

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL BÖLGESİNDE YÜZEY OZONUN
FOTOKİMYASAL – DİNAMİK BİR MODELLE
İNCELENMESİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Ümit ANTEPLİOĞLU
(1191D014)**

104251

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Haziran 2000

Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Şubat 2001

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Selahattin İNCECİK

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Aysel ATIMTAY (O.D.T.Ü.)

Prof.Dr. Hasancan OKUTAN (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Nüzhet DALFES (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Orhan YENİGÜN (B.Ü.)

ŞUBAT 2001

ÖNSÖZ

Son yıllarda hızla gelişen bilgisayar teknolojisi, karmaşık modelleme uygulamalarının meteorolojide kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Türkiye’de ise bu tür çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu çalışmada, atmosferde yer alan fiziksel ve kimyasal süreçleri matematiksel olarak temsil eden bilgisayar modelleri kullanılmıştır. İlgilenilen dönem süresinde İstanbul bölgesindeki meteorolojik özellikler, taşıtlardan kaynaklanan kirletici emisyonları ve yüzey konsantrasyonlarının davranışı incelenmiştir. Çalışma, ülkemizde türü içinde ilk örneği oluşturmaktadır. Her geçen gün artan çevresel problemlerin azaltılma çabalarına katkıda bulunmasını dilerim.

Bilgi, öneri ve eleştirileri ile yol gösteren, karamsarlığa kapıldığım anlarda verdiği pozitif enerji ile yeniden canlanmamı sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Selahattin İNCECİK’e, çalışma boyunca gösterdikleri sabır ve fedakarlıktan dolayı eşim Meryem ve oğlum Enis’e şükran ve minnetarlığımı sunmak isterim.

Çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için gerekli altyapı ve desteği esirgemeyen BÜ. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Müdürü sayın Prof. Dr. Ahmet Mete İŞİKARA’ya teşekkürü bir borç bilirim.

Emisyonların kestirilmesi için kullanılan yolları sayısallaştıran aziz mesai arkadaşım sayın Adil TEK ve her aşamada desteğini esirgemeyen sayın Hafize KARSAN’ın katkılarını her zaman şükranla hatırlayacağım. Çeşitli aşamalarda gösterdikleri hoşgörü ve yardımlardan dolayı diğer mesai arkadaşlarıma, özellikle sayın Fadime GİDEN’e ayrıca teşekkür ederim.

Şubat 2001

Ümit ANTEPLİOĞLU

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı	8
2. ŞEHİR ATMOSFER MODEL SİSTEMİ	9
2.1. Meteorolojik Model	9
2.1.1. Türbülanslı Alışverişin Parametrelenmesi	12
2.1.2. Radyasyonun Parametrelendirilmesi ve Yüzey Isı Dengesi	19
2.2. Şehir Atmosferi için Kirlilik Modeli	22
2.2.1. Gaz Fazı Kimyası ve Karbon Bağı Mekanizması	23
2.2.2. Fotoliz Değerleri	25
2.2.3. Kirletici Taşınımı	25
2.2.4. Türbülans Difüzyonu	26
2.2.5. Yüzey Çökelme İşlemleri	26
2.2.6. Mikro-Meteorolojik alt Modül	27
2.3. Emisyonlar	28
2.3.1. EPS2.0 Emisyon Önleme Sistemi	32
2.3.2. Mobil5a Emisyon Faktörü Modeli	33
3. MODEL UYGULANMASI ve SONUÇLARI	36
3.1. Uygulama Dönemi ve Model Bölgesi	36
3.2. Meteorolojik Model Sonuçları	40

3.3. Emisyon Envanteri Kabulleri ve Emisyonların Kestirimi	46
3.4. Kirlilik Modeli Sonuçları	52
4. DEĞERLENDİRME	57
4.1. Model Kısıtlamaları	57
4.2. Öneriler	58
KAYNAKLAR	59
EK A	65
EK B	70
EK C	103
EK D	132
ÖZGEÇMİŞ	150

KISALTMALAR

AFS	: AIRS/Facility Subsystem
AIRS	: Aerometric Information Retrieval System
AMS	: Area and Mobile Subsystem
APK	: Altyapı Planlama Koordinasyon
AVHRR	: Advanced Very High Resolution Radiometer (Geliştirilmiş çok yüksek çözünürlüklü radyometre)
CB-IV	: Carbon Bond IV mechanism (Karbon bağı IV mekanizması)
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
EIIP	: Emission Inventory Improvement Program (Emisyon envanteri geliştirme programı)
EPA	: Environmental Protection Agency
FIPS	: Federal Information Processing Standarts
GMT	: Greenwich Mean Time (Greenwich ortalama zamanı)
HC	: Hydrocarbon (Hidrokarbon)
LPG	: Likit Petrol Gazı
MRE	: Mean Relative Error (Ortalama bağıl hata)
MURE	: Mean Unsigned Relative Error (İşaretsiz ortalama bağıl hata)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NCAR	: National Center for Atmospheric Research
NCEP	: National Centers for Environmental Prediction
PM	: Particulate Matter (Partikül madde)
PST	: Planeter Sınır Tabaka
RFP	: Reasonable Further Progress
RMSE	: Root Mean Square Error (Ortalama karekök hata)
RVP	: Reid Vapor Pressure (Reid buhar basıncı)
SAROAD	: Storage and Retrieval Air Quality Data code
TKE	: Türbülanslı Kinetik Enerji
TOMS	: Total Ozone Mapping Spectrometer (Toplam ozon haritalama spektrometresi)
TSP	: Total Suspended Particulate matter (Toplam asılı partikül madde)
UAPC	: Unpaired Accuracy of Peak Concentration (Eşleşik olmayan pik konsantrasyon hassasiyeti)
USGS	: United States Geological Survey
UTM	: Universal Transverse Mercator
UV	: Ultraviyole
VOC	: Volatile Organic Compound(s) (Uçucu organik madde)
YS	: Yaz Saati
WHO	: World Health Organization

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1.1. Çeşitli bölgelerde tipik ozon seviyeleri.....	3
Tablo 2.1. Modelde kullanılan Karbon Bağı Mekanizmasındaki kimyasal türler.....	24
Tablo 2.2. Alansal ve mobil kaynaklar için AIRS-AMS dosyası kayıtlarının içeriği.....	34
Tablo 2.3. Noktasal kaynaklar için AIRS-AFS kayıtlarının içeriği.....	35
Tablo 3.1. Birinci model günü için gözlenen ve hesaplanan değerlerin ortalama karekök hatası (RMSE), standart sapmaların oranı (σ_m/σ_o) ve korelasyon katsayıları ($r_{m,g}$).....	45
Tablo 3.2. İkinci model günü için gözlenen ve hesaplanan değerlerin ortalama karekök hatası (RMSE), standart sapmaların oranı (σ_m/σ_o) ve korelasyon katsayıları ($r_{m,g}$).....	45
Tablo 3.3. Üçüncü model günü için gözlenen ve hesaplanan değerlerin ortalama karekök hatası (RMSE), standart sapmaların oranı (σ_m/σ_o) ve korelasyon katsayıları ($r_{m,g}$).....	46
Tablo 3.4. İstanbul'da 1 Temmuz 1999 itibarı ile tahmini günlük taşıt aktiviteleri.....	49
Tablo 3.5. Emisyonların kestirilmesinde kullanılan yol önem katsayıları (Şehiriçi yollar).....	50
Tablo 3.6. Birkaç yerde gerçekleştirilmiş trafik sayım sonuçları.....	51
Tablo 3.7. Gözlenen ve hesaplanan ozon konsantrasyonlarına ait ortalama hata (D), ortalama karekök hata (RMSE), standart sapma oranları ($\sigma_{mod}/\sigma_{göz}$) ve korelasyon katsayıları ($r_{mod,göz}$).....	55
Tablo 3.8. Gündüz saatleri için gözlenen ve hesaplanan ozon konsantrasyonlarına ait ortalama karekök hata, standart sapma oranları ve korelasyon katsayıları.....	55
Tablo 3.9. Kirlilik modeline ait UAPC, MRE ve MURE değerleri.....	56
Tablo A.1. Şehir Atmosfer Modelinde kullanılan Karbon Bağı Mekanizması.....	66
Tablo A.2. 1, 9, 38, 39, 45, ve 93 (sırasıyla J_{NO_2} , J_{O_1D} , J_{HCHO_r} , J_{HCHO_s} , J_{ALD2r} , $J_{Acrolein}$) numaralı reaksiyonlar için temsili fotoliz değerleri.....	69
Tablo B.1. Modellerde kullanılan arazi örtüsü/kullanımı/sınıfı ve bunlara ait parametreler.....	71
Tablo C.1. Emisyon kestirimlerinde kullanılan PM ve SO _x emisyon faktörleri.....	106
Tablo C.2. Hafta içi günleri emisyonlarının kestiriminde kullanılan emisyon faktörleri.....	107

Tablo C.3.	Cumartesi günü emisyonlarının kestiriminde kullanılan emisyon faktörleri.....	111
Tablo C.4.	Pazar günü emisyonlarının kestiriminde kullanılan emisyon faktörleri.....	115
Tablo C.5.	Tablo C.2-C.4’de kullanılan sınıflandırma kodlarının tanımı.....	119
Tablo C.6.	Hafta içi bir gün için kestirilen günlük mobil kaynak emisyonları. Lokal yollar hariç kalmak koşulu ile şehir içi emisyonları (1 Temmuz 1999).....	120
Tablo C.7.	Cumartesi günleri için kestirilen günlük mobil kaynak emisyonları. Lokal yollar hariç kalmak koşulu ile şehir içi emisyonları (1 Temmuz 1999).....	124
Tablo C.8.	Pazar günleri için kestirilen günlük mobil kaynak emisyonları. Lokal yollar hariç kalmak koşulu ile şehir içi emisyonları (1 Temmuz 1999).....	128



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Envanter hazırlanması adımlarını gösteren şema.....	30
Şekil 3.1 : Kadıköy izleme istasyonunda modelleme döneminde ölçülmüş ozon konsantrasyonları.....	36
Şekil 3.2 : Yatay model bölgesi ve gözlem yerleri.....	37
Şekil 3.3 : Modelleme döneminin başları ve sonunda sinoptik durumu gösteren yer haritaları. (a) 9.07.1999 00Z, (b) 13.07.1999 00Z.	38
Şekil 3.4 : Modellerde kullanılan bölge topografyası.....	39
Şekil 3.5 : Florya'da ölçülen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni. (10 Temmuz 1999).....	42
Şekil 3.6 : Florya'da ölçülen ve hesaplanan sıcaklıklar. (10 Temmuz 1999).....	42
Şekil 3.7 : Göztepe'de ölçülen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni. (10 Temmuz 1999).....	43
Şekil 3.8 : Göztepe'de ölçülen ve hesaplanan sıcaklıklar. (10 Temmuz 1999).....	43
Şekil 3.9 : Kirletici emisyonlarının hesaplanmasında kullanılan sayısallaştırılmış yollar.....	48
Şekil 3.10 : Kadıköy ölçüm istasyonunda gözlenen ve model tarafından hesaplanan konsantrasyonlar. 10 Temmuz 1999.....	53
Şekil 3.11 : Kadıköy ölçüm istasyonunda gözlenen ve model tarafından hesaplanan ozon konsantrasyonları. 11 Temmuz 1999.....	54
Şekil 3.12 : Kadıköy ölçüm istasyonunda gözlenen ve model tarafından hesaplanan ozon konsantrasyonları. 12 Temmuz 1999.....	54
Şekil B.1 : Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 03h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	72
Şekil B.2 : Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 05h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	72
Şekil B.3 : Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 07h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	73
Şekil B.4 : Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 09h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	73
Şekil B.5 : Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 11h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	74
Şekil B.6 : Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 13h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	74
Şekil B.7 : Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 15h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	75

Şekil B.8 : Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 17h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	75
Şekil B.9 : Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 19h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	76
Şekil B.10: Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 21h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	76
Şekil B.11: Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 23h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	77
Şekil B.12: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 01h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	77
Şekil B.13: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 03h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	78
Şekil B.14: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 05h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	78
Şekil B.15: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 07h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	79
Şekil B.16: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 09h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	79
Şekil B.17: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 11h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	80
Şekil B.18: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 13h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	80
Şekil B.19: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 15h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	81
Şekil B.20: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 17h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	81
Şekil B.21: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 19h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	82
Şekil B.22: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 21h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	82
Şekil B.23: Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 23h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	83
Şekil B.24: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 01h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	83
Şekil B.25: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 03h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	84
Şekil B.26: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 05h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	84
Şekil B.27: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 07h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	85
Şekil B.28: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 09h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	85
Şekil B.29: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 11h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	86
Şekil B.30: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 13h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	86
Şekil B.31: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 15h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	87

Şekil B.32: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 17h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	87
Şekil B.33: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 19h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	88
Şekil B.34: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 21h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	88
Şekil B.35: Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 23h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.....	89
Şekil B.36: Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (10 Temmuz 1999).....	90
Şekil B.37: Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (10 Temmuz 1999).....	90
Şekil B.38: Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (10 Temmuz 1999).....	91
Şekil B.39: Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (10 Temmuz 1999).....	91
Şekil B.40: Maslak'da (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (10 Temmuz 1999).....	92
Şekil B.41: Maslak'da (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (10 Temmuz 1999).....	92
Şekil B.42: Göztepe'de gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (11 Temmuz 1999).....	93
Şekil B.43: Göztepe'de gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (11 Temmuz 1999).....	93
Şekil B.44: Florya'da gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (11 Temmuz 1999).....	94
Şekil B.45: Florya'da gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (11 Temmuz 1999).....	94
Şekil B.46: Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (11 Temmuz 1999).....	95
Şekil B.47: Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (11 Temmuz 1999).....	95
Şekil B.48: Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (11 Temmuz 1999).....	96
Şekil B.49: Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (11 Temmuz 1999).....	96
Şekil B.50: Maslak'da (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (11 Temmuz 1999).....	97
Şekil B.51: Maslak'da (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (11 Temmuz 1999).....	97
Şekil B.52: Göztepe'de gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (12 Temmuz 1999).....	98
Şekil B.53: Göztepe'de gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (12 Temmuz 1999).....	98
Şekil B.54: Florya'da gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (12 Temmuz 1999).....	99
Şekil B.55: Florya'da gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (12 Temmuz 1999).....	99

Şekil B.56: Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (12 Temmuz 1999).....	100
Şekil B.57: Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (12 Temmuz 1999).....	100
Şekil B.58: Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (12 Temmuz 1999).....	101
Şekil B.59: Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (12 Temmuz 1999).....	101
Şekil B.60: Maslak'da (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni (12 Temmuz 1999).....	102
Şekil B.61: Maslak'da (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan sıcaklıklar (12 Temmuz 1999).....	102
Şekil C.1 : Benzinli otomobillerin yaşlarına göre bağlı dağılımı (1 Temmuz 1999).....	104
Şekil C.2 : Dizel otomobillerin yaşlarına göre bağlı dağılımı (1 Temmuz 1999).....	104
Şekil C.3 : Dizel orta taşıtların yaşlarına göre bağlı dağılımı. (1 Temmuz 1999).....	105
Şekil C.4 : Dizel ağır taşıtların yaşlarına göre bağlı dağılımı (1 Temmuz 1999).....	105
Şekil C.5 : Motorsikletlerin yaşlarına göre bağlı dağılımı (1 Temmuz 1999).....	106
Şekil D.1 : Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 05h YS, Cumartesi.....	133
Şekil D.2 : Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 07h YS, Cumartesi.....	133
Şekil D.3 : Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 09h YS, Cumartesi.....	134
Şekil D.4 : Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 11h YS, Cumartesi.....	134
Şekil D.5 : Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 13h YS, Cumartesi.....	135
Şekil D.6 : Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 15h YS, Cumartesi.....	135
Şekil D.7 : Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 17h YS, Cumartesi.....	136
Şekil D.8 : Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 19h YS, Cumartesi.....	136
Şekil D.9 : Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 21h YS, Cumartesi.....	137
Şekil D.10: Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 23h YS, Cumartesi.....	137
Şekil D.11: Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 01h YS, Pazar.....	138
Şekil D.12: Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 03h YS, Pazar.....	138
Şekil D.13: Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 05h YS, Pazar.....	139

Şekil D.14:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 07h YS, Pazar.....	139
Şekil D.15:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 09h YS, Pazar.....	140
Şekil D.16:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 11h YS, Pazar.....	140
Şekil D.17:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 13h YS, Pazar.....	141
Şekil D.18:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 15h YS, Pazar.....	141
Şekil D.19:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 17h YS, Pazar.....	142
Şekil D.20:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 19h YS, Pazar.....	142
Şekil D.21:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 21h YS, Pazar.....	143
Şekil D.22:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 23h YS, Pazar.....	143
Şekil D.23:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 01h YS, Pazartesi.....	144
Şekil D.24:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 03h YS, Pazartesi.....	144
Şekil D.25:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 05h YS, Pazartesi.....	145
Şekil D.26:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 07h YS, Pazartesi.....	145
Şekil D.27:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 09h YS, Pazartesi.....	146
Şekil D.28:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 11h YS, Pazartesi.....	146
Şekil D.29:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 13h YS, Pazartesi.....	147
Şekil D.30:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 15h YS, Pazartesi.....	147
Şekil D.31:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 17h YS, Pazartesi.....	148
Şekil D.32:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 19h YS, Pazartesi.....	148
Şekil D.33:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 21h YS, Pazartesi.....	149
Şekil D.34:	Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 23h YS, Pazartesi.....	149

SEMBOL LİSTESİ

a_w	:Su buharı absorpsivitesi
c	:Konsantrasyon
C_p	:Sabit basınçta kuru havanın özgül ısı kapasitesi
C_s	:Toprak özgül ısı kapasitesi
E	:Türbülanslı kinetik enerji
f	:Coriolis parametresi
F_w	:Toprak nemi parametresi (gerçek buharlaşmanın potansiyel buharlaşmaya oranı)
g	:Yerçekimi ivmesi
H_a	:Atmosferik ölçek derinliği
k	:Von Karman sabiti
K_h	:Skalar büyüklükler için alışveriş katsayısı
K_m	:Momentum için alışveriş katsayısı
K_s	:Toprak termal difüzivitesi
l	:Türbülanslı uzunluk ölçeği
L	:Monin-Obukhov uzunluğu
L_v	:Buharlaşma gizli ısı
L_x	:Yatay uzunluk ölçeği
L_z	:Düşey uzunluk ölçeği
N	:Brunt-Väisälä frekansı
p	:Atmosferik basınç
p	:Basınç çalkantısı
P_0	:Referans basıncı
P_{sfc}	:Yüzey basıncı
q	:Hava özgül nemi
q	:Özgül nem çalkantısı
q^*	:Yüzey tabaka benzerlik teorisinde özgül nem ölçeği
Q_{sfc}	:Yüzey ısı akısı
r	:Optik yol uzunluğu
R	:Radyatif akı
R_d	:Kuru hava gaz sabiti
Ri	:Gradyan Richardson sayısı
Ri_c	:Kritik gradyan Richardson sayısı
S	:Düşey rüzgar makaslama
S_0	:Güneş sabiti
t	:Zaman
Δt	:Zaman adımı
T	:Sıcaklık
T'	:Sıcaklık çalkantısı
T_0	:Referans sıcaklığı
T_s	:Toprak sıcaklığı

u	:x-yönünde hız bileşeni
u'	:Rüzgar çalkantısı x-yönü bileşeni
u_g	:x-yönünde jeostrofik hız bileşeni
u^*	:sürtünme hızı
v	:y-yönünde hız bileşeni
v'	:Rüzgar çalkantısı y-yönü bileşeni
v_g	:y-yönünde jeostrofik hız bileşeni
w	:z-yönünde hız bileşeni
w'	:Rüzgar çalkantısı düşey bileşeni
w^*	:Araziyi takip eden sistemde düşey hız
x	:Yatay koordinat
x_0	:Referans konumu, x-yönü
Δx	:Yatay grid artımı
y	:Yatay koordinat, x'in 90° soluna doğru
y_0	:Referans konumu, y-yönü
z	:Kartezyen sistemde düşey koordinat
Δz	:Düşey grid artımı
Δz_s	:En üstteki model toprak tabakası kalınlığı
z_G	:Zemin yüzeyinin yüksekliği
z_i	:Planeter sınır tabaka derinliği
z_s	:Yüzey tabaka derinliği
z_0	:Pürüz uzunluğu
z^*	:Araziyi takip eden sistemde düşey koordinat
Z	:Güneş zenit açısı
α	:Albedo
β	:Yamaç açısı
δ	:Güneş deklinasyon açısı
ε	:Uzun dalga emisivite
λ	:Dalga boyu
θ	:Potansiyel sıcaklık
θ'	:Potansiyel sıcaklık çalkantısı
θ_0	:Referans potansiyel sıcaklık
θ^*	:Potansiyel sıcaklık ölçeği (yüzey tabaka benzerlik teorisi)
θ_s	:Toprak potansiyel sıcaklığı
θ_{sfc}	:Toprak yüzeyi potansiyel sıcaklığı
π	:Exner fonksiyonu;

$$\pi = C_p (p/p_o)^{R_d/C_p}$$

ρ	:Akışkan yoğunluğu
ρ'	:Yoğunluk çalkantısı
ρ_0	:Referans yoğunluğu
ρ_s	:Toprak yoğunluğu
φ	:Enlem
φ_m	:Boyutsuz hız profili fonksiyonu (yüzey tabaka benzerlik teorisi)
φ_h	:Skalarlara ait boyutsuz profil fonksiyonu (yüzey tabaka benzerlik teorisi)
ψ	:Güneş saat açısı
σ	:Planck sabiti

İSTANBUL BÖLGESİNDE YÜZEY OZONUN FOTOKİMYASAL-DİNAMİK BİR MODELLE İNCELENMESİ

ÖZET

Motorlu karayolu taşıtları emisyonlarının ozon oluşmasına neden olduğu bilinmektedir. Önemli miktarda motorlu karayolu taşıtı barındıran İstanbul ve çevresi için ozon kirliliği potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Kırsal kesimler ve şehrin hakim rüzgaraltı bölgelerindeki ozon konsantrasyonları hakkında bilgi mevcut değildir. Bu çalışmada, tipik yaz günleri için UAM-V (Variable-Grid Urban Airshed Model) model sistemi kullanılarak İstanbul bölgesinde yüzey ozon konsantrasyonları elde edilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir. Konsantrasyonların hesaplanabilmesi için gerekli olan meteorolojik değişkenlerin üç boyutlu dağılımı orta ölçek prognostik bir meteorolojik model çalıştırılarak elde edilmiştir. Meteorolojik model kompleks arazi ve yüzey özellikleri dağılımı etkilerini hesaplara katabilmektedir. Bölgede ozon oluşmasında rol oynayan emisyonların sadece motorlu karayolu taşıtlarından kaynaklandığı varsayılmıştır. Motorlu karayolu taşıtları emisyonları, emisyon faktörleri ve trafik aktiviteleri modellemeleri ile kestirilmiştir. Modelleme bölgesi yatayda 2X2 km'lik 60X60 grid içermektedir. Orta ölçek meteorolojik model sonuçları bölgede yüzey konsantrasyon dağılımlarını etkileyebilecek termal sirkülasyonların varlığını göstermektedir. Meteorolojik modelin performansı beklenenden iyi sonuçlar vermektedir. Kestirilen trafik aktivitelerinin mevcut birkaç trafik sayımı ile uyumu makul düzeydedir. Emisyon faktörleri, üretilen senaryolarla EPA'ya ait Mobil5a emisyon faktör modeli kullanılarak elde edilmiştir. Senaryolarda, motorlu taşıtların tescil ve yaş dağılımı, yakıt uçuculuğu, taşıt dağılımı, trafik akış hızı, çevre sıcaklığı kullanılmıştır. Şehir içi motorlu karayolu taşıtları emisyonları için, EPA EPS2.0 emisyon önilem sistemi kullanılarak, üretilen senaryolara uygun emisyon envanterleri hazırlanmıştır. Bu amaçla şehir içi yollar sayısallaştırılarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen yüzey ozon konsantrasyonları ile bölgede yapılan gözlemler karşılaştırıldığında sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür. Sonuçlar EPA'nın kabul edilebilirlik kriterlerine de uygun bulunmuştur.

