Ocak 2003 dönemine ait hakim rüzgar yönü kuzeydir. Bu da kirletici emisyonlarının bu dönemde İstanbul' un güney bölgelerinde etki alanları oluşturabileceğini göstermektedir. Temmuz 2002 döneminde ise kuzey ve kuzey-kuzeybatı yönlerinden esen hakim rüzgar yönleri sebebiyle kirletici emisyonlarının güneyli yönlere taşınarak bu bölgelerde etki alanları oluşturabileceği söylenebilir.

Emisyonların taşınması nedeniyle köprü gişeleri sağ tarafta sol tarafa göre daha çok yük taşımaktadır. Bu nedenle OGS seçiminde bu kriterin de göz önüne alınması gerekir. OGS gişeleri sağ tarafta yer almalıdır.

Model sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, sonuçların büyük oranda tutarlı olduğu söylenebilir. Uygun olmayan sonuçların temel nedeni ise senaryo bölgesine ait yerel verilerin elde edilemediği parametreler için model kabul değerlerinin kullanılmış olmasıdır. Temel olarak Amerikan araç filosu istatistiklerine dayalı olan bu verilerin kullanılmış olması, bazı senaryo sonuçlarının beklenenden sapmasına neden olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Alp, K., Başsarı, A., Çitil, E., Akyüz, T., 1999. İstanbul Sötlöçe' deki Beyoğlu Adliye Sarayı üzerinde trafik kaynaklı kirlenmenin incelenmesi, *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, İzmir, 27-29 Eylül, s.31-38.
- [2] Alp, K., Eroğlu, V., Borat, O., 1993. İstanbul'da hava kirlenmesi ve önleme tedbirlerinin değerlendirilmesi, *1. Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Sempozyumu*, İTÜ, İstanbul, 15-16 Mart, s. 8-20.
- [3] Anteplioğlu, Ü., 2001. İstanbul bölgesinde yüzey ozonun fotokimyasal – dinamik bir modelle incelenmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Çevre Bakanlığı, 2000. *4. çevre şurası sonuç raporları*, İzmir, 6-8 Kasım.
- [5] Çitil, E., Eldem, N., Bayhan, H., Alp, K., 1999. Yoğun taşıt trafiğine sahip bölgelerde hava kalitesinin izlenmesi: İstanbul Zincirlikuyu örneği, *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İzmir, 27-29 Eylül, s. 23-29.
- [6] DİE, 2001. Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri, DİE Matbaası, Ankara.
- [7] Dinler, N., Yücel, N., 2003. Karbüratörlü bir motora 3 yollu katalitik konvertör uygulanması, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 18/1, 57-70.
- [8] Erduranlı, P., Sekmen, Y., Çınar, C., 2001. Buji ile ateşlemeli değişken sıkıştırma oranlı motorların egzoz emisyonları açısından incelenmesi, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Bölümü Otomotiv Anabilim Dalı, Ankara.
- [9] EPA, 2002. User' s Guide to MOBILE6.0 (Mobile Source Emission Factor Model), **EPA420-R-02-001**, MI.
- [10] EPA, 1996. Introduction to Area Source Emission Inventory Development, Eastern Research Group Inc, **Vol.3, Chpt.1**, NC.
- [11] EPA, 1999. Fleet Characterization Data for MOBILE6: Development and Use of Age Distributions, Average Annual Mileage Accumulation Rates and Projected Vehicle Counts for Use in MOBILE6, *Assessment and Modeling Division Office of Mobile Sources*, **EPA420-P-99-011**, North Caroline.

- [12] **EPA**, 1997. Introduction to The Emission Inventory Development, Eastern Research Group Inc, NC.
- [13] **EPA**, 1996. Use of Locality Specific Transportation Data for The Development of Mobile Source Emission Inventories, *Mobile Sources Committee Emission Inventory Improvement Program*, **Vol.4, Chpt.2**, MI.
- [14] **EPA**, 1996. Preferred and Alternative Methods for Gathering and Locating Specific Emission and Inventory Data, Point Sources Committee, NC.
- [15] **Gardner, L.A.**, 1992. Procedures for The Preparation of Emission Inventories for Carbon Monoxide and Precursors of Ozone, Vol II: Emission Inventory Requirements for Photochemical Air Quality Simulation Models, *Office of Air Quality Planning and Standards*, **SYSAPP-92/137**, NC.
- [16] **İncecik, S.**, 1994. Hava Kirliliği, İ.T.Ü. Matbaası, Gümüşsuyu.
- [17] **İTÜ**, 1995. *II. Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Sempozyumu*, İstanbul, 22-24 Mart, s. 189-197.
- [18] **Karayolları 17. Bölge Müdürlüğü**, 2003. Boğaziçi Köprüsü Temmuz 2002 – Ağustos 2002 – Aralık 2002 – Ocak 2003 Araç Sınıf Çizelgesi, İstanbul.
- [19] **OSD**, 2003. OSD Aylık İstatistiki Bilgiler Bülteni, Ocak 2003, İstanbul
- [20] **Öztürk, M., Goncaloğlu, B.İ.**, 1993. Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliğinin Emisyon Bakımından Değerlendirilmesi, 1. *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Sempozyumu*, İTÜ, İstanbul, Türkiye, 15-16 Mart, s. 25-35.
- [21] **Ranzieri, J.A., Solomon, P.A.**, 1995, Regional Photochemical Measurement and Modeling Studies, **Vol. 3**, *Air and Waste Management Association*, NY, 1223-1241.
- [22] **Sayı 68**, 1993. Motorlu taşıt araçları yönetmeliği, *Çevre Bakanlığı*, Ankara
- [23] **Soruşbay, C., Gökten, A. G.**, 1993. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan çevre kirliliği ve kontrolü, 1. *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Sempozyumu*, İTÜ, İstanbul, 15-16 Mart, s. 157-166.
- [24] **Tırıs, M., Kalafatoğlu, E., Okutan, H.**, 1993. Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, *Marmara Araştırma Merkezi Kimya Mühendisliği Araştırma Bölümü*, Gebze.

- [25] **Topçu, S., İncecik, S.,** 1999. İstanbul’ da Şehir Ozon Seviyelerine Ait İlk Ölçümlerin Değerlendirilmesi, *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İzmir, 27-29 Eylül, s.278-285.
- [26] **TÜBİTAK-TTGV Bilim-Teknoloji-Sanayi Tartışmaları Platformu,** 2002. *Ulaştırma Sektörü Raporu*, Temiz Üretim-Temiz Ürün Çevre Dostu Teknolojiler Çalışma Grubu, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Didem Alıcı 08 Kasım 1976’ da Edirne’ de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Edirne’ de tamamlayarak, Edirne Anadolu Lisesi’ nden mezun oldu. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü’ nü 1998 yılında bitirdi. 2000 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Kimya Mühendisliği Yüksek Lisans programına başladı. 3 yıl özel sektörde, 1 yıl kadrolu olarak devlette çalıştıktan sonra, 2003 yılında başladığı özel sektördeki görevine halen devam etmektedir.