A STUDY ON SURFACE OZONE OVER İSTANBUL BY A PHOTOCHEMICAL-DYNAMIC MODEL

SUMMARY

It is known that emission of motor vehicles are causing ozone formation. Ozone pollution is a potential risk for İstanbul and its vicinity, which contains a significant amount of motor vehicles. There is no information about surface ozone concentrations over rural and dominant downwind regions in İstanbul area. In this study surface ozone concentrations were determined over İstanbul region for typical summer days by using UAM-V (Variable-Grid Urban Airshed Model) modeling system and results were examined. Three dimensional distribution of meteorological variables required for calculation of concentrations were obtained from a mesoscale prognostic meteorological model. Meteorological model is capable of taking into account effects of complex topography and surface characteristics distribution. Emissions responsible for ozone formation over the region were assumed to be originated from highway vehicles only. Emissions from highway motor vehicles were estimated by means of emission factors and traffic activity modelling. The modelled region contains 60X60 horizontal grids with 2x2 km resolution. Results obtained from mesoscale meteorological modelling indicate the presence of thermal circulations that could affect the concentration distribution of pollutants in the region. Performance of the meteorological model was found to be better than expected. Accordance of estimated traffic activities with a few available traffic counts is within a reasonable level. Emission factors were obtained by means of generated scenarios and EPA Mobile5a emission factor model. The parameters used in the scenarios were vehicle registration distribution, fuel volatility, vehicle mixes, vehicle speeds and environmental temperatures. Emission inventories for urban highway vehicle emissions suitable to the generated scenarios were prepared by means of EPA EPS2.0 emission preprocessor system. For this purpose urban highways were digitized and categorized. Calculated and observed surface ozone concentrations within the region were compared and results were found to be in accordance. The results were found to be within EPA's acceptability limits.

1. GİRİŞ ve AMAÇ

1.1 Giriş

Çok fazlı bir sistem olan atmosfer neşredilen kirleticilerin fiziksel ve kimyasal dönüşümünü belirler. Örneğin gaz fazlı SO_2 petrol ve kömür gibi fosil yakıtların yanması esnasında meydana gelirken, NO_2 büyük ölçüde trafik kaynağından oluşmaktadır. Azot oksitler birincil olarak NO şeklinde neşredilirken oksitlenerek NO_2 haline dönüşür. Şehir alanlarında ise NO_x ($NO+NO_x$) ve hidrokarbonları içeren fotokimyasal süreçler yüzey ozonun meydana gelmesine yol açarlar.

Ozon atmosferde en yoğun bir şekilde 12-45 km arasında bulunur. Yer seviyesindeki ozon ile stratosferde bulunan ozonu birbirinden ayırmak gerekir. Yukarı atmosferdeki ozon, mor ötesi ışığın zararlı etkilerinden tüm yaşamı korur iken, yer seviyesinde ozonun yüksek değerlere ulaşması canlılar üzerinde toksik etki yaratmaktadır. Yüksek miktarlardaki yüzey ozonu toksik olarak insanlarda akciğerlere, bitki örtüsüne ve zirai ürünlere zarar vermektedir. Bu nedenle ozonun insan sağlığı ve diğer ürünler için büyük ekonomik maliyetlere sebep olduğu tahmin edilmektedir. Bununla beraber yer seviyesindeki ozonun bu olumsuz etkileri bugüne değin kısmen anlaşılmıştır. Ayrıca, ozon son zamanlara kadar şehir merkezlerinde yüksek güneşlenme ve zayıf ventilasyon altında ortaya çıkan yüksek konsantrasyonlu bir şehirsal kirletici olarak bilinmekteydi. Ancak ozon şimdilerde bölgesel ve global ölçekte önemi olan bir kirleticidir.

Yer seviyesindeki ozon bir kaç reaktif bileşen, azot oksitler, şiddetli güneş radyasyonu ve yüksek sıcaklık altında oluşur. Yer seviyesindeki ozonun fotokimyasal oluşumu ile ilgili kimyasal proses şu şekilde açıklanır.

Fotokimyasal reaksiyonlar sabah saatlerinde HC' lar ve NO ile başlar.



NO_2 ise güneş ışığını absorblar ve oksijen atomu açığa çıkar.



ve



ve tekrar



haline gelir.

Bununla beraber yer seviyesindeki ozonun bir kaç kaynağı daha belirlenmiştir. Bunlar içerisinde en önemlisi yüksek irtifalardan troposfer ve atmosferik sınır tabakaya dinamik hareketlerle taşınma ile çevrede bulunan yerleşim ya da endüstri bölgelerinden ozon ya da ozon öncüllerinin taşınımıdır (İncecik ve Thomson, 1993). İşte bu sonuç yer seviyesinde ölçülen ozonun yapısındaki karmaşıklığı yansıtmaktadır. Buna göre yer seviyesindeki ozonun etkileri ve emisyon kontrol metodları konusunda pek çok soru ortaya çıkmaktadır. Bunlar içerisinde en önemlisi ozon formasyonuna etki yapan faktörlerin tam olarak belirlenmesidir. Bu işlem kırsal bölgelerde yakın emisyon kaynaklarının olmaması nedeniyle şehirlere göre daha fazla zorluklar içermektedir. Bu durum kırsal bölgelerde ya da troposferik ozon olarak nitelenen dağlık yörelerde ozonun ölçümü ve kaynaklarının belirlenmesi konusunda çalışmaların uluslararası literatürde daha fazla yoğunluk kazanmasına yol açmıştır.

Yüzey ozon konsantrasyonları günlük bir döngü izlemektedir. Ozonun seviyeleri güneşin doğuşundan önceki saatlerde minimum, öğleden biraz sonra bir maksimum sergiler. Bu sonuç gündüz saatlerindeki fotokimyasal üretim veya yukarı seviye havasının aşağı transferi sonucu oluşur.

Ozon gece boyunca kuru çökelme ve azot monoksit ile kimyasal reaksiyonlara katılarak ortadan kalkar. Büyük NO kaynakları yakınında ozon-azot monoksit reaksiyonları sonucu ozonun gece minimumu çok belirgindir. Gerçekten de birçok şehirsal alanda NO kaynağı tüm gece boyunca ozonun ortaya çıkmamasına sebep

olacak kadar güçlüdür (Seinfeld ve Pandis, 1998). Bir şehirde günlük maksimum ozon konsantrasyonları günden güne meteorolojik koşullara göre 2-3 kat farkedebilir. Büyük şehir alanları ve rüzgaraltılarında belirli meteorolojik şartlarda NO_x ve VOC emisyonları ozon konsantrasyonlarının 200-400 ppb'ye çıkmasına sebep olabilir. Bu tür bir ozon ve ilgili oksitleyiciler birikimi fotokimyasal hava kirliliği adını alır ve ilk defa 1940'ta Los Angeles şehrinde gözlenmiştir. Burada yapılan ölçümlerde 200 ppb'nin üzerinde ozon konsantrasyonları gözlenmiştir. Kırsal kesimlerde ise O_3 konsantrasyonları nadiren 150 ppb değerini aşmaktadır. Ücra bölgelerdeki konsantrasyonlar ya da fon konsantrasyonları tipik olarak 20-40 ppb arasındadır.

Tablo 1.1 Çeşitli bölgelerde tipik ozon seviyeleri (Seinfeld ve Pandis, 1998).

Bölge Türü	Ozon konsantrasyonu (ppb)
Şehir-Varoş	100-400
Kırsal	50-120
Ücra tropikal orman	20-40
Ücra deniz	20-40

Gusten ve diğ. (1988) Atina'da saatlik ozon değerlerinin yaz mevsimi içerisinde günlük değişimini incelemişlerdir. Episod değerlerinin deniz meltem sirkülasyonlarından etkilendiği belirlenmiştir. Bu çalışmaya göre taşınan ozon öncülleri meltem etkisi altında birikmektedir. Bu durum Los Angeles ozon episodlarının da temel sebebidir (Lu, 1994).

Lefohn ve diğ. (1988) yüzey ozonun buğday ve soya bitkisi üzerindeki etkilerini ölçme ve modelleme çalışmaları ile değerlendirmişlerdir. Bitki büyümesi üzerine kritik ozon seviyeleri tespitiyle ilgili olarak benzer çalışmalar Pleijel (1996), Fuhrer (1996), Ashmore ve Davison (1996) tarafından yapılmıştır.

Kırsal bölge çalışmaları hakkında yapılan en çarpıcı çalışmalar arasında ABD Colorado dağlarında yaz mevsiminde ozon ve NO_x karışma oranlarının ölçülmesine dayanan çalışmalar sayılabilir (Parrish ve diğ., 1986; Fehsenfeld ve diğ., 1983). Bu çalışmalarda, antropojenik kaynaklardan taşınan NO_x ve ozonun lokal fotokimyasal

üretimini olmadığı durumlarda dahi ozon seviyelerinin meydana çıktığı belirlenmiştir. Bunların dışında stratosferden dinamik hareketlerle taşınan ozonun varlığı değerlendirilmiştir. Fishman (1986) ise ozon klimatolojisini inceleyerek ozon episodlarının meydana geliş şartlarını değerlendirmiştir. Ozonun fotokimyasal üretimini düşük enlem derecelerinde ortaya çıkan durumu ise ilginç sonuçlar vermektedir. Kuzey İsrail ve Irak'ta yapılan çalışmalar bu konuda örnek verilebilir. Kuzey İsrail'de şehir dışı atmosferde yedi noktada yapılan ozon ve NO_x ölçmeleri belirgin günlük değişimleri ortaya koymuştur. (Steinberger ve Levy, 1984). Nisan-Ekim ayları arasında alınan ölçümlerde 100 ppb'nin üzerinde ender olarak meydana geldiği ve ozon seviyelerinin rüzgar ile etkileşim içerisinde bulunduğu belirlenmiştir. Bağdat şehir merkezinde ölçülen ozon seviyeleri üzerinde etkin güneş radyasyonu ve yüksek sıcaklığın yanısıra düşük nem ile kontrolsüz emisyonların etkili olduğu belirlenmiştir. Bağdat şehrinde yaz aylarında sıcaklığın 45 (°C) dereceye ulaşması yanısıra rafinerilerden, petrol tanklarından çıkan hidrokarbon buharları fotokimyasal reaksiyonların şiddetini arttırmaktadır. 3414 gözlem içerisinde ozon konsantrasyonunun 731 saat süresince 120 $\mu g/m^3$ 'ü aştığı kaydedilmiştir (Kanbour ve diğ., 1987). Bunun yanısıra durgun atmosfer şartlarının ozon seviyelerini arttırdığı belirlenmiştir.

Kirleticilerin ulaşım ve dispersiyonu meteorolojik koşullar tarafından yönetilir. Şehir ve bölgesel ölçeklerde, çevre havasındaki yüksek kirletici konsantrasyonları dolayısı ile büyük etkileşimler, genellikle nispeten küçük hacimlerde etkin şekilde kirletici ihtiva etmeye uygun meteorolojik koşullarla birlikte meydana gelir. Yüksek basınç alanı, sıcaklık enverziyonu, düşük ventilasyon miktarları şehir bölgelerinde hava kalitesi sorunlarını kötüleştiren en önemli meteorolojik koşullardır. Enverziyon, kirleticilerin serbest atmosfere doğru ventilasyonunu azaltarak yüzey yakınında yüksek kirletici seviyelerinin meydana gelmesine yol açar. Yatay rüzgarlar kirleticilerin taşınım ve dispersiyonunda önemli rol oynarlar. Kuvvetli ve değişken yönlü rüzgarlar, kirletici konsantrasyonları dağıtmaya ve geniş alanlara yaymaya eğilimlidir. Tersine, şiddetli kirlilik dönemleri genellikle sıcaklık enverziyonları ile örtülü atmosferik koşullarla bağlantılıdır. Bunlar tipik olarak yüksek basınç sistemleri ile birliktedir. Kirletici dağılımı büyük ölçüde rüzgarın biçimine (paternine) bağlıdır. Bu nedenle çevresel kirletici konsantrasyonları rüzgarüstü kirletici kaynakları ile beslenir. Kompleks arazi, kirletici dispersiyonunu karmaşık

hale getirebilir. Kara/deniz meltemleri, dağ/vadi rüzgarları gibi bölgesel hava sirkülasyonları, kirleticilerin bir günden diğerine döngülerle taşınmasına sebep olabilir. Bu nedenle şehirleri çevreleyen dağlar, hava hareketi için fiziksel bir engel vazifesi görerek, kirleticilerin sınırlı bir alanda kalmasını sağlayabilir.

Atmosfer, içinde çok sayıda fiziksel ve kimyasal sürecin aynı anda yer aldığı son derece karmaşık bir sistemdir. Özel bir zaman ve yerdeki çevresel ölçümler atmosferik koşulların sadece enstantane bir fotoğrafını verir. Açık bir kavramsal atmosferik süreçler modeli olmaksızın bu tür ölçmeleri yorumlamak çok güçtür. Bunun ötesinde, ölçümler yalnız başına hava kalitesi problemlerinin çözümünde etkin bir strateji belirlemek için doğrudan kullanılamaz.

Her bir atmosferik sürecin tek tek anlaşılmış olması sistemin bütünü anlamış olmamız anlamına da gelmez. Matematiksel modeller, atmosferik süreçler ve birbirleriyle etkileşmelerinin işleyişi üzerine anlayışımızı bütünleştirmek için gerekli çerçeveyi temin ederler. Kaliteli ölçümler ile yetkin modellerin bir kombinasyonu, atmosferi anlamaya doğru gerçek bir ilerleme için en iyi yaklaşımdır.

Şehir ve bölgesel hava kalitesi çalışmalarında aşağıdaki sorularla sık sık muhatap olunur.

- A konumundaki kirletici konsantrasyonlarına B kaynağının katkısı ne kadardır?
- Kirletici konsantrasyonlarını bir hava kalite standardının altına çekmek için en maliyet-etkin strateji ne olmalıdır?
- Özel bir kirletici miktarının artması veya azalmasının hava kalitesi üzerine etkisi ne olacaktır ?
- Çevresel etkileri en aza indirmek için gelecekteki muhtemel bir kaynağı (endüstri tesisi, otoyol vb.) nereye yerleştirmeliyiz?
- Yarın veya öbür gün hava kalitesi nasıl olacaktır?
- Riskli bir potansiyel kaynaktan (petrol tesisleri, zehirli gaz depoları, nükleer tesisler, vb.) kaza durumunda nereler ne şekilde etkilenecektir?

Bu soruların cevabını verebilmek için emisyon akıları ve çevresel konsantrasyonlar arasındaki ilişkileri bilmek gerekmektedir. İçinde emisyon paternleri, meteoroloji, kimyasal dönüşümler ve arıtma süreçlerini barındıran bir model bu gibi ilişkileri kurmak için temel bir araçtır.

Atmosferik modeller kabaca fiziksel ve matematiksel modeller olarak iki tiptir. Fiziksel modeller, gerçek sistemin küçük ölçekli bir benzerinin kullanılması ile atmosferik süreçleri benzeştirmekte kullanılır. Örneğin, bir şehir bölgesi veya kesiminin küçük ölçekli benzerinin rüzgar tüneline denemesi. Gerçek ölçeklerdeki atmosferik hareketlerin uygun şekilde benzeştirilmesindeki problemler nedeni ile fiziksel modeller sınırlı faydalılığa sahiptir.

Matematiksel modeller ise atmosferdeki kimyasal ve fiziksel süreçlerin temel izahına dayalı modellerdir.

Ozon, pek çok izleme istasyonunda bir saat ile bir günlük konsantrasyonlar bazında yer seviyesinde ölçülerek arşivlenmektedir. Bu dev veri tabanlarında potansiyel olarak büyük bir bilgi mevcuttur. Bu tür verinin istatistiksel analizi kısa vadeli tahmin modeli gibi önemli bir adım sağlayabilir. İstatistiksel modeller mevcut veri tabanlarının avantajlarını kullanırlar ve uygulamaları nispeten kolaydır. Ancak geçmiş veriye dayanmaları temel zayıflıklarıdır. Bu modeller sebep sonuç ilişkilerini açık olarak izah etmezler. Türetildikleri verinin sınırları dışına güvenli bir şekilde çıkartılamazlar. Neticede istatistiksel modeller emisyonlardaki önemli değişimlerin etkisini hesaplamak için uygun değildirler.

Süreçlerin temel izahına dayanan çok sayıda atmosferik model kullanılmaktadır. Bazıları atmosferde yer değiştirmekte olan, verilen bir hava parselinin kimyasal kompozisyonundaki değişimleri benzeştirirken (Lagrangian Modeller), diğerleri uzayda sabit hücrelerdeki konsantrasyonları izah etmektedir (Eulerian). Lagrangian modelleme çerçeveleri lokal rüzgarla hareket etmektedir, böylece model gerçekte farklı zamanlarda farklı yerlerdeki konsantrasyonları benzeştirmektedir. Bunun tersine Eulerian modelleme çerçevesi uzayda sabit bir konumdadır. Türler her hücrenin duvarlarından girer ve çıkar. Konsantrasyonlar bütün konumlarda zamanın fonksiyonu olarak benzeştirilir.

Bir atmosferik (Eulerian) modelin bölgesi (benzeştirilen alan) bir kaç yüz metre ile binlerce kilometre arasında değişir. Hesaplama bölgesi her biri uniform kimyasal kompozisyonda olan bir dizi hesaplama hücrelerinden oluşur. Bu hücrelerin boyutu modelin uzaysal çözünürlüğünü belirler. Model çözünürlüğünden daha küçük ölçeklerdeki konsantrasyonların değişimi kolaylıkla belirlenemez.

Atmosferik modeller boyutsallığına göre de karakterize edilir. Bunların içerisinde en basiti kutu modeldir. Bir kutu modelde konsantrasyonlar kutu içindeki her yerde aynıdır ve bu yüzden sadece zamanın fonksiyonudur. Sütun modellerde (bir-boyutlu) konsantrasyonların yükseklik ve zamanın fonksiyonu olduğu varsayılır. Böylece model bölgesi yatay olarak homojen tabakalardan oluşur. İki boyutlu modellerde konsantrasyonlar bir boyut boyunca uniform ve diğerinde zamana bağlıdır. Sonuç olarak üç boyutlu modeller tüm konsantrasyon alanını simüle ederler ve modellerin hassasiyeti ve karmaşıklığı da boyut sayısı ile artacaktır.

Doğrudan doğruya bir kaynaktan atmosfere bırakılmamış olması, kirletici grubunda olup kontrolü gereken ozonun kaynaktan emisyon kontrolü olanağını ortadan kaldırır. Fotokimyasal ozonun kontrolü ancak öncüllerinin kaynaktan kontrol edilmesiyle başarılabilir. Ozon öncüllerinin birden fazla sayıda olması hangisinin kontrolünün daha uygun olacağı sorusunu gündeme getirir. Bu sorunun cevabı, fotokimyasal ozon oluşumu kimyasal işlemleri, mevcut ozon öncülleri emisyonları, atmosferik taşınma-yayılma-dağılma işlemleri ve bunların aralarındaki ilişkileri yeterli bir doğrulukla temsil edebilen bir araca sahip olmamız durumunda verilebilir. Böyle bir aracın, mevcut durumu yeterli doğrulukta temsil ettiği görüldükten sonra, senaryolar üreterek aktivite değişiklikleri ve kontrol stratejileri geliştirilebilmesine imkan tanıyacağı açıktır. Bu tip çalışmalar özellikle VOC ve NO_x kaynaklarının arttırılması/azaltılması suretiyle kontrol veya ileriki yıllara ait uzanım senaryoları üretilerek uygulanmaktadır (Wakamatsu ve diğ., 1997; Jiang ve diğ., 1998; Ziomas ve diğ., 1998; Tzeng ve Wu, 1993).

1970'lerden itibaren atmosferik kirliliğe ait sebep-sonuç ilişkilerini anlamak için Eulerian grid modelleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bu gün hala kullanılmakta olan bu tip modeller gelişmeye devam etmekte olup bazıları operasyonel programlar ve araştırmalarda temel modeller haline gelmiştir. Bölgesel ve yerleşim alanları ozon değerlendirmelerinde çok yaygın olarak kullanılan "Şehir Atmosfer Modeli" bu tür

modellerden biridir. Bu model halihazırda EPA tarafından çevre ozon standartları ve strateji geliştirme çalışmaları için tavsiye edilen bir model olup birçok bölgede operasyonel olarak kullanılmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı

İstanbul şehrinde Büyükşehir Belediyesi tarafından Kadıköy ve Sarıyer bölgesinde iki yerde ozon ve öncülleri 1998 yılından bu yana düzenli olarak ölçülmektedir. Ölçüm süresinde episodik koşullarla karşılaşılmamıştır. Kırsal bölgelerde ise ölçüm yapılmamaktadır. Bunun yanısıra şehirde araç sayısında artan bir eğilim nedeniyle öncül emisyonların artması beklenmektedir. Diğer bir deyişle ozon kirliliği İstanbul ve çevresi için yakın gelecekte potansiyel bir risk olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca şehrin rüzgaraltı bölgelerindeki ozon konsantrasyonları ve riskler hakkında da bilgi mevcut değildir.

Bu çalışmanın amacı İstanbul ve civarında fotokimyasal ozon dağılımını tipik yaz mevsiminde Temmuz 1999 ayı içerisinde seçilmiş günler için uygun bir emisyon modeli oluşturularak şehir atmosferi UAM-V (Variable-Grid Urban Airshed Model) içerisinde modellemek ve bulunan sonuçları yukarıda belirtilen iki istasyondan elde edilen ölçüm sonuçları ile karşılaştırmaktır.

2. ŞEHİR ATMOSFER MODEL SİSTEMİ

Şehir Atmosfer Model sistemi; bir emisyon işleme modülü, orta ölçek meteorolojik bir model ve bir kirlilik modelinden oluşmuştur. Modeller arasındaki ilişki ve model girdilerinin hazırlanması çok sayıda ön-art işlemci tarafından sağlanmaktadır. Modüller ve işlemciler UNIX işletim sisteminde çalışan bilgisayar sistemleri için Fortran 77 ile yazılmış olup her model girdisi için işlemci yoktur. Kaynak kodlar SGI (Silicon Graphics Inc.) platformunda geliştirilmiştir. Başka bir bilgisayar sisteminde çalıştırmak için kaynak kodlarda ve iş dosyalarında (job scripts) bazı değişiklikler yapılması gerekebilmektedir.

2.1 Meteorolojik Model

Model, yatay rüzgar bileşenleri u ve v , düşey rüzgar bileşeni w , potansiyel sıcaklık θ , ve özgül nem q 'nın gridlenmiş değerlerini elde etmekte kullanılır. Ayrıca gridlenmiş sınır tabaka yükseklikleri de hesaplanır. Bu alanlar modelin çalışması esnasında kullanıcı tarafından belirlenmiş düşey seviyelerde istenen zaman aralıklarında arşivlenir.

Model, Pielke (1974) tarafından geliştirilen Colorado State Üniversitesi'ne ait bir orta ölçek hidrostatik, sıkıştırılmaz, ilksel-denklemlerle dayanmaktadır. Modelin temel formülasyonuna ilişkin doğrudan açıklamalar Mahrer ve Pielke (1977, 1978) ve Arritt (1985) tarafından verilmiştir.

Model, bir yüzey ısı denkliği ve nispeten ayrıntılı atmosferik yüzey ve sınır tabaka parametrelemeleri içermektedir. Farklı yüzey ısınması, (kara/deniz meltem sirkülasyonları gibi) ve karmaşık arazi etkileri (vadi sirkülasyonları, engelleme etkileri gibi) tarafından üretilen orta ölçek hava akımı biçimleri için gayet uygundur.

Prognostik model, arazi bilgisi (topografya, kara/deniz örtüsü), model bölgesinde potansiyel sıcaklık-özgül nem başlangıç profilleri ve tüm model bölgesi için

yükseklikle değişken olabilen jeostrofik rüzgar bilgilerini istemektedir. Statik veya dinamik olarak başlatılabilir. Prognostik değişkenlerin başlangıç değerleri uzaysal olarak değişken olabilir.

Atmosferik ilksel denklemler, hidrostatik, sıkıştırılamaz ve Boussinesq yaklaşımlar benimsenerek basitleştirilmiştir. Denklemler Pielke (1984) tarafından izah edildiği gibi ortalananmış ve sonuçtaki gridaltı korelasyon terimleri birinci momentle kapatılmıştır. Model bölgesindeki düzensiz alt sınır uygulamasını basitleştiren, araziye-takip eden koordinat sistemi kullanılmaktadır. Sirkülasyonun düşey ölçeğinin (L_z), yatay ölçeğine (L_x) oranı yani ,

$$L_z / L_x \ll 1 \quad (2.1)$$

birden çok küçük olduğunda hidrostatik yaklaşım uygun olmaktadır. Bu gereklilik Orlanski (1981) ve Pielke (1984) tarafından irdelenmiştir.

Boussinesq yaklaşım Gray ve Giorgini (1976), tarafından ayrıntılı olarak incelenmiş ve esas olarak derinlik ölçeğinin birkaç yüz metreden daha büyük olmamasını gerektirdiği ifade edilmiştir. Sirkülasyonun düşey ölçeğinin, ölçek yüksekliğine (H_a) oranı birden çok küçük olduğunda yaklaşık sıkıştırılamazlığın sağlandığı görülür, yani,

$$L_z / H_a \ll 1 \quad (2.2)$$

burada ölçek yüksekliği, kuru havaya ait gaz sabiti (R_d), referans sıcaklığı (T_0) ve yer çekimi ivmesine (g) bağlı olup,

$$H_a = \frac{R_d T_0}{g} \quad (2.2a)$$

dır. $T_0 = 273.15$ K gözönüne alarak $H_a = 8002$ m ve L_z 'in ancak birkaç yüz metre civarında olması durumunda denklemler geçerli kalır. Sıkıştırılamazlık için başka bir kriter yoğunluk dalgalanmalarının ana durum yoğunluğunun çok küçük bir kısmını temsil etmesidir. Potansiyel olarak modelin uygulanabilmesi için basınç ve sıcaklık dalgalanmaları, bunlara karşı gelen yoğunluk dalgalanmalarının küçük kalabilmesi için en fazla birkaç on milibar ve birkaç on derece olabilir.

Kullanılan denklemlerin kartezyen koordinatlardan araziye takibeden koordinatlara dönüştürülmesinde sıg eğim yaklaşımı kullanılmıştır (Pielke ve Martin, 1981). Sıg yamaç yaklaşımı ;

$$\tan \beta \ll 1 \quad (2.2b)$$

olmasını gerektirir. Burada β yamaç açısıdır. Şayet en büyük yamaçlar 0.15 mertebesinde ise, sıg yamaç yaklaşımı önemli bir hata kaynağı getirmemektedir. Bu yaklaşım Pielke ve Martin (1981) tarafından incelenmiş ve araziye takibeden denklemlerin dönüşümünü büyük ölçüde basitleştirmiştir.

Buna göre araziye takibeden koordinat z^* aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

$$z^* = \bar{s}(z - z_G)/(\bar{s} - z_G) \quad (2.2c)$$

Burada $\bar{s}$ model tepesinin kartezyen yüksekliği, ($\bar{s}$ düz bir yüzeyi işaret etmektedir) z kartezyen düşey koordinat, z_G zemin yüksekliğidir. Yatay koordinatlar x ve y , düşey koordinat z^* , bu koordinatlara karşı gelen hız bileşenleri u , v , w^* , yatay jeostrofik hız bileşenleri u_g , v_g olmak üzere, yukarıdaki kabullerle araziye takip eden koordinatlarda denklemler şöyledir;

u-momentum

$$\frac{dv}{dt} = -\theta \frac{\partial \pi}{\partial y} + g \left(\frac{z^* - \bar{s}}{\bar{s}} \right) \frac{\partial z_G}{\partial y} - f(u - u_g) + \left(\frac{\bar{s}}{\bar{s} - z_G} \right)^2 \frac{\partial}{\partial z^*} \left(K_m \frac{\partial v}{\partial z^*} \right) \quad (2.3)$$

v-momentum

$$\frac{du}{dt} = -\theta \frac{\partial \pi}{\partial x} + g \left(\frac{z^* - \bar{s}}{\bar{s}} \right) \frac{\partial z_G}{\partial x} + f(v - v_g) + \left(\frac{\bar{s}}{\bar{s} - z_G} \right)^2 \frac{\partial}{\partial z^*} \left(K_m \frac{\partial u}{\partial z^*} \right) \quad (2.4)$$

w-momentum

bu eşitlik hidrostatik yaklaşım kullanılarak basitleştirilir.

$$\frac{\partial \pi}{\partial z^*} = - \left(\frac{\bar{s} - z_G}{\bar{s}} \right) \frac{g}{\theta} \quad (2.5)$$

Termodinamik eşitlik

$$\frac{d\theta}{dt} = \left(\frac{\bar{s}}{s - z_G} \right)^2 \frac{\partial}{\partial z^*} \left(K_h \frac{\partial \theta}{\partial z^*} \right) + S_\theta \quad (2.6)$$

Nem için kütlenin korunumu

$$\frac{dq}{dt} = \left(\frac{\bar{s}}{s - z_G} \right)^2 \frac{\partial}{\partial z^*} \left(K_h \frac{\partial q}{\partial z^*} \right) + S_q \quad (2.7)$$

Süreklilik denklemi

$$\frac{\partial w^*}{\partial z^*} = - \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{1}{(s - z_G)} \left(u \frac{\partial z_G}{\partial x} + v \frac{\partial z_G}{\partial y} \right) \quad (2.8)$$

Yukardaki eşitliklerdeki,

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w^* \frac{\partial}{\partial z^*} \quad (2.8a)$$

operatöründe x , y , z^* ve tekabül eden u , v , w^* hız bileşenleri araziye takibeden koordinatlara dönüştürülmüştür. K_m momentum için türbülanslı alışveriş katsayısı, π Exner fonksiyonu, S_θ ve S_q sırasıyla potansiyel sıcaklık ve özgül nem için kaynak/kuyu terimleridir.

2.1.1 Türbülanslı Alışverişin Parametrelenmesi

Kullanılan eşitlikleri türbülanslı ve ortalama değişkenler cinsinden ifade ettiğimizde ortalama işlemlerinde bağımsız değişkenlerin perturbasyon değerlerinin çarpımları ortaya çıkar. Prognostik eşitlikler bu perturbasyon terimleri cinsinden formüle edilebilir, fakat bu eşitliklere de ortalama işlemi nedeni ile daha yüksek mertebeden perturbasyon çarpımları ortaya çıkacaktır. Bu prosedür eşitliklerin çözümüne ulaşmadan sonsuza doğru devam eder. Bu nedenle sistemi kapatmak gereklidir. Bu tip bir kapamada temel kabul perturbasyon çarpımlarının, değişkenlerin daha düşük mertebeli momentleri ile ilişkili olduğudur. Denklemlerin kapatılması değişkenlerin herhangi momentlerinde yapılabilir. Prognostik ilişkileri kullanarak denklemleri kapamada yaygın olarak kullanılan iki yöntem ya sadece birinci momentler veya hem

birinci hem ikinci momentler içindir. Bu yöntemlere sırasıyla birinci merteye ve ikinci merteye kapama denilir.

Model birinci merteye kapama kullanmaktadır. Herhangi bir ϕ prognostik değişkeni akısı, Fick difüzyonuna benzer olarak, ortalama gradyanı ile ifade edilmektedir.

$$\overline{w'\phi'} = -K \frac{\partial \phi}{\partial z} \quad (2.9)$$

burada w' düşey hız bileşeni çalkantısı, ϕ' prognostik değişkenin çalkantısı, K bir eddy difüzivitesi veya alışveriş katsayısıdır. Eşitlikteki türbülanslı terimler üzerindeki çizgi, ortalama işlemini ifade etmektedir. Sadece düşey akılar hesaplanmış, yatay akılar doğrudan incelenmemiştir. Böylece kapama problemi birinci merteye yaklaşımda, (2.9) eşitliğindeki alışveriş katsayısının belirlenmesine indirgenmiştir.

Alt sınır yakınında, pürüzlülük yüksekliği z_0 ile varsayılan sabit akı tabakasının tepesi arasındaki akıları parametrelemek için benzeşim teorisi kullanılmıştır. Bu tabakanın derinliği aşağıdaki gibi varsayılmıştır ;

$$\begin{aligned} z_s &= 0.04 z_i, \theta_* \leq 0 \\ &= z^* (j=1), \theta_* > 0 \end{aligned} \quad (2.10)$$

burada z_i planeter sınır tabaka (PST) yüksekliği ve z^* ($j=1$) birinci model grid seviyesinin yüksekliğidir. Yüzey tabaka içinde Businger ve diğ. (1971) tarafından geliştirilmiş olan akı-profil ilişkileri, yüzey akılarının hesaplanmasında kullanılan u_* , θ_* , ve q_* ölçek büyüklüklerini elde etmek için kullanılmıştır. Yüzey akıları;

$$\overline{u'w'_o} = -u_*^2 \quad (2.11)$$

$$\overline{w'\theta'_o} = -u_* \theta_* \quad (2.12)$$

$$\overline{w'q'_o} = -u_* q_* \quad (2.13)$$

şeklinde tanımlanır. Üslü terimler değişkenlerin çalkantı bileşenleridir.

Düşey alışveriş katsayılarının hesabı için iki seçenek mevcuttur. Her seçenek için bir sınır tabaka yüksekliği hesabı yöntemi eşlik etmektedir. Birinci ve ikinci seçenekler aşağıda açıklanmıştır.

Seçenek 1. Birinci seçenekteki yöntem McNider ve Pielke (1981) tarafından incelenmiştir. Yüzey ısı akısı yukarı doğru iken ($\theta_* < 0$), yüzey tabakası akıları O'Brien (1970) tarafından önerilen alışveriş katsayısı için alt sınır şartını tanımlar. Bu formülasyon alışveriş katsayılarını yüzey tabaka tepesi (z_s) ile sınır tabaka tepesi (z_i) arasında kübik bir polinom olarak tanımlar.

$$K(z) = K(z_i) + \frac{(z_i - z)^2}{(z_i - z_s)^2} \left\{ K(z_s) - K(z_i) + (z - z_s) \left[\frac{\partial K}{\partial z} \right]_{z_s} + 2 \frac{[K(z_s) - K(z_i)]}{(z - z_s)} \right\} \quad (2.14)$$

burada K yerine K_h ya da K_m konulabilir. Yüzey tabaka tepesi z_s 'de, benzeşim teorisine göre,

$$K_h(z_s) = \frac{ku_* z_s}{\phi_h(z/L)} \quad (2.15)$$

ve

$$K_m(z_s) = \frac{ku_* z_s}{\phi_m(z/L)} \quad (2.16)$$

şeklindedir. Sınır tabaka tepesi z_i ve üzerinde, $K_h(z_i) = K_m(z_i) = 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ küçük bir artık değer olduğu varsayılır.

(2.14) eşitliğinin kullanımı konvektif sınır tabaka derinliğinin bilinmesini gerektirir. Bu büyüklük Deardorff (1974) tarafından Wangara deneyi verisinden elde edilmiş prognostik bir denklemden hesaplanır.

$$\frac{\partial z_i}{\partial t} = -u_{av} \frac{\partial z_i}{\partial x} - v_{av} \frac{\partial z_i}{\partial y} + w_{z_i} + \frac{1.8(w_*^3 + 1.1u_*^3 - 3.3u_*^2 f z_i)}{z_i^2 \frac{g}{\theta_{z_s}} \frac{\partial \theta^+}{\partial z} + 9w_*^2 + 7.2u_*^2} \quad (2.17)$$

f coriolis parametresi olmak üzere, burada düşey hız ölçeği (w_*);

$$w_* = \left((-g / \theta_{av}) u_* \theta_* z_i \right)^{1/3} \quad (2.17a)$$

olmaktadır. Eşitlikteki + üstindisi z_i 'nin hemen üzerindeki değerleri tanımlamaktadır. θ_{av} alt indisi PST (Planeter Sınır Tabaka) derinliği boyunca ortalananmış değerleri tanımlamaktadır.

Her model grid noktasındaki alışveriş katsayılarının belirlenmesi için, yüzey ısı akısı aşağı doğru iken, gradyan Richardson sayısı (Ri) vasıtasıyla ölçülen bölgesel kararlılık kullanılır. Gradyan Richardson sayısı;

$$Ri = \frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta / \partial z}{\left[(\partial u / \partial z)^2 + (\partial v / \partial z)^2 \right]} = \frac{N^2}{S^2} \quad (2.18)$$

ve

$$N = \left(\frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} \right)^{1/2} \quad (2.18a)$$

burada N bölgesel Brunt-Väisala frekansı ve S ;

$$S = \left[(\partial u / \partial z)^2 + (\partial v / \partial z)^2 \right]^{1/2} \quad (2.18b)$$

yatay rüzgarın düşey kayma vektörünün büyüklüğüdür.

Bölgesel termodinamik kararlılık pozitif olduğunda alışveriş katsayıları Blackadar (1979) tarafından önerildiği şekilde belirlenir.

$$K_m = K_h = 1.1 \left(\frac{Ri_c - Ri}{Ri_c} \right) \ell^2 S \quad (2.19)$$

Burada ℓ aşağıdaki gibi tanımlanmış bir karışma uzunluğu,

$$\begin{aligned} \ell &= kz, \quad z < 200 \text{ m} \\ &= 70 \text{ m}, \quad z \geq 200 \text{ m} \end{aligned} \quad (2.20)$$

ve k von Karman sabitesidir. Bir nümerik modelde kritik Richardson sayısı (Ri_c) Shir ve Bornstein (1977) tarafından önerildiği gibi kaba grid çözünürlüğü ile artmalıdır

(Bornstein ve diğ., 1987). McNider ve Pielke (1981) aşağıdaki formülasyonu geliştirmişlerdir;

$$Ri_c = 0.115 (\Delta z)^{0.175} \quad (2.21)$$

buradaki Δz santimetre cinsinden grid aralığıdır. $\Delta z = 100$ cm için $Ri_c = 0.257$ elde edilir ki bu zaten $Ri_c = 0.25$ teorik değeriyle örtüşmektedir.

Bölgesel termodinamik kararlılık negatif fakat yüzey ısı akısı aşağı doğru olduğunda, McNider ve Pielke (1981) ile Panofsky ve diğ. (1960)'nin önerdiği formülasyon benimsenmiştir;

$$K_m = K_h = (1 - 18 Ri)^{1/2} \ell^2 S \quad (2.22)$$

Seçenek 2: Alışveriş katsayıları hesaplanmasında kullanılan yöntem Ulrickson (1988) tarafından geliştirilmiştir. Türbülanslı kinetik enerji (TKE) için prognostik bir denklem modele eklenmiştir.

$$\frac{dE}{dt} = -\overline{u'w'} \frac{\partial u}{\partial z} - \overline{v'w'} \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{g}{\theta} \overline{w'\theta'} - \frac{\partial}{\partial z} \overline{w'E} + \frac{\overline{p'w'}}{\rho_0} - \varepsilon \quad (2.23)$$

Burada ρ akışkan yoğunluğunu ve p basıncı temsil etmektedir. Sağ taraftaki ilk iki terim TKE'nin (eşitlikte E ile tanımlanmıştır) kayma üretimini gösterir. Türbülanslı momentum akısı terimleri birinci mertebe kapama ilişkileri vasıtasıyla aşağıdaki şekilde parametrelendirilmiştir.

$$-\overline{u'w'} = K_m \frac{\partial u}{\partial z}, \quad -\overline{v'w'} = K_m \frac{\partial v}{\partial z} \quad (2.23a)$$

Üçüncü terim TKE'nin kaldırma terimini temsil eder. Türbülanslı ısı akısı bu terimde aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$-\overline{w'\theta'} = K_\theta \frac{\partial \theta}{\partial z} - \gamma_{cg} \quad (2.23b)$$

Burada,

$$\begin{aligned} \gamma_{cg} &= 5 u_* \theta_* / w_* z_i, \quad \theta_* < 0 \\ &= 0, \quad \theta_* \geq 0 \end{aligned} \quad (2.23c)$$

olmaktadır. Dördüncü terim TKE'nin konvektif hareketlerle taşınımını temsil eder. Bunlar Sun ve Chang (1986) tarafından parametrelendirilmiştir.

$$-\overline{w'E'} + \frac{\overline{w'p'}}{\rho_0} = 2.0 K_m \frac{\partial E}{\partial z} \quad (2.23d)$$

Son terim ise TKE'nin disipasyonunu verir. Yani,

$$\varepsilon = \frac{C_\varepsilon E^{3/2}}{l_\varepsilon} \quad (2.23e)$$

burada $C_\varepsilon = 0.125$ dir. Disipasyon için karakteristik uzunluk l_ε aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$r \frac{l}{l_\varepsilon} = \frac{l}{kz} + \frac{CLE1}{z_i} - \left(\frac{l}{kz} + \frac{CLE2}{z_i} \right) m_1 m_2 + \frac{CLE5}{l_s} \quad (2.24)$$

Burada,

$$m_1 = (1 + (CLE3 z_i / kz))^l \quad (2.24a)$$

$$\begin{aligned} m_2 &= (1 - (CLE4 L / z_i))^l, \quad \partial \theta / \partial z < 0 \\ &= 0, \quad \partial \theta / \partial z \geq 0 \end{aligned} \quad (2.24b)$$

$$\begin{aligned} \frac{l}{l_s} &= 0, \quad \frac{\partial \theta}{\partial z} < 0 \\ &= (N^2 / E)^{1/2}, \quad \frac{\partial \theta}{\partial z} \geq 0 \end{aligned} \quad (2.24c)$$

$$CLE1 = 15; \quad CLE2 = 5; \quad CLE3 = 0.005; \quad CLE4 = 1; \quad CLE5 = 1.5 \quad (2.24d)$$

olmaktadır. Burada Monin-Obukhov uzunluğu (L) işaretiyle kararlı tabakayı kararsız tabakadan ayırmaktadır.

Eddy difüzyon katsayıları lokal TKE'den aşağıdaki şekilde türetilmektedir.

$$K_m = 0.5 l_k E^{1/2} \quad (2-25)$$

$$K_\theta = \alpha_\theta K_m \quad (2-26)$$

Burada $\alpha_\theta = 1/0.74$, Prandtl sayısının tersidir. Düşey alışveriş katsayısı hesabındaki l_k , aşağıdaki şekilde tanımlanır;

$$\frac{1}{l_k} = \frac{1}{kz} + \frac{CLK1}{z_i} - \left(\frac{1}{kz} + \frac{CLK2}{z_i} \right) m_1' m_2' + \frac{CLK5}{l_s} \quad (2-27)$$

burada,

$$m_1' = \left(1 + \frac{CLK3 z_i}{kz} \right)^{-1} \quad (2.27a)$$

$$m_2' = \left(1 + \frac{CLK4 L}{z_i} \right)^{-1}, \quad \frac{\partial \theta}{\partial z} < 0 \quad (2.27b)$$

$$= 0, \quad \frac{\partial \theta}{\partial z} \geq 0$$

ve

$$CLK1 = 15; CLK2 = 11; CLK3 = 0.0025; CLK4 = 1; CLK5 = 3.0 \quad (2.27c)$$

Yukarıdaki kabullerle verilen düşey difüzyon formülasyonları PST'ye kararlı ve kararsız atmosfer durumları için uygulanır. Kararlı atmosfer için K_m , l_k 'nin maksimum 70 metre değeri için hesaplanmaktadır. Serbest atmosferde termal kararlılık durumlarında aynı formülasyon kullanılmaktadır fakat l_k için 1000 m'lik keyfi bir yüksek değer verilmektedir. Bu miktar, serbest atmosferi bir zaman adımıyla restabilize etmeye yarayan basit bir konvektif ayarlama içindir.

Atmosferik sınır tabaka kalınlığı düşey grid noktalarındaki TKE değerlerinden hesaplanır. Bu yükseklik, TKE'nin PST'de aldığı maksimum değerin belirtilen bir F oranına düştüğü yükseklik olarak kabul edilir. Bu yüzde oran, bir önceki zaman adımında hesaplanan PST derinliğine bağlıdır ve üstel bir kanuna göre değişir. F formülasyonu André ve diğ. (1978), Therry ve Lacarrère (1983), Deardorff (1974) ve McNider ve Pielke (1981)'nin çalışmalarına dayanarak aşağıdaki şekilde alınmıştır;

$$F = b(z_i)^a \quad (2.28)$$

burada $a = 0.68261$ ve $b = 6.2 \times 10^{-5}$ alınmaktadır.

2.1.2 Radyasyonun Parametrelendirilmesi ve Yüzey Isı Dengesi

Yer atmosferinin farklı şekilde ısınma ve soğuması termal sirkülasyonların oluşmasına neden olur. Suyun faz değiştirmedeği durumlarda termal farklılıklar ya atmosferdeki radyatif akı diverjansı ya yüzeyin ısınma ya da soğuması veya bu etkilerin birleşimi ile meydana gelir. Termal sirkülasyonları ele alan herhangi bir model bu süreçleri gözönüne almak zorundadır.

Atmosferin tepesine ulaşan güneş radyasyonu enlem, yıl içindeki bulunulan zaman ve gün içindeki zamanın bir fonksiyonudur.

$$S = S_0 \cos Z \quad (2.29)$$

(2-29) eşitliğindeki $S_0 = 1353 \text{ W m}^{-2}$ olup yörüngedeki ortalama güneş sabitidir. Z güneşin zenit açısı olmak üzere;

$$\cos Z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \psi \quad (2.30)$$

olup, ϕ boylam, δ güneş deklinasyon açısı ve ψ güneş saat açısıdır. Gelen güneş radyasyonunun gaz bileşenler tarafından azaltılması yere ulaşan radyasyonun hesaplanmasında göz önüne alınır. Su buharı için McDonald (1960) tarafından verilen bir fonksiyon kullanılmıştır;

$$a_w = 0.077 \left(\frac{r \downarrow_{sfc}}{\cos Z} \right)^{0.3} \quad (2.31)$$

Eşitlikteki $r \downarrow_{sfc}$ su buharı için cm cinsinden atmosferin tepesi ile yüzey arasındaki optik yol uzunluğunun tamamıdır.

$$r \downarrow_{sfc} = \frac{1}{g} \int_0^{P_{sfc}} q \, dp \quad (2.32)$$

(Model bölgesinin tepesinin az miktarda su buharı içerecek kadar yüksekte olduğu varsayılmaktadır). Diğer gazlardan (O_2 , O_3 , CO_2 vb.) dolayı olan radyasyon azalması Kondratyev (1969) tarafından verilip daha sonra Atwater ve Brown (1974) tarafından Rayleigh saçılmasını hesaba katmak üzere yeniden düzenlenen aşağıdaki fonksiyonla temsil edilmiştir;

$$G = 0.485 + 0.515 \left[1.041 - 0.16 \left(\frac{9.49 \cdot 10^{-4} P_{sfc} + 0.051}{\cos Z} \right)^{1/2} \right] \quad (2.33)$$

buradaki P_{sfc} yüzey basıncı hektopaskal cinsindendir. Yüzey albedosu (α) verildiğinde yüzey tarafından absorbe edilen kısa dalga radyasyon ($R \downarrow_{sw,sfc}$);

$$R \downarrow_{sw,sfc} = S_0 \cos Z (1 - \alpha)(G - a_w) \quad (2.34)$$

alınmaktadır. Atmosfer içindeki ısınmanın tamamen su buharı absorpsiyonu katkısı ile olduğu varsayılarak şu şekilde verilmiştir;

$$\frac{\partial T}{\partial t} = 0.0231 \frac{S_0 \cos Z}{\rho C_p} \left[\frac{r \downarrow}{\cos Z} \right]^{-0.7} \frac{dr}{dz} \quad (2.35)$$

Yüzey tarafından yayınlanan uzun dalga radyasyon ($R \uparrow_{lw,sfc}$), yüzeyin bir siyah cisim olduğu varsayılarak hesaplanmaktadır;

$$R \uparrow_{lw,sfc} = \sigma T_{sfc}^4 \quad (2.36)$$

Yüzeyden yukardaki uzun dalga radyatif transfer denklemi Sasamori (1972)'ye atfedilen bir yaklaşımla basitleştirilir. Bu yaklaşımla soğuma oranı;

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_k = \frac{1}{\rho C_p (z_{k+1} - z_k)} \left[\sigma (T_k^4 - T_{sfc}^4) (\Delta \varepsilon_k \uparrow) - \sigma (T_{\infty}^4 - T_k^4) (\Delta \varepsilon_k \downarrow) \right] \quad (2.37)$$

halini almaktadır. (2.37) eşitliğindeki $\Delta \varepsilon_k \uparrow$ ve $\Delta \varepsilon_k \downarrow$

$$\begin{aligned} \Delta \varepsilon_k \uparrow &= \varepsilon_{k+1} \uparrow - \varepsilon_k \uparrow \\ \Delta \varepsilon_k \downarrow &= \varepsilon_{k+1} \downarrow - \varepsilon_k \downarrow \end{aligned} \quad (2.38)$$

olarak tanımlanmış olup sırasıyla, k seviyesindeki yukarı ve aşağı doğru emisivitelere dir.

Toprak yüzey sıcaklığı izotermal bir toprak tabakasında net ısı akısı diverjansı gözönüne alınarak öngörülmüştür (Tremback ve Kessler, 1985). Toprak yüzey sıcaklığı prognostik eşitliği;

$$\frac{\partial \theta_{sfc}}{\partial t} = \frac{Q_{sfc}}{\Delta z_s \rho_s C_s} \quad (2.39)$$

olup burada Δz_s toprak tabakasının en üst kısmı, ρ_s toprak yoğunluğu ve C_s toprağın özgül ısıdır. Yüzey ısı akısı Q_{sfc} ise şu şekilde ifade edilir;

$$Q_{sfc} = SR_{sfc} + IR_{sfc} + \rho C_p u \cdot \theta_s + \rho L_v u \cdot q_s - \sigma T_{sfc}^4 - \rho_s C_s K_s \frac{\partial T_s}{\partial z} \quad (2.40)$$

(2.40) eşitliğinin sağ tarafındaki terimler sırasıyla; yüzeyde kısa dalga güneş radyasyonu, uzun dalga net radyasyon, hissedilir ısı akısı, gizli ısı akısı, yüzeyin siyah cisim emisyonu ve toprak ısı akısını temsil etmektedir. Toprakta ısı transferinin sadece difüzyonla gerçekleştiği kabul edilmiştir. Buna göre;

$$\frac{\partial \theta_s}{\partial t} = K_s \frac{\partial^2 \theta_s}{\partial z^2} \quad (2.41)$$

olmaktadır.

2.2 Şehir Atmosferi İçin Kirlilik Modeli

Şehir Atmosfer Modeli hem atıl hem de kimyasal olarak reaktif kirleticilerin konsantrasyonlarını hesaplamak üzere geliştirilmiş üç boyutlu bir fotokimyasal grid modelidir. Hesaplamalar, atmosferde kirletici konsantrasyonları etkileyen fiziksel ve kimyasal süreçleri simüle etmektedir. Modelin temeli atmosferik difüzyon denklemidir. Bu denklem tüm ilgili kirletici emisyonları için taşınma, difüzyon, kimyasal reaksiyonlar ve kaldırma süreçlerini matematiksel terimlerle ifade eden bir kütle dengesini temsil etmektedir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial c_i}{\partial t} + \frac{\partial(uc_i)}{\partial x} + \frac{\partial(vc_i)}{\partial y} + \frac{\partial(wc_i)}{\partial z} = \\ + \frac{\partial}{\partial x}(K_x \frac{\partial c_i}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(K_y \frac{\partial c_i}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(K_z \frac{\partial c_i}{\partial z}) \\ + R_i + S_i + D_i + W_i \end{aligned} \quad (2.42)$$

Burada c_i ; i türüne ait konsantrasyon. u, v, w ; rüzgar hızı bileşenleri. K_x, K_y , yatay türbülanslı difüzyon katsayıları. K_z , düşey türbülanslı alışveriş katsayısı. R_i ; i türünün kimyasal reaksiyonlarla net üretimi. S_i ; i türü emisyonu. D_i ; i türünün yüzeysel tutma (kuru) süreçleri nedeniyle net değişim miktarı. W_i ; ıslak çökme süreçleri nedeniyle i türünün net değişim miktarıdır.

Adveksiyon difüzyon denklemlerinin çözümü için sonlu farklar nümerik teknikleri kullanılır. Denklem zaman adımları yöntemi ile çözülür. Koşullar elverdiğinde kimyasal hesaplar, hesaplama zamanını azaltmak üzere tek tek grid hücreleri yerine birleşik hücre bloklarında icra edilebilir. Daha ayrıntılı sunumlar için iki yönlü gridler kullanarak kaba gridler içine daha hassas gridler konulabilir. Ayrıca model düşey gridleri keyfi olarak seçilebilir. Nokta kaynaklardan olan emisyonlar gridaltı bir Lagrangian fotokimyasal modeli ile işlenebilir. Kirletici kütlesi, grid hücre boyutuyla denk olduğunda gridaltı modelden grid modeline salınır. Hüzme yükselmesi bir Gaussian modelle benzeştirilmektedir. Konsantrasyonlar hacimsel birimler yerine birim hacimdeki kütle birimleri kullanılarak advekte ve difüze edilir. Böylece adveksiyon ve difüzyonda doğru kütle dengesi korunur.

2.2.1 Gaz Fazı Kimyası ve Karbon Bağı Mekanizması

Ozon, azotoksitleri (NO_x) ve uçucu organik bileşenler (VOC) arasındaki kimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkar. Yüzlerce organik bileşen ve binlerce kimyasal reaksiyonun olaya katkısı vardır. Bütün bu bileşen ve reaksiyonların bir grid modelinde bire bir işlenmesi aşırı derecede karmaşıklığa sebep olur. Bu yüzden Şehir Atmosferi Modeli'nde fotokimyasal kinetik mekanizmaları tek tek bileşenler yerine gruplar halinde ele alınmaktadır. Bu gruplandırma kimyasal türlerin içerdikleri reaktif fonksiyonel gruplar esasına göre yapılmıştır.

Şehir Atmosferi Modeli kimyasal kinetik çözümlmeleri için genişletilmiş Karbon Bağı IV (CB-IV) Mekanizmasını kullanmaktadır (Gery ve diğ., 1988). Bu yaklaşım, organik bileşenlerin karbon bağlarını esas almak suretiyle bir ayırım yapar. Örneğin propilen, buten ve 1-penten türlerinin hepsi ikili bir olefinik bağa ve herbiri farklı sayıda tekli bağa sahiptir. Bu durumda karbon bağı yaklaşımı propilen, buten ve 1-penten'i bir olefinik bağa (OLE) ve sırayla bir, iki ve üç parafinik bağa (PAR) ayıracaktır.

Mekanizma 80'den fazla reaksiyon ve 30 üzeri kimyasal tür içerir. Reaksiyonlar Ek A Tablo A.1'de ve mekanizma tarafından işlenen kimyasal türler Tablo 2.1'de verilmektedir. Şehir Atmosferi Modelinde kullanılan CB-IV mekanizması Dodge (1989) ve diğerleri tarafından önerilen iki önemli yenilik içermektedir. Bunlardan biri PAN sıcaklık etkileri (reaksiyon 46-48) ve diğeri düşük NO_x konsantrasyonlarında bir radikal kuyusu olarak çalışan radikal-radikal reaksiyonu (reaksiyon 86) ilavesidir.

Mekanizmayı tanımlayan diferansiyel denklemler ;

$$\frac{dc_i}{dt} = P_i - c_i L_i \quad (2.43)$$

şeklindedir. Burada c_i ; i türünün konsantrasyonunu, P_i ; i türünün üretim terimini, $c_i L_i$; i türünün kayıp terimini ifade etmektedir. Sistemin karakteristik özelliği zaman ölçeklerinin mertebeye birkaç kat değişken olmasıdır (örneğin 10^{-3} ile 10 arası). Bu tip denklemlere nümerik olarak stiff sistemler denir. Kararlı doğru çözümler için aşırı

Tablo 2.1 Modelde kullanılan Karbon Bağı Mekanizmasındaki kimyasal türler (SAI, 1996)

Tür İsmi	Temsili
Azot monoksit	NO
Azot dioksit	NO ₂
Nitrat kökü	NO ₃
Diazot pentoksit	N ₂ O ₅
Nitröz asidi	HONO
Nitrik asit	HNO ₃
Peroksi nitrik asit (HO ₂ NO ₂)	PNA
Oksijen atomu (tekli)	O1D
Oksijen atomu (üçlü)	O
Hidroksil kökü	OH
Su	H ₂ O
Ozon	O ₃
Hidroperoksi kökü	HO ₂
Hidrojen peroksit	H ₂ O ₂
Karbon monoksit	CO
Formaldehit (HCHO)	FORM
Yüksek moleküler ağırlıklı aldehytler (RCHO, R>H)	ALD2
Peroksiasil kökü (CH ₃ C(O)OO·)	C ₂ O ₃
Peroksiasil nitrat (CH ₃ C(O)OONO ₂)	PAN
Parafin karbon bağı (C-C)	PAR
İkincil organik oksi kökü	ROR
Olefinik karbon bağı (C=C)	OLE
Eten (CH ₂ =CH ₂)	ETH
Toluen (C ₆ H ₅ -CH ₃)	TOL
Kresol ve daha yüksek moleküler ağırlıklı fenoller	CRES
Toluen-hidroksil kökü	TO ₂
Metilfenoksi kökü	CRO
Yük. Mol. ağırlıklı aromatik oksidasyon halka parçası	OPEN
Ksilen (C ₆ H ₄ -(CH ₃) ₂)	XYL
Metilgliyoksal (CH ₃ C(O)C(O)H)	MGLY
İzopren	ISOP
İzopren reaksiyonu sonrası organik kalıntı	ISPD
Metanol	MEOH
Etanol	ETOH
Kükürt dioksit	SO ₂
Sülfat	SULF
NO → NO ₂ işlemi	XO ₂
NO → nitrat işlemi	XO ₂ N

derecede küçük zaman adımları gerekmektedir. Denklemlerin klasik yollarla integrasyonu çok fazla bilgisayar zamanı gerektirdiğinden Şehir Atmosferi Modeli'nde büyük oluşum/yokolma değerlerine sahip türler için sanki daimi hal (quasi steady-state) kabülleri yapılmaktadır. Diğer türler için (durum türleri – state species) Newton-Raphson algoritması kullanılmaktadır.

2.2.2 Fotoliz Değerleri

Fotokimyasal modellerin ozon oluşumunu gütmekte olan fotokimyasal reaksiyonlar için, fotoliz değerlerini hesaplamak üzere güneş radyasyonu bilgisini kullanmaları gereklidir. Model, fotokimyasal reaksiyon değerlerini veya J -değerlerini altı işlem için alır. J_{NO_2} , J_{O_1D} , J_{HCHO_r} , J_{HCHO_s} , J_{ALD_2r} ve $J_{Acrolein}$ (1, 9, 38, 39, 45 ve 93 numaralı reaksiyonlar). Diğer birkaç fotokimyasal tür için değerler ölçek faktörleri kullanmak suretiyle bu değerlerden elde edilir (Gery ve diğ., 1988).

Verilen bir işlem için fotoliz değeri;

$$J_n = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} I_n(\lambda) \sigma_n(\lambda) \phi_n(\lambda) d\lambda \quad (2.44)$$

integrali ile tanımlanır. Burada $I_n(\lambda)$ aktinik akı, $\sigma_n(\lambda)$ fotoliz etkisindeki türün kesit boyunca absorpsiyonu ve $\phi_n(\lambda)$ fotoliz işlemi kuantum verimidir. Aktinik akı zaman ve yer ile değişiklik gösterir. Aktinik akı; atmosfer tepesindeki güneş ışınımı akısı, yüzey UV albedosu, türbidite, toplam ozon sütünü değişkenlerine bağlıdır. Güneş ışınımı akısı; zenit açısı, enlem, gün ve zamandan elde edilir. UV albedoyu arazi kullanımı belirler. Toplam ozon sütünü ve türbidite gözlemlerden elde edilir. Temsili fotoliz değerleri Ek A Tablo A.2'de verilmektedir.

2.2.3 Kirleticî Taşınımı

Kirleticiler temel olarak adveksiyonla taşınır. Bu nedenle Şehir Atmosferi Modelinin başarılı şekilde uygulanabilmesi için rüzgar değişkenlik ve büyüklüğünün uzay-zaman ortamında doğru olarak temsil edilebilmesi belirleyicidir. Her bir düşey seviyede yatay rüzgar verilerek adveksiyon işlenir ve daha sonra araziye takibeden koordinat sisteminde kütlelerin korunumundan düşey hız hesaplanır. Yatay

adveksiyon için Smolarkiewicz (1983) tarafından geliştirilmiş olan pozitif-tanımlı adveksiyon hesap kuralları kullanılmaktadır.

2.2.4 Türbülans Difüzyonu

Kirleticilerin difüzyonu, uzaydaki konsantrasyon gradyanı ile orantılı farzedilmektedir (K-Teorisi veya birinci mertebe kapama). Orantı faktörü eddy difüzivite katsayısıdır (adveksiyon/difüzyon denklemindeki K_x , K_y , K_z katsayıları). Yatay difüziviteler, yatay rüzgarın deformasyon karakteristiklerinden hesaplanır (Smagorinsky, 1963). Düşey türbülans alışveriş katsayıları rüzgar ve sıcaklık alanından hesaplanabilir veya doğrudan meteorolojik modelden ithal edilebilir.

Yanal sınırlarda yatay difüzyon ve üst sınırda düşey difüzyon için akılar sıfır kabul edilir. Alt sınırda ise düşey difüzyon, birinci model seviyesinden yüzeye doğru olan kuru çökelme akısı ile bağlantılıdır.

2.2.5 Yüzey Çökelme İşlemleri

Kuru çökelme algoritması Wesely (1989) tarafından açıklanan hesap kurallarına dayalıdır. Yüzeye doğru kirletici akısı (F_0); birinci model seviyesindeki konsantrasyon değeri (C_i) ile çökelme hızı (V_d)'nin çarpımı olarak ifade edilir.

$$F_0 = -C_i V_d \quad (2.45)$$

Çökelme hızı bir dizi direncin toplamı olarak hesaplanmaktadır. Gaz türleri için;

$$V_d = \frac{1}{R_d + R_b + R_s} \quad (2.46)$$

ile tanımlanır. Burada; R_d ; aerodinamik direnç, R_b ; sınır tabaka direnci ve R_s ; yüzey direncidir. Partikül madde çökelme hızı, incelenen parçacıkların yoğunluk ve boyut dağılımına da bağlıdır. Büyük parçacıklar büyük çökelme hızlarına (V_{sed}) sahip olup diğer dirençlere paralel çalışır. Çok küçük parçacıklar gazlara benzer davranış gösterirler ancak daha yavaş difüze olurlar. Parçacık çökme hızı en basit haliyle;

$$V_d = V_{sed} + \frac{1}{R_d + R_b + R_a R_b V_{sed}} \quad (2.47)$$

şeklindedir.

Aerodinamik direnç atmosferik kararlılık ve yüzey karakteristiklerine bağlıdır. İki adet yüzey tabaka benzerlik parametresi; sürtünme hızı ve Monin-Obukov uzunluğundan hesaplanır (Gray ve diğ. 1991). Sınır veya sanki laminar tabaka direnci (R_b), katı nesneler etrafındaki laminar tabaka boyunca taşınımın moleküler difüzyon işlemlerini temsil eder. Büyük ölçüde Schmidt sayısına (hava kinematik viskozitesinin havadaki kirleticinin moleküler difüzyonuna oranı) bağlıdır.

Bir çok çözülebilir gaz için su yüzeylerine olan çökeltme hızlı olabilir. Bu yüzden su üzerinde yüzey direnci hesabı için Slinn ve diğ. (1978)'nin formülasyonu kullanılmıştır.

Sıvı faz direnci;

$$R_s = \frac{H}{\alpha_* k_\ell} \quad (2.48)$$

ile verilir. H , Henry Kanunu sabitesi α_* , her gaz için çözünürlüğün bir etkin yükseltgeni, k_ℓ , sınır fazı transfer hızıdır. k_ℓ yüzey gerilmeleri etkilerini de içerir ve su üzerindeki sürtünme hızı u_* cinsinden tanımlanır.

$$k_\ell = 4.8 \times 10^{-4} u_* \quad (2.49)$$

2.2.6 Mikro-Meteorolojik Alt Modül

Gridlenmiş rüzgar ve sıcaklık girdilerinden, aerodinamik direnç hesaplarında gerekli olan, sürtünme hızı ve Monin-Obukov uzunluğunu benzerlik teorisine göre hesaplamak için kullanılır. Yüzeyden birinci seviyenin orta tabakasına kadar kalınlığa bakmaksızın bir sabit akı yüzey tabakasının mevcudiyeti kabul edilir. Basınç, yüzey sıcaklığı ve birinci seviyenin sıcaklığı kullanılarak potansiyel sıcaklık gradyanı hesaplanır. Sonra kararlılığı belirlemek üzere birinci seviyenin hızıyla sıcaklık gradyanı kombine edilir. Louis (1979)'nin formülasyonu takip edilerek her arazi-kullanım kategorisi için 10 metre rüzgarı, sürtünme hızı, (Monin-Obukov uzunluğunu hesaplamak üzere) kararlılık, birinci seviye rüzgar hızı ve yüzey pürüzlülüğü kullanılır. Su yüzeylerin pürüzlülüğü yüzey gerilmesine bağlı olarak sürtünme hızından yeniden hesaplanır.

2.3 Emisyonlar

Emisyon envanterleri hemen hemen bütün hava kalitesi programları için kaynak teşkil ederler. Bir emisyon envanteri belirli bir zaman aralığı için, özel bir coğrafi alanı kapsayan, kaynaklarına göre kirletici emisyonlarının ayrıntılı cari listesidir. Bir envanter şu bilgileri içermelidir; kaynak sınıflarına göre emisyon tahminlerinin tablosal özeti, envanterin derlenme sebepleri ve altyapı bilgisi, envanterin kapsadığı coğrafi alan, temsili zaman aralığı (örn. yıllık, mevsimlik, saatlik), emisyon tahmin ve atamalarında kullanılan nüfus, istihdam ve ekonomik bilgiler, veri toplanmasında kullanılan yöntemler, veri kaynakları, anketler ve sonuçları, emisyon faktörlerine ait alıntılar, emisyon hesaplarında kullanılan yöntemlerin tanımlanması ve örnek verilmesi, yapılmış olan bütün kabüllerin dökümantasyonu, envantere dahil edilmemiş emisyon kaynaklarının belirtimi, referanslar (EPA-454/R-99-037, 1999). Bir envanterin hazırlanması ayrıntılı planlama gerektirir ve Şekil 2.1'deki faaliyetleri kapsar.

Emisyonların tahmin edilmesinde iki temel yaklaşım mevcuttur. Yukarıdan-aşağı ve aşağıdan-yukarı yaklaşımlar. Yukarıdan-aşağı doğru yaklaşım, emisyon tahminlerinin bölgesel ya da ulusal tahminlere dayanarak geliştirilmesi esasına dayalıdır. Envanter bölgesindeki emisyonlarla doğrudan veya dolaylı olarak ilişkisi olduğu düşünülen bir aktivite ölçütü verisi, ulusal veya bölgesel emisyon tahminleri ile ölçeklendirilir. Tipik olarak satış bilgileri, nüfus başına /kullanım başına emisyon faktörleri kullanılır. Bu yaklaşım genel olarak alansal kaynaklar için kullanılır. Mahalli verinin mevcut olmaması veya çok pahalıya elde edilmesi durumlarını kapsar. Mahalli emisyonların tahmini için; nüfus, belli bir sektördeki istihdam gibi ikame bir parametreye dayanarak, emisyon faktörleri veya ulusal/bölgesel emisyon tahminleri kullanılır. Potansiyel sorunu, belirsizlikler nedeni ile hassasiyet kaybıdır.

Aşağıdan-yukarı yaklaşım, emisyonların her kaynak için tahminini gerektirir. Tipik olarak nokta kaynaklar için kullanılmakla beraber alansal kaynaklar için mahalli aktivite verisi elde edilebilir olduğunda da kullanılabilir. Emisyon faktörleri, aktivite seviyeleri, emisyon kaynakları hakkında yöreye özgü bilginin toplanması çok daha fazla imkana sahip olmayı gerektirir. Bu yaklaşımda emisyon tahminleri daha hassastır. Yaygın olarak kullanılan emisyon tahmin yöntemleri şöylece sıralanabilir;

Emisyonların sürekli izlenmesi: Emisyonlar izleme sırasında sürekli olarak ölçülür ve gerçek emisyonlar kaydedilir.

Kaynak testleri: Baca ya da havalandırmalardan alınan kısa vadeli emisyon ölçümlerinden emisyon miktarları türetilir. Emisyon verisi, benzer kaynakların uzun vadeli emisyonlarının tahmini için ekstrapole edilebilir.

Kütle dengesi: Emisyonların, işlemlere giren ve çıkan malzemelere dayalı olarak belirlenmesidir.

Emisyon faktörleri: Bir emisyon faktörü, kirletici emisyonunu, işlenen malzeme miktarı ya da kullanılan yakıt miktarı gibi kolayca ölçülebilen bir aktivite seviyesiyle ilişkilendiren bir orandır. Emisyon faktörü ve aktivite seviyesi bilinirse basit bir çarpımla emisyon tahmini elde edilir. Emisyon faktörleri belli endüstri kategorileri için endüstrinin tipik değerlerini temsil edebilecek şekilde geliştirilir, özel bir kaynağı temsil etmeleri gerekmez.

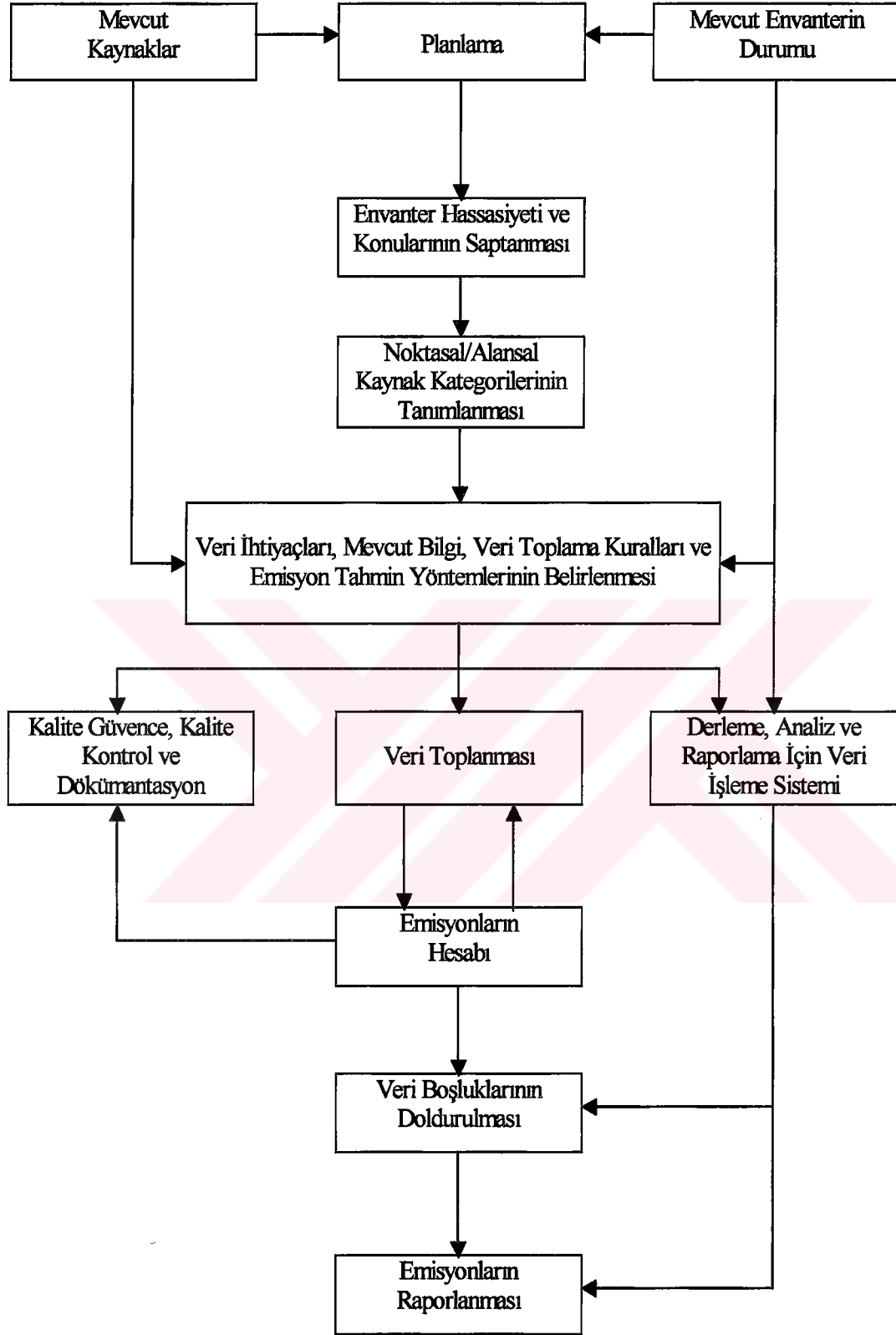
Yakıt analizleri: Emisyonlar, maddenin korunumu kanunlarının uygulanmasına dayanarak belirlenir. Yakıtlardaki varolan belli maddelerin, emisyonlarda da varolacağı esasına göre hesaplar yapılabilir.

Emisyon tahmin modelleri: Emisyon tahmin modelleri, bazı kaynaklardan yayılan emisyonların tahmininde kullanılmak üzere ampirik olarak geliştirilmiş proses denklemleridir.

Araştırma ve anketler: Tesis bazında, emisyonlar ve kaynaklar hakkında bilgi toplamak için yaygın olarak kullanılırlar.

Mühendislik kararları: Baca testleri, kütle dengesi veya emisyon faktörü tekniklerinin kullanılmasının mümkün olmadığı durumlarda ilgili prosese aşina bir mühendisin görüşüne göre tahmin yapılabilir.

Tam bir emisyon envanteri hazırlanabilmesi için gerekli kaynaklar; envanter kılavuzu, mevcut emisyon verisi, emisyon faktörü kaynakları, model kaynakları, kirletici kaynağı karakterizasyon dökümanları (Bir endüstriyi karakterize eden; proseslerin tanımı, işletme parametreleri, kullanılan cihazlar, üretilen çıktının



Şekil 2.1 Envanter hazırlanması adımlarını gösteren şema (EPA-454/R-99-037, 1999)

kapasite ve tip bilgileri) ve aktivite verisi referanslarını içerir (EPA-454/R-99-037, 1999).

Fotokimyasal simülasyon modellerinde, ozon konsantrasyonlarının uzaysal ve zamansal değişimlerini doğru olarak hesaplayabilmek için bu modellere girdi olarak verilen emisyon bilgilerinin genel bir envanterden çok daha fazla ayrıntı içermesi gerekir. Bu ayrıntıların aşağıda verilen özellikleri içermesi beklenir. Model bölgesindeki her bir grid için öncül kirlетici emisyonları yer almalı, emisyonlar saatlik olmalı ayrıca incelenen günlere ait koşulları yansıtmalı, toplam *VOC* ve *NO_x* yerine kullanılan kimyasal hesaplama mekanizmasının ihtiyaçlarına uygun olarak *VOC* istenen türlere ayrılmış olmalı, *NO* ve *NO₂* ayrı ayrı verilmeli ve baca gazı parametreleri her büyük nokta kaynak için temin edilmelidir.

Genelde model çalışmalarında noktasal, alansal ve mobil emisyonlar ayrı ayrı ele alınır. Ayrıntılı bir model emisyon envanterinin hazırlanması pek çok zorluklar içerir, mevcut genel envanterin durumuna göre 500 ile 5000 personel-saat gerektirmektedir. 500 personel-saat tahmini genel envanterin gridlenmiş ve tam olması durumu içindir (Gardner, 1992).

Mobil kaynak envanterlerinin hazırlanması sırasında, taşıtların yakıt tüketimleri, seyahat mesafeleri, kullandıkları teknoloji, taşıt sınıflarının ve yaşlarının dağılımı, yaşlarına göre aktivite seviyelerinin dağılımı gibi bilgilere gereksinim duyulur. Bu bilgilerin bir kısmı emisyon faktörlerinin hesabı için gerekli iken diğerleri aktivite seviyelerinin tespiti için gereklidir. Genç taşıtların kullandığı teknoloji ve yakıt tüketimi yaşlı taşıtlardan farklıdır. Ayrıca yaşlı taşıtların genç taşıtlardan daha az seyahat ettiği tespit edilmiştir (EIIP, 1996). Bundan başka sıcaklık, yükseklik, yakıt buhar basıncı, yakıt bileşimi hesaplarda etkilidir. Örneğin RVP (Reid Vapour Pressure) cinsinden ölçülen yakıt uçuculuğu 62 kpa'dan (9 psi) 82 kpa'a (12 psi) yükseltildiğinde buharlaşma emisyonları yaklaşık iki katına çıkmaktadır (WHO, 1999). Mobil kaynak envanterlerinin hesaplanmasında temel fikir, taşıtları emisyon özelliklerine göre sınıflandırmak, her sınıfa ait emisyon faktörlerini ve aktivite seviyelerini bulmak suretiyle emisyonları tahmin etmeye dayanmaktadır.

Taşıtların faaliyetlerini belirleyen taşıt-kilometre tahmini, önemli ölçüde belirsizliğe sahiptir ve bu belirsizlik tahminde kullanılan yöntemle değişkenlik gösterebilir. Bu

nedenle, taşıt-kilometre tahmininin bağımsız olarak doğrulanması için bir test aracına gereksinim duyulur. Önerilen böyle bir test aracı envanter alanındaki seyahat amaçlı net yakıt tüketimi ve filo yakıt ekonomisi verisini kullanmaktadır (EIIP, 1996).

Taşıt-kilometre sayısı geleneksel olarak; seyahat talebi modellerinden, trafik sayımları verisinden, trafikte rastgele örnekleme yaparak ve anket çalışmaları ile belirlenir. Bütün bu yöntemler belirsizlikler içermektedir.

Seyahat talebi modelcileri trafik akışlarını ekstrapole etmek için yol sınıflandırmalarını kullanırlar. Yolların özellikle hızlı büyüme görülen yerlerde pratikte yapılamayacak sıklıkta yeniden sınıflandırılması gerekir. Trafik sayım verileri sayımların ancak birkaç yılda bir yapılabilmesi nedeniyle eksiktir. Ayrıca bu sayımlar genellikle lokal trafik akış problemlerinin görüldüğü yerlerde yapılmaktadır. Sayımlar 24-48 saat içinde son bulur. Bu kadar kısa vadeli örnekleme periyodlarında rastgele etkiler (hava koşulları, trafik kazası vb.) veriyi kolaylıkla etkileyebilir (İstanbul'da bu sayımlar APK daire başkanlığı tarafından yapılmaktadır). Özel veri toplama çalışmaları çok pahalıdır. Kalkış-varış anketleri çok kıymetli bilgiler vermekle birlikte ancak on yıllık periyodlarda yapılabilir (ABD için). Oysa trafik çok hızlı bir şekilde değişim geçirmektedir. Analistler ulaşım talebi modellerini trafik sayım datasıyla uyumlu hale getirmeye gayret gösterirler. Bazı analistler keyfi ayarlama teknikleri kullanırlar. Ulaşım talebi modelleri ulaşım şebekesini ele alan büyük miktarlarda tanımsal veri gerektirir.

2.3.1 EPS 2.0 Emisyon Önileme Sistemi

Şehir Atmosferi Modeli için gerekli olan ayrıntılı emisyon envanterlerinin hazırlanabilmesi için EPA tarafından bir emisyon önileme sistemi (EPS- Emission Preprocessor System) geliştirilmiştir (EPA-450/4-90-007D(R), 1990). Bu sistem çizgisel emisyonların işlenmesi, noktaya özel çeşitlendirme ve bölgeye mahsus zamansal profillerin kullanımı gibi ilave imkanlar sunmaktadır.

Bu sistemde emisyonları noktasal ve alansal kaynaklar için iki farklı şekilde girmek mümkündür. Noktasal kaynaklar için; toplam emisyonlar, fiziksel baca parametreleri, işletim durumunu tanımlayan parametreler verilir. Alansal kaynaklar için; küçük durağan kaynaklar ve motorlu taşıtların emisyonları ile ilgili bilgiler yer

alır. Bu bilgiler noktasal kaynaklar için AIRS-(AFS) (Aerometric Information Retrieval System-Facility Subsystem) formatında ve alansal kaynaklar için AIRS-(AMS) (Aerometric Information Retrieval System-Area and Mobil Subsystem) formatında olmalıdır (AIRS, 1999). Tablo 2.2 ve Tablo 2.3’de AFS ve AMS dosyalarının içeriği verilmiştir.

EPS 2.0'a göre model bölgesindeki kaynaklar belirlenir ve hangi kaynakların yükseltildiği olduğu, alansal ve motorlu taşıtların emisyonları ayrılarak model bölgesindeki yollar tanımlanır. Bu suretle sistem, yola bağlı emisyonları grid hücrelerine atar. Sonuç olarak motorlu taşıt emisyonları egzost, buharlaşma vb. bileşenlerine ayrılır. Sistem yol üzerinde seyreden motorlu taşıt emisyonları için saatlik sıcaklık ayarlarını yapar, bu suretle emisyonları saatlik olarak sınıflandırır ve gridlere ayırır. EPA’nın VOC/PM veri tabanı yönetim sistemi değişik noktasal ve alansal kaynak sınıfında 250’nin üzerinde VOC emisyon profili içermektedir. Bu profillerin yardımıyla kompozit ayırma faktörleri hesaplanır.

2.3.2 Mobile5a Emisyon Faktörü Modeli

Mobile5a EPA’nın mobil emisyon faktör model serisinde yer alır. Bu model, benzin ve mazot yakıtlı karayolu taşıtlarının hidrokarbon (HC), karbon monoksit (CO), azot oksitleri (NO_x) emisyon faktörlerinin tahmininde kullanılır (EPA-AA-TEB-94-01, 1994). Program sekiz taşıt türü, yüksek ve alçak irtifa olmak üzere iki bölge için hesaplamalar yapar. Emisyon faktörü tahminleri çevre sıcaklığı, ortalama seyir hızı, çalışma modları, taşıt yaşı-yıllık kilometre birikimi dağılımı gibi değişik koşullara bağlıdır. Bu değişkenlerin çoğunluğu, kullanıcı tarafından verilir.

Tablo 2.2 Alansal ve mobil kaynaklar için AIRS-AMS dosyası kayıtlarının içeriği (Gardner, 1992).

Envanter Tanımı Bilgileri	Coğrafi Bilgi
AIRS'den alındığı şekli ile envanter tipi:	— FIPS bölge kodları
Ayarlanmış	Altbölge kodu (FIPS şehir kodu) (isteğe bağlı)
Esas	Kaynak Kimlik Bilgisi
RFP	— Alansal Kaynak Kategori kodu
Modelleme	İşletim Düzeni Bilgisi
Uzanim yılı	Yılığa göre dönem yüzdesi
Esas yılı	Haftada işleme günü
— Emisyonların tipi:	Yılda işleme haftası
Gerçek	Günlüğe göre saatlik yüzdeler
Aktivite seviyesi limitine göre uygun	Hafta içi ayarlama çarpanı
Emisyon faktörü limitine göre uygun	Cumartesi ayarlama çarpanı
Hem aktivite seviyesi hem de emisyon faktörü limitine göre uygun	Pazar ayarlama çarpanı
Toplam emisyonlara göre uygun	Kontrol teknolojisi tanımı
Esas yıl kontrollerine göre uzanımlı	Birincil kontrol techizatı kodu
Yeni kontrollere göre uzanımlı	Birleşik kontrol etkinliği
Esas yıl kontrolleri ile uygun	Kural etkinliği
Yeni kontroller ile uygun	Kural nüfuzu
— Emisyon dönemi:	Emisyon Bilgisi
Yıllık	— AIRS kirletici kodu (SAROAD)
Tipik ozon zirve mevsimi günü	— Kirleticinin emisyonları
Tipik CO zirve mevsimi	
Verilen başka aralık	
Dönem başlangıç ve sonbulma tarih ve zamanları	

Tablo 2.3 Noktasal kaynaklar için AIRS-AFS kayıtlarının içeriği (Gardner, 1992).

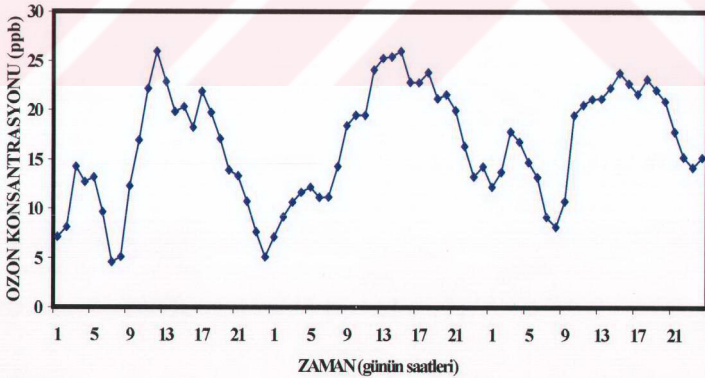
Envanter Tanım Bilgileri	Kaynak Kimlik Bilgileri
– AIRS'den alındığı şekli ile envanter tipi:	– Tesis kimlik kodu
– Ayarlanmış	– Baca numarası
– Esas	– Nokta kimlik kodu
– RFP	– Segment numarası
– Modelleme	– Standart Endüstriyel sınıflama kodu
– Uzanım yılı	– Kaynak Sınıflama kodu
– Esas yılı	
– Emisyonların tipi:	Baca Özellikleri Bilgisi
– Gerçek	– Yükseklik
– Aktivite seviyesi limitine göre uygun	– Çap
– Emisyon faktörü limitine göre uygun	– Çıkış gazı sıcaklığı
– Hem aktivite seviyesi hem de emisyon faktörü limitine göre uygun	– Çıkış gazı hızı
– Toplam emisyonlara göre uygun	İşletim Düzeni Bilgisi
– Esas yıl kontrollerine göre uzanımlı	– Yılığa göre mevsimlik yüzdeler
– Yeni kontrollere göre uzanımlı	– Günde çalışma saati
– Esas yıl kontrollerine uygun	– Haftada çalışma günü
– Yeni kontrollere uygun	– Yılda çalışma saati
– Envanter dönemi:	– Başlama saati (isteğe bağlı)
– Yıllık	Kontrol Teknolojisi Tanımı
– Tipik ozon zirve mevsimi günü	– Birincil kontrol techizatı kodu
– Tipik CO zirve mevsimi günü	– Birleşik kontrol etkinliği
– Verilen başka aralık	– Kural etkinliği
– Dönem başlangıç ve son bulma tarih ve zamanları	– Kural nüfuzu (noktasal kaynaklarda kullanılmaz)
Coğrafi Bilgi	Emisyon Bilgisi
– FIPS eyalet ve il kodları	– AIRS kirletici kodu (SAROAD)
– Altbölge kodu (FIPS şehir kodu) (isteğe bağlı)	– Kirleticinin emisyonları
– Kaynağın konumu (jeodezik veya UTM koordinatları)	
– UTM kuşağı (eğer kaynak konumu UTM koordinatlarda tanımlanmışsa gereklidir)	

3. MODEL UYGULANMASI ve SONUÇLARI

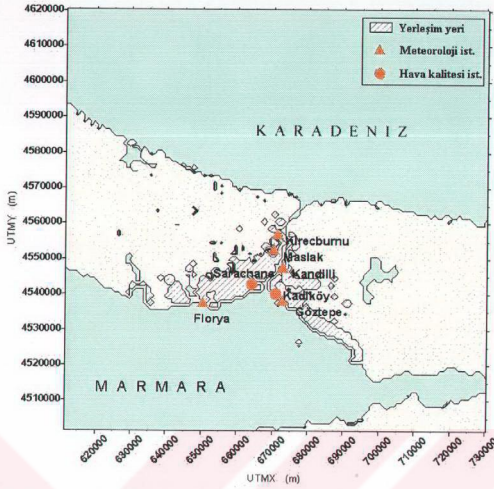
3.1 Uygulama Dönemi ve Model Bölgesi

Yüzey ozon konsantrasyon ölçümleri İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılmaktadır. Ölçümler, 1997 yılında başlamakla beraber 1999 yılı başından itibaren süreklilik kazanmıştır. Ölçüm yerleri; Anadolu yakasında Kadıköy ve Avrupa yakasında Saraçhane bölgesidir (Topçu ve İncecik, 1999). Şehrin içinde ölçülen yüzey ozon değerleri ikincil değişimlerle günlük salınımlar içermektedir. Bu salınımlar içerisinde tipik bir örnek dönem seçilmiştir. Seçilen örnek dönemdeki ozon ve öncüllerinin Kadıköy izleme istasyonundaki zamansal değişimi Şekil 3.1'de verilmiştir.

10 Temmuz- 12 Temmuz 1999 KADIKÖY

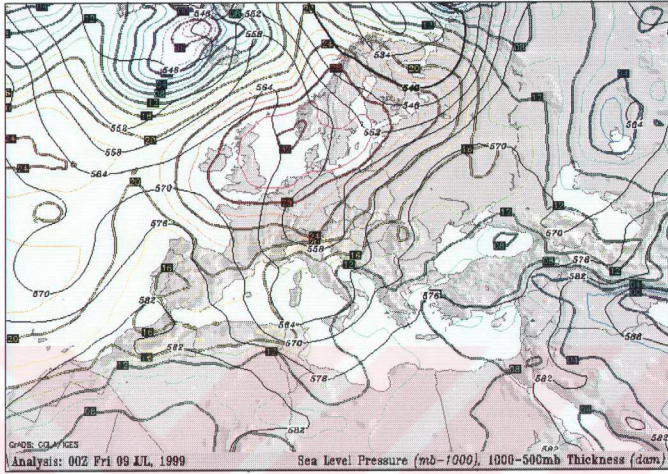


Şekil 3.1 Kadıköy izleme istasyonunda modelleme döneminde ölçülmüş ozon konsantrasyonları.

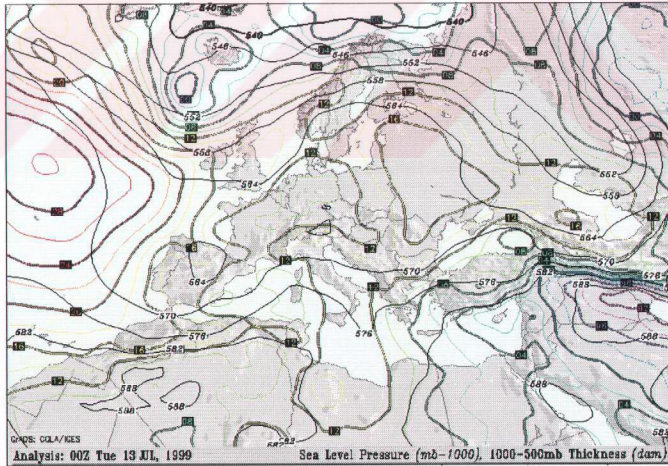


Şekil 3.2 Yatay model bölgesi ve gözlem yerleri.

Uygulama bölgesi, yatayda $120 \times 120 \text{ km}^2$ 'lik bir alanı kapsamaktadır. Yatay grid aralığı 2 km 'dir. Burada verilen grid koordinatları UTM koordinatlarıdır. Modelleme bölgesinin güneybatı ucu (612000 Doğu, 4502000 Kuzey) ve kuzeydoğu ucu (730000 Doğu, 4620000 Kuzey)'dir. UTM zonu 35 'dir. Şekil 3.2'de yatay model bölgesi, meteoroloji ve hava kalitesi ölçüm istasyonlarının yerleri gösterilmektedir. Sarıyer ve Kadıköy ile etiketlenmiş istasyonlarda ozon konsantrasyonu, saatlik ortalamaları alınarak kaydedilmektedir. Modellerde kullanılan bölge topografyası Şekil 3.4'de verilmiştir. Meteorolojik modelde yerden 8000 m 'ye kadar 22 adet düşey seviye, kirlilik modelinde yerden 4000 m 'ye kadar 10 adet düşey seviye kullanılmıştır. Bununla beraber model bölgesindeki gerek hava kalitesi gerekse meteorolojik değişkenleri izleyen istasyonların hem sayısı azdır hem de bunların konumları uzaysal olarak yaygın değildir. Böyle bir durumda meteorolojik modelin uzaysal olarak değişken başlangıç koşullarıyla başlatılması mümkün değildir. Ayrıca zamanla oluşan hataların, birbirine yakın bir iki istasyon verisi ile minimize edilebilmesi de oldukça zordur. Ölçüm verilerinin azlık ve yakınlığı her iki modelden elde edilen sonuçların test edilmesi sırasında da bazı sınırlamalar getirmektedir. İdeal olarak, böyle bir çalışmada meteorolojik değişkenler ile ilgilenilen kirleticilerin, yatay ve düşeyde alabilecekleri bölgesel kalıpları temsil

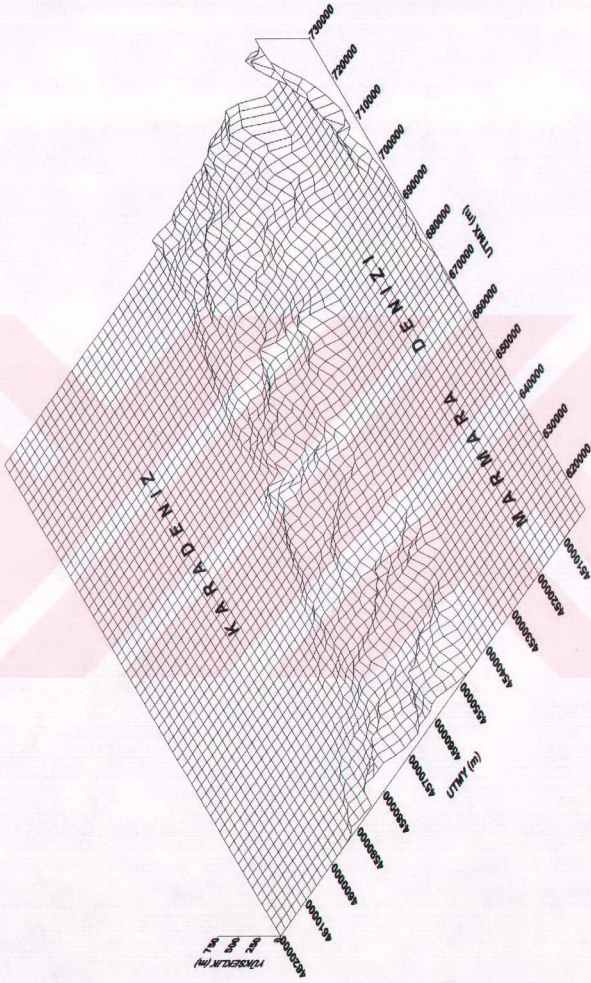


(a)



(b)

Şekil 3.3 Modelleme döneminin başları ve sonunda sinoptik durumu gösteren yer haritaları. (a) 9.07.1999 00Z, (b) 13.07.1999 00Z (COLA/IGES, 1999, NCEP verisinden).



Şekil 3.4 Modellerde kullanılan bölge topografyası. Yükseklikler 2X2 km'lik gridlerde ortalama değerlerdir.

edebilecek bir gözlemsel değerler kümesi elde edilmelidir. Modelleme dönemi boyunca bölge üzerinde etkili olabilecek sinoptik durumda önemli bir değişiklik yoktur. Rüzgarlar genelde kuzeyli ve ılımlıdır. Dönemin başı ve sonundaki yüzey basınç alanını gösteren haritalar Şekil 3.3’de, modellerde kullanılan bazı parametreler Ek B Tablo B.1’de verilmiştir.

3.2 Meteorolojik Model Sonuçları

Meteorolojik model, model bölgesindeki her grid hücresi için ortalama arazi yüksekliği, kara ve su yüzeylerinin dağılımı, yüzey albedosu, yüzey pürüzlülüğü, toprak termal difüzivite katsayısı, toprak nemi, toprak yoğunluğu, toprak özgül ısı bilgilerini istemektedir.

Arazi yükseklikleri 30 yay saniyelik coğrafi koordinatlarda verilen USGS verisinden alınmıştır. Coğrafi koordinatlar (enlem/boylam) UTM koordinatlarına döndürülmüş, daha sonra model bölgesindeki grid koordinatları için interpolate edilerek ortalama grid yükseklikleri elde edilmiştir.

Yüzey özelliklerini elde etmek için, önce model bölgesindeki arazi kullanımı/razi örtüsü belirlenmiştir. Bu değerlerin belirlenmesinde, USGS’nin ortalama 1 km çözünürlükteki AVHRR verisini işleyerek elde ettiği arazi örtüsü/razi kullanımı (düzeltilmiş seviye 2 etiketi) verisi kullanılmıştır. Bu veri Lambert azimutal eş alan projeksiyonu ile verilmektedir. Koordinatlar UTM koordinatlarına döndürüldükten sonra yazılan bir işleme programı yardımıyla, arazi sınıfına uygun yüzey özelliklerine ait değerler gridlere atanmıştır. Gridlerdeki su yüzeyi kara yüzeyi oranları için topografya haritalarından faydalanılmış ayrıca bu haritalar arazi kullanımı düzeltmeleri için de kullanılmıştır.

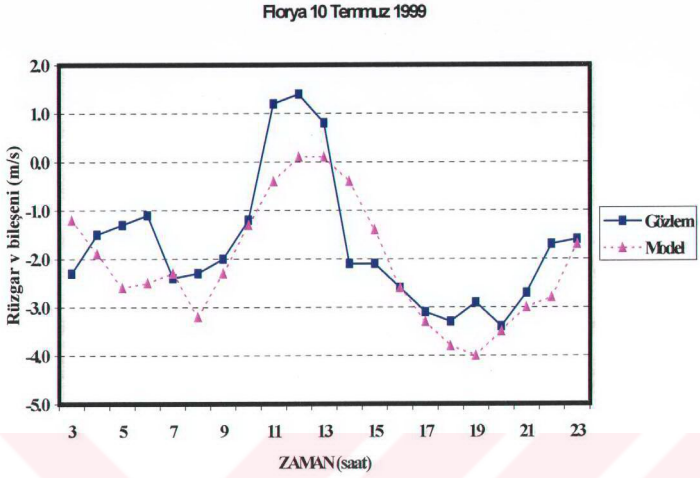
Göztepe meteoroloji istasyonundan günde iki kere 12 saat arayla alınan radyosonde gözlemleri, model ayarlamaları için modele girdi olarak verilmiştir. Aynı amaçlı saatlik yüzey gözlemleri sadece Kandilli Rasathanesi verisini içermektedir ve en fazla 10 kilometre çaplı bir alanı etkileyecek şekilde girilmiştir. Model yerden 8000 metreye kadar 22 düşey seviye içermektedir. Modelin çalıştırılması temel olarak düşey bir profil ile dinamik bir başlatma ve tahmin değerlerinin seyrek zaman adımlarında yeni profil değerlerine doğru zorlanması şeklindedir. Fotokimyasal grid

modellerine veri temin edecek sonuçları elde edebilmek için zorlama işleminin daha sık zaman adımlarında ve daha geniş alanda yapılmış gözlemleri içermesi gereklidir (Douglas ve diğ., 1993).

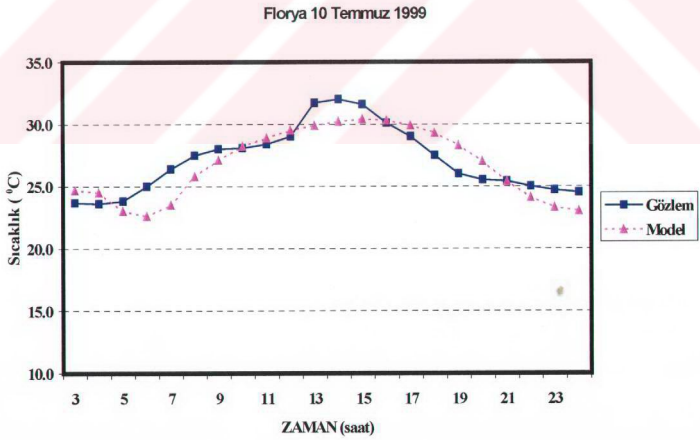
10 Temmuz 1999 00 GMT radyosonde verisi kullanılarak, yatayda homojen alanlarla benzeştirme başlatılmış ve dinamik bir denge için bir saatlik ısıtma süresi verilmiştir. Modelde sinoptik bir zorlama yoktur. Yanal sınır koşulları meteorolojik değişkenlerin gradyanları sıfır olacak şekildedir. Model ardışık olarak 70 saat çalıştırılmıştır.

Benzeştirme başlangıcı lokal klima saati ile 02/00'de yüzey seviyesinde, deniz üzerinde hakim olan kuzeydoğulu rüzgarlar beklendiği gibi kara üzerinde arazi yapısı ile değişkenlik göstermektedir. Yüzey soğuması etkisi ile model bölgesinin doğu tarafında olan yükseltilerden aşağı doğru olan rüzgar etkileri ve vadilerdeki etkiler açıkça belli olmaktadır. Sabah saatlerinde rüzgar Marmara Denizi genelinde 45 derece yön değiştirerek kuzeyli olmuştur. Güneşin yükselmesiyle kara yüzeyi üzerindeki sıcaklık artışıyla birlikte türbülanslı kinetik enerjinin artışı nedeniyle rüzgar şiddetlenmektedir. Öğlen saatlerine doğru Marmara üzerinde genel hakim rüzgarla alakası olmayan bir sirkülasyon oluşmaya başlamaktadır. Önce deniz üzerinde kuzeydoğu-güneybatılı bir eksen üzerinde durgun bir alanın iki tarafındaki zayıf rüzgarlar ters yönlerdedir. Daha sonra İstanbul Boğazının batısındaki Marmara kıyılarında doğudan batıya doğru gittikçe rüzgarlar önce kıyıya paralel, sonra dik olmaktadır. Bu, Karadeniz kıyılarındaki rüzgar yönünün tam tersidir. Sıcaklığın kara üzerinde maksimum değerine ulaştığı saatlerde Marmara Denizi'ndeki yüzey sirkülasyonu model bölgesinde neredeyse tüm Marmara'yı kaplayacak şekilde gelişmiştir. Güneşin alçalmasıyla birlikte sirkülasyon da güneybatıya çekilerek yok olmaktadır. Bu sirkülasyon iyi dökümanite edilmemiş bir farklı ısınma sirkülasyonudur. Meteorolojik gözlem istasyonlarının konumları bu sıg sirkülasyonu teşhis etmek için uygun yerlerde değildir ve sirkülasyon kara içlerine nüfuz edememektedir. Böyle bir sirkülasyonun varlığı kirlilik taşınım ve yayılımını etkileyecek bir olgudur.

İstanbul'da yüzey rüzgarları üzerine yapılan bir çalışmada, Yeşilköy meteoroloji istasyonu verilerinin analizinde bu sirkülasyona açıkça işaret edilmiştir (İncecik ve diğ. 1989). Yaz aylarında bu istasyonda bölgedeki diğer istasyonlarda görülmeyen

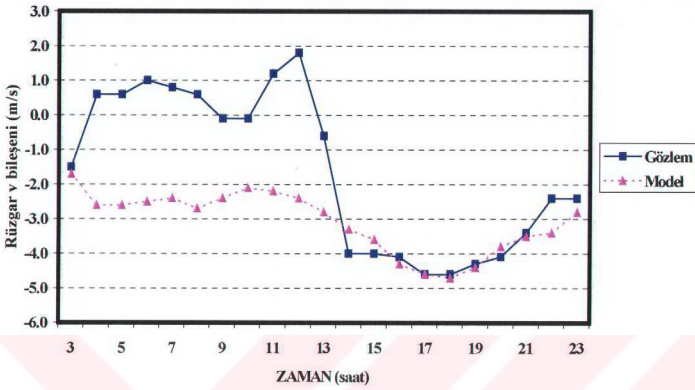


Şekil 3.5 Florya'da ölçülen ve model tarafından hesaplanan rüzgar v bileşeni



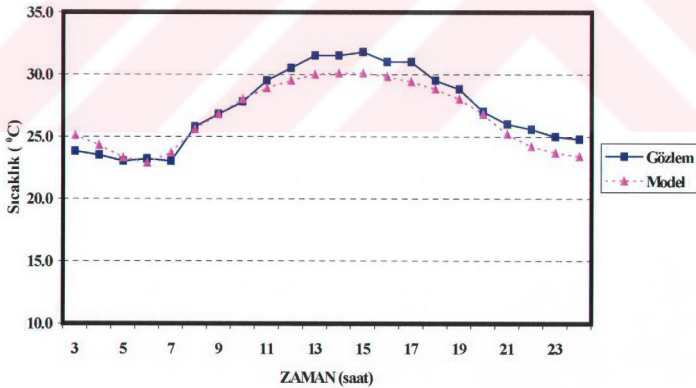
Şekil 3.6 Florya'da ölçülen ve model tarafından hesaplanan sıcaklıklar

Göztepe 10 Temmuz 1999



Şekil 3.7 Göztepe'de ölçülen ve model tarafından hesaplanan rüzgar v bileşeni

Göztepe 10 Temmuz 1999



Şekil 3.8 Göztepe'de ölçülen ve model tarafından hesaplanan sıcaklıklar

zayıf rüzgarlarla güneybatılı ikincil bir hakim yön mevcuttur. Ek B'de Şekil B.1-B.35'den izlenebileceği gibi sirkülasyonun kara üzerinde gözlenebileceği istasyonlar ancak Yeşilköy ve Florya istasyonlarıdır. Benzeştirme gününe ait Florya istasyonu kayıtları öğlen saatlerinde rüzgarın güneyli yönler döndüğünü göstermektedir. Bu sirkülasyon zayıf bir lokal deniz meltemidir. Bu durum, eski çağlardaki deniz ticaretine olumlu katkıda bulunma olasılığı nedeniyle de önemli sayılabilir.

Hesaplama sonuçları model bölgesinde operasyonel olarak çalıştırılmakta olan meteoroloji istasyonlarının verileri ile karşılaştırıldığında, hesaplanan rüzgar şiddeti değerlerinin ölçülen değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 3.5-3.8'de model bölgesindeki Göztepe ve Florya meteoroloji istasyonlarında ölçülen değerlerle, hesaplanan değerlerin birinci gün için karşılaştırılması gösterilmektedir.

Diğer günlere ve istasyonlara ait karşılaştırmalar Ek B'de verilen şekillerde (Ek B Şekil B.36-B.61) sunulmuştur. Tablo 3.1–Tablo 3.3'de gözlenen değerlerle hesaplanan değerlerin uyumu ile ilgili olarak ortalama karekök hata (RMSE), standart sapmaların oranı (model/gözlem) ve korelasyon katsayıları özetlenmiştir.

Model değerlerinin gözlenen değerler ile uyumluluğu sıcaklık, v-bileşeni, u-bileşeni sırasına göre azalmaktadır. Ayrıca zamanla da uyumluluk azalmaktadır. Yukarı seviyeler için herhangi bir test imkanı yoktur. Modelin bir başlangıç profilinden yola çıkarak denklemlerin zamansal integrasyonu ile çalışan bir tahmin modeli olması dolayısı ile zamanla uyumluluğun azalması doğaldır. Tahmindeki hataları minimize etmek için veri girişi 12 saat araylıdır. Bu girilen veri de hacimsel bir veri olmayıp yine bir noktadaki düşey profildir. Modelin ortaya çıkardığı rüzgar paternlerinin doğruluğunu sınamak için yeterli gözlem mevcut değildir. Birinci gün görülen sirkülasyon ikinci gün daha zayıf olarak ve deniz üzerinde sınırlı bir alanda kalmaktadır (Ek B Şekil B.12-B.23). Üçüncü gün ise daha farklı bir biçim izlenmektedir (Ek B Şekil B.24-B.35). Daha uyumlu sonuçların elde edilebilmesi için sık gözlem şebekesi, zamanla değişen yanal sınır koşulları, daha zayıf sinoptik durum koşullarından bir veya birkaçına sahip olmak gereklidir.

Tablo 3.1 Birinci model günü için gözlenen ve hesaplanan değerlerin ortalama karekök hatası (RMSE), standart sapmaların oranı (σ_m/σ_o) ve korelasyon katsayıları ($r_{m,g}$).

10 Temmuz 1999		U(m/s)	V (m/s)	T (°C)
Kandilli	RMSE	2.324	1.239	1.279
	σ_m/σ_o	0.510	0.891	0.755
	$r_{m,g}$	-0.109	0.94	0.92
Göztepe	RMSE	1.328	2.134	1.215
	σ_m/σ_o	0.972	0.383	0.840
	$r_{m,g}$	0.406	0.841	0.970
Kireçburnu	RMSE	0.821	0.980	1.282
	σ_m/σ_o	1.098	1.302	1.421
	$r_{m,g}$	0.902	0.901	0.898
Florya	RMSE	3.092	0.892	1.436
	σ_m/σ_o	2.047	0.894	1.063
	$r_{m,g}$	0.146	0.784	0.866
Maslak	RMSE	1.127	1.416	1.236
	σ_m/σ_o	2.125	1.692	1.066
	$r_{m,g}$	0.091	0.691	0.850

Tablo 3.2 İkinci model günü için gözlenen ve hesaplanan değerlerin ortalama karekök hatası (RMSE), standart sapmaların oranı (σ_m/σ_o) ve korelasyon katsayıları ($r_{m,g}$).

11 Temmuz 1999		U(m/s)	V (m/s)	T (°C)
Kandilli	RMSE	2.547	1.084	2.127
	σ_m/σ_o	0.574	0.814	0.756
	$r_{m,g}$	-0.792	0.891	0.970
Göztepe	RMSE	1.771	2.378	1.653
	σ_m/σ_o	0.782	0.334	1.011
	$r_{m,g}$	0.417	0.476	0.859
Kireçburnu	RMSE	1.354	1.440	2.352
	σ_m/σ_o	1.145	1.107	1.252
	$r_{m,g}$	0.593	0.630	0.875
Florya	RMSE	3.795	1.950	1.613
	σ_m/σ_o	2.202	0.563	1.121
	$r_{m,g}$	-0.284	0.407	0.925
Maslak	RMSE	1.016	1.784	1.837
	σ_m/σ_o	1.528	1.171	1.098
	$r_{m,g}$	0.607	0.556	0.742

Tablo 3.3 Üçüncü model günü için gözlenen ve hesaplanan değerlerin ortalama karekök hatası (RMSE), standart sapmaların oranı (σ_m/σ_o) ve korelasyon katsayıları ($r_{m,g}$).

12 Temmuz 1999		U(m/s)	V (m/s)	T (°C)
Kandilli	RMSE	1.768	0.924	1.266
	σ_m/σ_o	2.573	0.630	1.116
	$r_{m,g}$	-0.204	0.956	0.868
Göztepe	RMSE	0.796	1.872	1.307
	σ_m/σ_o	1.206	0.315	1.244
	$r_{m,g}$	0.664	0.721	0.942
Kireçburnu	RMSE	2.514	0.976	2.226
	σ_m/σ_o	1.106	0.799	2.096
	$r_{m,g}$	0.955	0.886	0.808
Florya	RMSE	2.582	2.040	1.759
	σ_m/σ_o	1.609	0.721	1.322
	$r_{m,g}$	0.602	-0.046	0.849
Maslak	RMSE	1.843	1.009	1.533
	σ_m/σ_o	1.618	1.028	1.738
	$r_{m,g}$	0.484	0.734	0.854

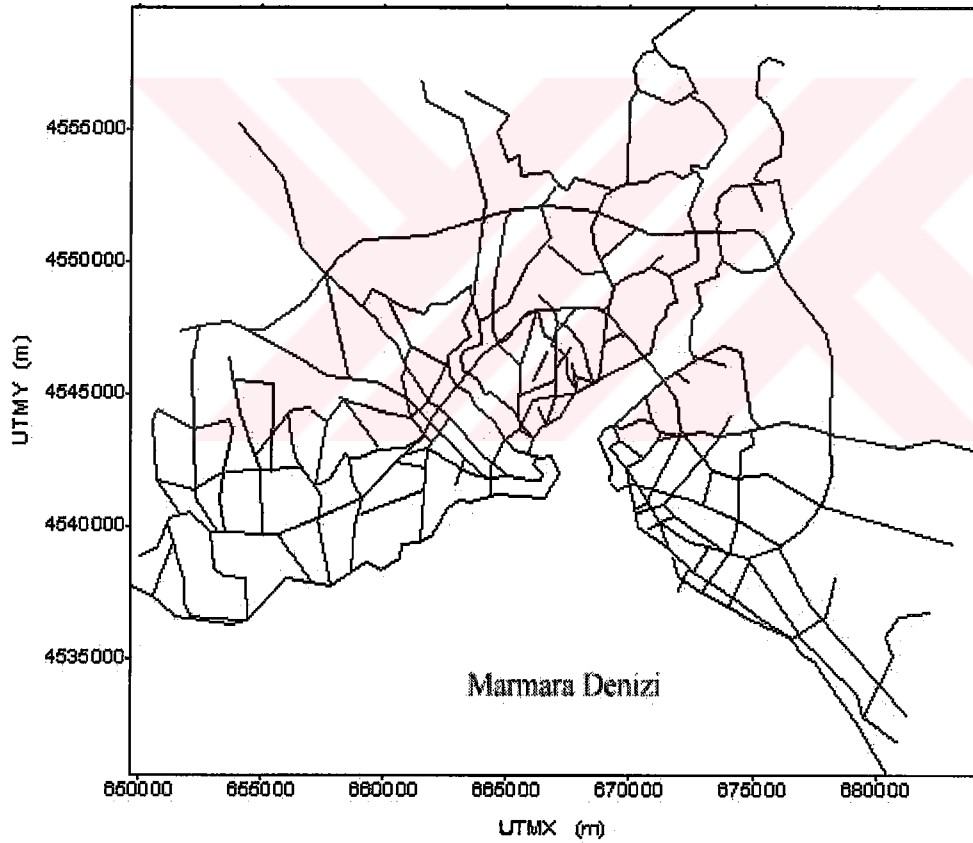
3.3 Emisyon Envanteri Kabulleri ve Emisyonların Kestirimi

İstanbul için bu güne değin hazırlanmış genel bir emisyon envanteri mevcut değildir. Ayrıca bir envanter için gerekli olan standart ve yöntemler de henüz belirlenmemiştir. Bu yüzden bu çalışmada emisyonlar için, amaca hizmet edecek, basit ve ayrıntısız bir model envanteri hazırlama yoluna gidilmiştir. Genel olarak envanter hesaplarında alttan üste doğru bir yol izlenmesi hassasiyeti arttırmaktadır. Ancak bu çok ayrıntılı bir veri tabanı ve işgücü istemekte olduğundan üstten alta doğru bir yol kullanmak zorunda kalınmıştır. Ayrıca model bölgesinde yer alan birçok faaliyet ve noktasal kaynaklar ihmal edilerek sadece yol üzerindeki motorlu taşıtların faaliyetlerinden ileri gelen emisyonların bir kısmı tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Model envanterinin hazırlanmasında çeşitli kabuller yapılmıştır. Örneğin, taşıtlar; benzinli otomobiller, dizel otomobiller, dizel orta taşıtlar, motorsikletler ve dizel ağır taşıtlar olmak üzere beş sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırma Mobil5a emisyon faktör modeli gereksinimleri içindir. Orta ve ağır taşıtların tamamının dizel olduğu varsayılmıştır. Otomobillerin ise %5'inin dizel olduğu varsayılmıştır. Bu varsayım (Soyhan ve diğ., 1999) tarafından verilen benzinli taşıt oranının %90 olmasına dayanmaktadır. Dizel orta taşıtları minibüs ve kamyonetler, dizel ağır taşıtları ise kamyon ve otobüsler oluşturmaktadır. Emisyon faktörlerinin hesabı için filo özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Her sınıfa ait taşıtların yaşlarına göre dağılımı DİE tarafından Türkiye geneli için verilen, yıllara göre trafikte mevcut taşıt sayılarının yıllık farkları alınarak tahmin edilmiştir. Bu dağılımlar kullanılan taşıt sınıfları için Ek C'de Şekil C.1-C.5'de verilmektedir. Her sınıfa ait taşıtın yaşlarına göre toplam taşıt-kilometreye katkısının dağılımı, bu konuda bir istatistik elde edilemediğinden Amerika Birleşik Devletleri'ndeki araçlar için verilen değerler alınmıştır. Modelleme günlerinde temsil edilen dört ayrı zaman dilimi için ortalama sıcaklıklar, çevre sıcaklıkları olarak hesaplara dahil edilmiştir. Devlet İstatistik Enstitüsü istatistiklerine göre 1 Temmuz 1999 İstanbul'da kayıtlı cinslerine göre motorlu taşıt sayıları esas alınmıştır. Orta ve hafif ticari taşıt sayıları için ilgili derneklerin verileri esas alınmıştır. Herhangi bir çalışma gününde özel taşıtların %60; taksi, dolmuş, servis aracı, yolcu otobüslerinin %90; kamyonet ve kamyonların %80; motorsikletlerin %25 oranında trafiğe katıldığı varsayılmıştır. Her taşıtın ortalama günlük katettiği yol; özel taşıtlar, servis taşıtları, şehirlerarası seyahat eden taşıtlar, motorsikletler ve kamyonlar için 60 km; taksi, minibüs, dolmuş ve belediye/halk otobüsleri için 200 km; kamyonetler için 100 km varsayılmıştır. Bu varsayımlar küçük değişikliklerle Tünay ve diğ. (1990)'nin yakıt kullanımı testinde kullandıkları değerlere dayanmaktadır. Cumartesi ve Pazar günü için ayrı ayrı aktiviteler varsayılmıştır. Hafta sonu aktiviteleri %25 azaltılmış, ayrıca pazar günü servis taşıtı aktiviteleri yok sayılmıştır. Pazar günleri için, ana akışta önemli rol almayan sahil yolları ve mesire yeri yollarının önemi bir kademe arttırılmıştır. Bu varsayımlarla model bölgesinde her taşıt grubu için toplam birer (Haftaiçi, Cumartesi, Pazar) taşıt-kilometre sayısı belirlenmiştir. Varsayılan aktiviteler Tablo 3.4'de özetlenmektedir. Bu faaliyet trafiğe kayıtlı tüm taşıtları içermektedir. Kırsal nüfusun şehir nüfusuna oranı bire karşı dokuzdur. Trafik aktivitesinin de aynı oranı koruduğu varsayımı ile bu aktivitenin %90 şehir içinde yer aldığı farzedilmiştir.

Şehir içinde trafiğin aktığı belli başlı yollar belirlenmiş ve koordinatları bir haritadan sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.9). Yine bir varsayımla trafik aktivitelerinin %80 oranında bu yollarda (lokal yollar hariç şehir içi) gerçekleştiği kabul edilmiştir.

Emisyon envanterinin hesaplanmasında çok fazla sayıda kabul yapılmış, belirsiz miktarda alansal ve noktasal kaynak gözardı edilmiştir. Sadece şehir içinde hesaba katılmayan lokal yollar %20 civarında bir aktiviteye sahiptir. Bu yüzden envanter ancak minimal değerleri temsil edebilir ve bu tez çalışmasının amaçları dışında son derece ihtiyatla ele alınmalıdır.



Şekil 3.9 Kirlетici emisyonlarının hesaplanmasında kullanılan sayısallaştırılmış yollar.

Tablo 3.4 İstanbul'da 1 Temmuz 1999 itibarı ile tahmini günlük taşıt aktiviteleri .

Taşıt sınıfı	İşgünü (taşıt-km/gün)	Cumartesi (taşıt-km/gün)	Pazar (taşıt-km/gün)
Benzinli otomobiller	32,445,794	24,334,345	24,334,345
Dizel otomobiller	2,770,810	2,078,108	2,078,108
Dizel orta taşıtlar	12,598,380	9,448,785	2,083,522
Dizel ağır taşıtlar	3,028,062	2,271,046	2,042,011
Motorsikletler	426,480	319,860	319,860
İstanbul toplam	51,269,526	38,452,144	30,857,847
İstanbul şehir içi	46,142,573	34,606,929	27,772,062
İstanbul şehir dışı	5,126,953	3,845,214	3,085,785
Lokal yollar hariç şehir içi	36,914,059	27,685,544	22,217,650

Taşıt-kilometre cinsinden belirlenen, lokal yollar haricindeki toplam şehiriçi trafik aktivitesi yollara şöyle bölünmüştür; tüm bölge için bir birim taşıt-kilometre sayısı (B_{tkm}) ve her yol için bir taşıt-kilometre faktörü (YF) belirlenmiştir. Modellenen her yola ait taşıt-kilometre (TK), yol faktörü ile birim taşıt-kilometrenin çarpılması ile aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$TK_i = B_{tkm} \cdot YF_i \quad (3.1)$$

Belirlenen yolların model bölgesindeki uç koordinatları (UTM koordinatları) $((x_1, y_1); (x_2, y_2))$, şerit sayısı (L), ağır vasıta kullanımına açık olup olmadığı, yol önem derecesini belirten bir sayı (0-1 arası) (S) kaydedilmiştir. Keyfi olarak seçilen S değerleri Tablo 3.5'dedir. Şehir içi yollar altı gruba ayrılmıştır ancak bunlardan beş grup işlenmiştir. Sonra şehrin merkezini temsil eden bir (x_0, y_0) koordinatı ve şehir dışını temsil eden R_{xlim} , R_{ylim} mutlak mesafeleri belirlenmiştir. Girilen her yolun orta koordinatları $(\bar{x}, \bar{y})$ ve ilgilenilen yolun uzunluğu;

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (3.2)$$

Seçilen merkeze olan x doğrultusundaki mesafeyi bağıl olarak temsil eden bir değer (x_d);

$$x_d = 1 - \frac{|\overline{x} - x_0|}{R_{x\lim}} \quad (3.3)$$

ve y doğrultusundaki mesafeyi bağıl olarak temsil eden bir değer (y_d);

$$y_d = 1 - \frac{|\overline{y} - y_0|}{R_{y\lim}} \quad (3.4)$$

şeklinde tanımlanmış olup bu değerler merkezde bir olmakta ve şehir dışına doğru azalmaktadırlar. i indisli yola ait yol faktörü YF_i şöyle tanımlanmıştır;

$$YF_i = L_i S_i x_{d_i} y_{d_i} d_i \quad (3.5)$$

Tüm bölge için tek bir sayı ile ifade edilen birim taşıt-kilometre (B_{tkm}), envanter bölgesindeki toplam taşıt kilometrenin ($TK_{bölge}$), yol faktörleri toplamına bölünmesi ile elde edilir.

$$B_{tkm} = \frac{TK_{bölge}}{\sum_i YF_i} \quad (3.6)$$

Tablo 3.5 Emisyonların kestirilmesinde kullanılan yol önem katsayıları (Şehiriçi yollar).

Yol grubu (Şehir İçi Yollar)	Önem Katsayısı (S)
Şehirlerarası yollar	1.0
Ekspres yollar	0.8
Ana arterler	0.6
Tali arterler	0.4
Toplayıcı yollar	0.2

Ağır taşıtların şehir içine girişinin kısıtlanmış olması nedeniyle; ağır taşıt aktivitelerinin %80 oranında, kısıtlama getirilmeyen yollarda olduğu varsayımı ile benzer hesaplar yapılmıştır.

Bu suretle model bölgesine girilen her yoldaki günlük aktivite, yoldan geçen taşıt sayısı ve taşıtların karışımı elde edilmiştir. Buradaki varsayımlar nüfus, hanehalkı ekonomik yapısı, iş yerleri, eğlence yerleri, sanayi bölgeleri, yollardaki kavşak sayıları gibi faaliyetleri etkileyen parametrelere bağlanamamıştır. Temel varsayım seyahat talebinin şehir merkezine doğru ve mevcut yol sınıfı ile orantılı olduğu doğrultusundadır. Sonuçları test etme imkanı olmamıştır. Bir kaç sayım sonucu ve model sonuçları Tablo 3.6’da karşılaştırılmaktadır.

Tablo 3.6 Birkaç yerde gerçekleştirilmiş trafik sayım sonuçları. Alıntılarda taşıt/saat verilen değerler, 16 saatlik trafik akışı varsayımına göre, taşıt/gün cinsinden yazılmıştır. Hesap değerleri Temmuz 1999 itibarı ile dir.[†] ile işaretli sayım altı aylık ortalama, karşigelen hesap değeri hafta içine ait değerdir.

Yol ismi ve alıntı	Sayım tarihi	Trafik sayımı (taşıt/gün)		Hesap değerleri (taşıt/gün)	
		Toplam taşıt	Ağır taşıt	Toplam taşıt	Ağır taşıt
Haliç Köprüsü (Alp ve diğ.,1999)	Mart/Nisan 1999	240,000	24,960	225,000	22,800
E5 İncirli (Soyhan ve diğ., 1999)	Nisan 1999	80,080	4,880	187,548	19,012
E5 Ataköy (Soyhan vd., 1999)	Nisan 1999	90,240	7,680	163,403	16,564
E5 Sefaköy (Soyhan vd., 1999)	Nisan 1999	116,000	13,600	157,786	15,995
Mithatpaşa cad. Ümraniye (APK, 1999)	Kasım 1999	52,576	4,160	48,075	1,062
Fatih köprüsü (Bayındırlık ve İsk. Bak., 1998)	[†] 1998 1.altı ay.	143,960	-	195,012	57,328
Boğaziçi köprüsü (Bayındırlık ve İsk. Bak., 1998)	[†] 1998 1.altı ay.	171,948	-	214,134	4,728

Her yol grubu için ikisi zirve trafik saatlerini temsil etmek üzere dört ayrı zaman dilimi zarfında, ortalama seyir hızları için kabuller yapılmış ve dört zaman dilimi için ortam sıcaklıkları belirlenmiştir. Zirve saatlerindeki trafik, normal trafiğin iki katı kabul edilerek bir zamansal ayırma profili tespit edilmiştir. Bu kabuller Tünay ve diğ. (1990) kabullerinin yeniden düzenlenmesiyle yapılmıştır. Günlük 16 saat trafik akışı varsayımı ile her yol için saatlik taşıt sayıları belirlenmiştir. Cumartesi günü trafiği 17 saat alınmıştır. Taşıt karışımı aynen korunmuştur.

Emisyon faktörleri beş yol grubunda, dört ayrı zaman dilimi için ve beş taşıt sınıfına ait olmak üzere; çevre sıcaklığı, yol çalışma modları, yola ait taşıt-km karışımı,

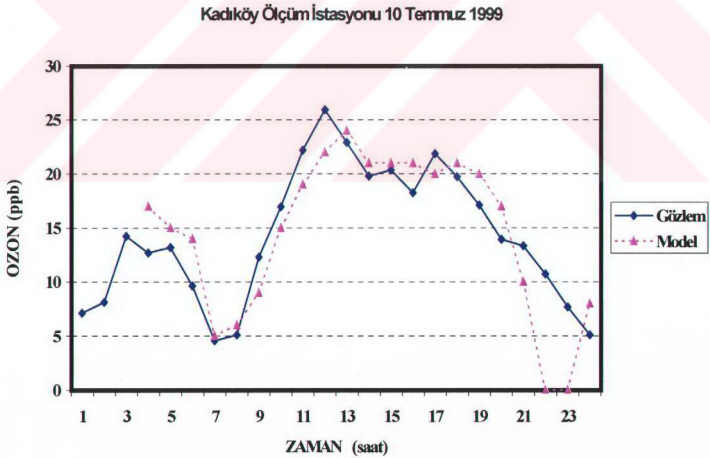
taşıtların model dağılımı, ortalama seyir hızları veri olarak girilmek suretiyle Mobile5a emisyon faktörü modelinden hesaplanmıştır. Hesaplarda benzine ait RVP değeri 60 kpa alınmıştır. Yol grupları, işletim koşulları ve ilgili emisyon faktörleri Ek C Tablo C.2-C.4'de gösterilmektedir.

Model bölgesinde, şehir içinde lokal yollar haricindeki yollar için kestirilen günlük emisyonlar Ek C Tablo C.6-C.8'de gösterilmektedir. SO_x , TSP ve PM için emisyon faktörleri Tünay ve diğ. (1990)'den aynen alınmıştır. Ek C Tablo C.1'de bu değerler verilmektedir.

3.4 Kirlilik Modeli Sonuçları

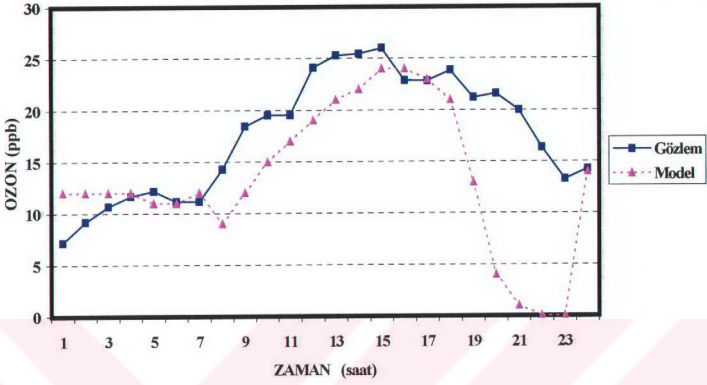
Kirlilik modelinde ihtiyaç duyulan saatlik üç boyutlu rüzgar, sıcaklık, nem, basınç-yükseklik ve eddy difüzyon katsayıları meteorolojik model sonuçlarından alınmıştır. Emisyon bilgileri, bölüm 3.3'de hesaplanan emisyonların EPS2.0 ile işlenmesi suretiyle hazırlanmıştır. Toplam ozon sütunu verisi ve türbidite değerleri NASA'nın TOMS gözlemlerinden alınmıştır. Yüzey UV-albedosu meteorolojik model için girilen arazi-kullanımı/arazi örtüsü değerlerinin işlenmesi ile elde edilmiştir. UV albedo değerleri birinci ve sekizinci arazi sınıfları için 0.08, yedinci için 0.04 diğer sınıflar için 0.05 alınmıştır. En belirsiz durum hava kalitesi başlangıç ve sınır değerlerinin girilmesinde ortaya çıkmaktadır. Bu değerlerin tespit edilebilmesi için ya daha büyük ölçekli kabul edilir doğrulukta bir modelin sonuçlarına ya da bölgede düşey kirlilik profilleri dahil ayrıntılı hava kalitesi ölçümlerine ihtiyaç vardır. Bu iki imkan da elde mevcut değildir. Şayet model bölgesi, ilgilenilen bölgenin taşınma ve dağılma proseslerinden etkilenemeyeceği şekilde yeterince büyük olsa idi (ki bu durumda bölge içine dahil olacak çok sayıda emisyon kaynakları için emisyonların işlenmesi gereklidir) sınırlardan uzakta temsili değerler elde edilebilirdi. Model bölgesinin, mevcut meteorolojik koşullara göre küçük olduğu böyle bir durumda sınır değerleri çok büyük etkiye sahip olmak durumundadır. EPA tarafından ölçme olmadığında öngörülen sınır koşulları bölgemiz için bir miktar yüksek gözükmektedir. İki izleme istasyonunda ölçülen en yüksek değerler bile ancak zaman zaman bu değerlere ulaşabilmektedir. Bu yüzden ozon ve öncüllerinin çevresel konsantrasyonları EPA tarafından öngörülen değerlerin yarısı civarında alınmıştır.

Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon dağılımı gece saatlerinde şehir üzeri ve rüzgaraltında çevresel değerlerin çok altına inerek neredeyse yok olmaktadır. Bu durum şehirlerin *NO* kaynağı olması ve gece boyunca *NO*-ozon arasındaki kimyasal reaksiyonlarla açıklanabilir. Ozon oluşumunun gerçekleştiği gündüz saatlerinde ise yüksek konsantrasyonlar şehir üzerinde değil rüzgaraltındaki bölgelerde rüzgar paterni kontrolünde gerçekleşmektedir. Ek D Şekil D.1- D.10'da yüzeyde hesaplanan ozon konsantrasyonu dağılımları verilmektedir. Maksimum konsantrasyon 50 ppb'ye ulaşabilmektedir. Yüksek konsantrasyonlar Marmara Denizi ortalarında oluşmaktadır. Model bölgesinin batı Marmara kıyıları meltem sirkülasyonunun hakim olduğu zamanlarda yüksek konsantrasyonlara ulaşmaktadır. Model bölgesinde yer almamakla beraber güney Marmara kıyılarında da yüksek konsantrasyonlara ulaşılabilceği kolayca tahmin edilebilir. Bölgede başka kirlilik izleme istasyonu bulunmadığından değerleri sağlama imkanı yoktur. Kadıköy izleme istasyonunda ölçülen ve model tarafından aynı grid için hesaplanan ozon konsantrasyonlarının grafik karşılaştırması Şekil 3.10-3.12'de verilmektedir.



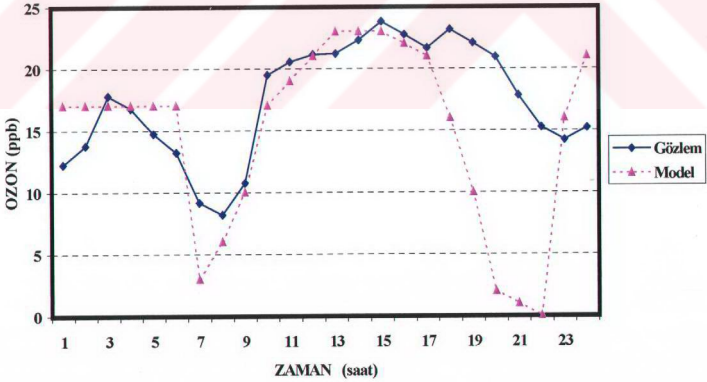
Şekil 3.10 Kadıköy ölçüm istasyonunda gözlenen ve model tarafından hesaplanan ozon konsantrasyonları 10 Temmuz 1999.

Kadıköy Ölçüm İstasyonu 11 Temmuz 1999



Şekil 3.11 Kadıköy ölçüm istasyonunda gözlenen ve model tarafından hesaplanan ozon konsantrasyonları. 11 Temmuz 1999.

Kadıköy Ölçüm İstasyonu 12 Temmuz 1999



Şekil 3.12 Kadıköy ölçüm istasyonunda gözlenen ve model tarafından hesaplanan ozon konsantrasyonları. 12 Temmuz 1999.

Gündüz saatlerindeki uyumluluk gecedekinden çok daha iyidir. Gözlenen değerler ile hesaplanan değerlerin karşılaştırılması için ortalama hata (D), ortalama karekök hata (RMSE), standart sapmaların oranı ($\sigma_{\text{mod}}/\sigma_{\text{göz}}$) ve korelasyon katsayıları Tablo 3.7’de verilmektedir. Aynı değerler gündüz saatleri için Tablo 3.8’de özetlenmiştir.

Tablo 3.7 Gözlenen ve hesaplanan ozon konsantrasyonlarına ait ortalama hata (D), ortalama karekök hata (RMSE), standart sapma oranları ($\sigma_{\text{mod}}/\sigma_{\text{göz}}$) ve korelasyon katsayıları ($r_{\text{mod,göz}}$).

Günler Temmuz 99	D (ppb)	(RMSE) (ppb)	$\sigma_{\text{mod}}/\sigma_{\text{göz}}$	$r_{\text{mod,göz}}$
Kadıköy				
10	0.393	3.832	1.165	0.85
11	4.190	8.105	1.233	0.53
12	2.580	7.615	1.580	0.44
Saraçhane				
10	-4.72	7.421	1.593	0.76
11	-2.59	9.510	1.024	0.45
12	-1.98	8.210	2.776	0.41

Tablo 3.8 Gündüz saatleri için gözlenen ve hesaplanan ozon konsantrasyonlarına ait ortalama karekök hata, standart sapma oranları ve korelasyon katsayıları.

Günler Temmuz 99	(RMSE) (ppb)	$\sigma_{\text{mod}}/\sigma_{\text{göz}}$	$r_{\text{mod,göz}}$
Kadıköy			
10	2.420	0.932	0.93
11	3.570	1.017	0.89
12	3.071	1.168	0.90
Saraçhane			
10	6.872	1.293	0.89
11	6.225	0.763	0.89
12	7.404	2.166	0.92

EPA'nın bu tür modellemelerde kabul edilebilir benzeştirmeler için koyduğu istatistik ölçütlerden önemli üç tanesi *UAPC* (Unpaired Accuracy of Peak Concentration), *MRE* (Mean Relative Error) ve *MURE* (Mean Unsigned Relative Error) dir. EPA talimatlarına göre kabul edilebilir benzeştirmeler için *UAPC* % ± 20 , *MRE* % ± 15 aralığında olmalı ve *MURE* %30'dan küçük olmalıdır (Ziomas ve diğ., 1997; Jiang ve diğ., 1998; Wagner, 1995). Bu ölçütler şöyle tanımlanmaktadır;

$$UAPC = \frac{G_{\max} - M_{\max}}{G_{\max}} \quad (3.7)$$

$$MRE = \frac{\sum_{i=0}^N (G_i - M_i) / G_i}{N} \quad (3.8)$$

$$MURE = \frac{\sum_{i=0}^N |G_i - M_i| / G_i}{N} \quad (3.9)$$

Burada $G_{\max}$, $S_{\max}$ zaman ve yere bakılmaksızın bütün gözlem yerlerinde gözlenen ve hesaplanan en yüksek konsantrasyonlardır. G_i , gözlem konsantrasyonunun verilen bir kesme değerini aştığı i 'inci gözlem, M_i gözlem değerine karşılık gelen hesaplama değeri ve N gözlenen saatlik değerlerin kesme değerini aşma sayısıdır. Kesme değeri 20 ppb seçilerek hesaplanan değerler Tablo 3.9'da verilmiştir. Model bölgesindeki gözlemler maksimum değerleri yakalayamadığı için UAPC değerlerinin bir anlamı yoktur. Bununla beraber üçüncü gün MRE sınırının az miktarda aşılması dışında, bütün değerler kabul edilir sınırlar içinde kalmaktadır.

Tablo 3.9 Kirlilik modeline ait UAPC, MRE ve MURE değerleri

Günler Temmuz 99	UAPC	MRE (20 ppb'lik kesme değeri için)	MURE
10	-0.041	0.030	0.097
11	-0.039	0.098	0.182
12	-0.092	0.182	0.206

4. DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında şehir ortamında fotokimyasal kirliliğin alan ve zamana göre dağılımını belirlemek üzere üç boyutlu Eulerian fotokimyasal simülasyon modeli kullanılmıştır. Bu amaçla şehir alanları için ozon hava kalitesi planları geliştirmek üzere en iyi araçlardan biri olan UAM-V uygulanmıştır.

Tez çalışmasına göre İstanbul'da iki şehir merkezli istasyon gözönüne alınarak yapılan değerlendirme sonucunda üretilen ozon seviyeleri episod niteliği taşımamaktadır. Ancak şehirde araç sayısının giderek artması ve uygun meteorolojik şartların ortaya çıkması halinde bu potansiyel yükselebilecek ve episod niteliğinde seviyeler yaşanabilecektir. Meteorolojik model iyi bir performans göstermiştir. Kirlilik modeli, mevcut gözlem verisine göre EPA'nın kabul edilir sınırları içinde değerler üretmektedir. İzleme istasyonlarında ölçülen ozon değerlerinin Temmuz ayında tipik olduğu günler için, rüzgar alanı kuzey-kuzeydoğulu ise; yüzey ozon konsantrasyonları termal sirkülasyonun yapısına göre iki bölgede yoğunlaşmakta ve model bölgesinin dışına taşmaktadır. Yukarıda sözü edilen tipik günler için gündüz saatlerinde şehir içi ozon konsantrasyonlarının rüzgar altındaki kırsal bölge konsantrasyonlarının yarısı ile üçte biri mertebesinde olduğu söylenebilir. Bu bakımdan bu tip günler için güney Marmara bölgesindeki rüzgar altı kırsal bölge ozon konsantrasyonları daha çok önem arz etmektedir. Örneğin Florya ve güneyi meydana gelen sirkülasyonlar nedeniyle yüksek ozon potansiyeli taşımaktadır. Gece saatlerinde şehir üzerinde ozon hemen hemen yok olmaktadır.

4.1 Model Kısıtlamaları

Modelde emisyon kaynağı olarak endüstri ve konutlar değerlendirmeye alınmamış, sadece trafik kaynakları göz önüne alınmıştır. Bunlar arasında ise LPG (Likit Petrol Gazı) kullanan araçlar ve lokal yollardaki aktiviteler değerlendirmeye alınmamıştır.

Bunun yanı sıra bölgede etkin bir kaynağa sahip olan havayolu taşımacılığında yüksek emisyonlara sahip olan uçak egzostları da değerlendirme dışı bırakılmıştır.

4.2 Öneriler

Bu çalışma ışığında konuyla ilgili ileriye yönelik model uygulamaları ve araştırmalar için aşağıdaki öneriler sıralanabilir;

-Modelin meteorolojik modülü için hidrostatik olmayan MM5 (The Fifth-Generation NCAR/Penn State Mesoscale Model) benzeri bir model kullanılarak meteorolojik alanların hassasiyetinin artırılması sağlanmalı,

-Model bölgesi genişletilerek Marmara'nın güney ve batı bölgeleri de katılmalı,

-Meteoroloji ve hava kalitesi için yaygın gözlem ağı gerçekleştirilmeli,

-Bölgesel meteorolojik model en az 12 saatlik sınır koşullarıyla zorlanmalı,

-Lokal sirkülasyonlar ayrıntılı olarak incelenmeli,

-Yaygın izleme ağı vasıtası ile bölgesel hava kalitesi koşulları belirlenmeli,

-Yıllık araç emisyonları kontrollerinde kilometre birikim bilgisi ve taşıt cinsi bilgileri de ilave edilmeli,

-Şehir ve bölge ölçeğinde emisyon envanterleri elde edilmeli. Emisyon projeksiyonları için kural ve yöntemler belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

- Alp, K., Başsarı, A., Çitil, E., Akyüz, T., 1999.** İstanbul Sötlüce'deki Beyoğlu Adliye Sarayı Üzerinde Trafik Kaynaklı Kirlenmenin İncelenmesi, *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, Eylül 27-29.
- André, J.C., DeMoor, G., Lacarrère, P., Therry, G. and duVachat, R., 1978.** Modeling the 24-Hour Evolution of the Mean and Turbulent Structures of the Planetary Boundary Layer, *J. Atmos. Sci.*, **35**, 1861-1883.
- Anteplioglu, Ü., 1982.** Toprak Sıcaklığı Analizleri ve Isı Akısı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- APK Daire Başkanlığı, 1999.** Ümraniye İlçesi Çakmak Mahallesi Mithatpaşa Caddesi ve 23 Nisan Caddeleri 25-26 Kasım 1999 Trafik Sayımları, Dahili Rapor, İstanbul.
- Arritt, R.W., 1985.** Numerical Studies of Thermally and Mechanically Forced Circulations over Complex Terrain, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Ashmore, M.R. and Davison, A.W., 1996.** Towards a Critical Level of Ozone for Natural Vegetation, *Critical Levels for Ozone in Europe: Testing and Finalizing the Concepts, UN-ECE Workshop Report*, University of Kuopio.
- Atwater, M.A. and Brown, P., 1974.** Numerical Calculation of the Latitudinal Variation of Solar Radiation for an Atmosphere of Varying Opacity, *J. Appl. Meteorol.*, **13**, 289-297.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1998.** İstanbul Büyükşehir Belediyesi Halka açık rapor, İstanbul.
- Blackadar, A.K., 1979.** High Resolution Models of the Planetary Boundary Layer, *Adv. Env. Sci. Engr.*, **1**, 50-85.
- Bornstein, R., Pechinger, U., Miller, R., Klotz, S., Street, R., 1987.** Modeling the Polluted Coastal Urban Environment, **EPRI EA-5091 Vol. 1, RP1630-13**, CA.
- Businger, J.A., Wyngaard, J.C., Izumi, Y. and Bradley, E.F., 1971.** Flux-Profile Relationships in the Atmospheric Surface Layer, *J. Atmos. Sci.*, **28**, 181-189.

- COLA/IGES**, 1999. Medium Range Forecasts for Europe, *Sea Level Pressures-1000-500 mb thickness Analysis*, Calverton, MD.
- Deardorff, J.W.**, 1974. Three-Dimensional Numerical Study of the Height and Mean Structure of a Heated Planetary Boundary Layer, *Boundary-Layer Meteorol.*, **7**, 81-106.
- Decker, S., Suhrbier, J., Rhoades, K., Weinblat, H., Brooks, G., Dickson, E.**, 1996. Use of Locality-Specific Transportation Data for the Development of Mobile Source Emission Inventories, *EPA Office of Mobile Sources Final Report*, MI.
- Dodge, M.C.**, 1989. A Comparison of Three Photochemical Oxidant Mechanisms, *J. Geophys. Res.*, **94**, 5121-5136.
- Douglas, S.G., Lolk, N.K. and Mitsutomi, S.**, 1995. Meteorological Modeling to Support Urban and Regional Photochemical Modeling of Los Angeles, Sacramento and the Texas-Louisiana Gulf Coast, Regional Photochemical Measurement and Modelling Studies, *Transactions of an International Specialty Conference* San Diego CA, November 1993.
- EPA**, 1999. Handbook for Criteria Pollutant Inventory Development: A Beginner's Guide for Point and Area Sources, *Office of Air Quality Planning and Standards*, **EPA-454/R-99-037**, North Carolina.
- EPA**, 1994. User's Guide to Mobile5 (Mobile Source Emission Factor Model), **EPA-AA-TEB-94-01**, MI.
- EPA**, 1999. AIRS User's Guide, AF2: AFS Data Coding Version 2.4, NC.
- Fehsenfeld, F.C., Bollinger, M.J., Liu, S.C., Parrish, D.D., McFarland, M., Trainer, M., Kley, D., Murphy, P.C. and Albritton, D.L.**, 1983. A Study of Ozone in the Colorado Mountains, *J. Atmos. Chem.*, **1**, 87-105.
- Fishman, J., Ramanathan, V., Crutzen, P.J., Liu, S.C.**, 1979. Tropospheric Ozone and Climate, *Nature*, **282**, 818-820.
- Fuhrer, J.**, 1996. The Critical Level for Effects of Ozone on Crops, and the Transfer to Mapping, *Critical Levels for Ozone in Europe: Testing and Finalizing the Concepts*, *UN-ECE Workshop Report*, University of Kuopio.
- 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.

- Gery, M.W., Whitten, G.Z. and Killus, J.P., 1988.** Development and Testing of the CBM-IV for Urban and Regional Modeling, *EPA, SYSAPP-88/002*, San Rafael, California.
- Gray, D.D. and Giorgini, A., 1976.** The Validity of the Boussinesq Approximation for Liquids and Gases, *Int. J. Heat and Mass Trans.*, **19**, 545-551.
- Gray, H.A., Ligocki, M.P., Moore, G.E., Emery, C.A., Kessler, R.C., Cohen, J.P., Chang, C.C., Balestrini, S.I., Douglas, S.G., Schulhof, R.R., Killus, J.P. and Burton, C.S., 1991.** Deterministic Modeling in the Navajo Generating Station Visibility Study, *SYSAPP-91/045*, Systems Applications Int., San Rafael, California.
- Güsten, H., Heinrich, G., Cuitas, T., Klasinc, L., Ruscic, B., Lalas, D.P., Petrakis, M., 1988.** Photochemical Formation and Transport of Ozone in Athens, Greece, *Atmospheric Environment*, **22**, 1835-1861.
- İncecik, S. and Thomson W. D., 1995.** Surface Ozone at a Rural Site in the Nittany Valley, PA, Regional Photochemical Measurement and Modelling Studies, *Transactions of an International Specialty Conference* San Diego CA, November 1993.
- İncecik, S., Palamutçu, B. and Karsan, H., 1989.** An Investigation of Mesoscale Wind Characteristics in İstanbul, Turkey, *XIV. General Assembly European Geophysical Society*, Barcelona, Spain, March 13-17.
- Jiang, W., Hedley, M. and Singleton, D., 1998.** Comparison of the MC2/CALGRID and SAIMM/UAM-V Photochemical Modelling Systems in the Lower Fraser Valley, British Columbia, *Atmospheric Environment*, **32**, 2969-2980.
- Kondratyev, K., 1969.** Radiation in the Atmosphere, Academic Press, USA.
- Lefohn, A.S., Laurence, J.A. and Kohut, R.J., 1988.** A Comparison of Indices that Describe the Relationship between Exposure to Ozone and Reduction in the Yield of Agricultural Crops, *Atmospheric Environment*, **22**, 1229-1240.
- Louis, J.F., 1979.** Parametric Model of Vertical Eddy Fluxes in the Atmosphere, *Boundary Layer Meteorology*, **17**, 187-202.
- Lu, R., 1994,** Development of an Integrated Air Pollution Modeling System and Simulations of Ozone Distributions Over Los Angeles Basin, *PhD Thesis*, University of California, CA.
- Kanbour, F.I., Faiq, S.Y., Al-Taie, A., Kitto, A.M.N., Bader, N., 1987.** Variation of Ozone Concentrations in the Ambient Air of Baghdad, *Atmospheric Environment*, **21**, 2673-2679.
- Mahrer, Y. and Pielke, R.A., 1977.** A Numerical Study of the Air Flow over Irregular Terrain, *Contr. Atmos. Phys.*, **50**, 98-113.

- Mahrer, Y. and Pielke, R.A., 1978.** A Test of an Upstream Spline Interpolation Technique for the Advective Terms in a Numerical Mesoscale Model., *Mon. Wea. Rev.*, **106**, 818-830.
- McDonald, J., 1960.** Direct Absorption of Solar Radiation by Atmospheric Water Vapor, *J. Meteorol.*, **17**, 319-328.
- McNider, R.T. and Pielke, R.A., 1981.** Diurnal Boundary Layer Development over Sloping Terrain, *J. Atmos. Sci.*, **38**, 2198-2212.
- O'Brien, J.J., 1970.** A Note on the Vertical Structure of the Eddy Exchange Coefficient in the Planetary Boundary Layer, *J. Atmos. Sci.*, **27**, 1213-1215.
- Oke, T.R., 1978.** Boundary Layer Climates. Methuen & Co Ltd. London.
- Orlanski, I., 1981.** The Quasi Hydrostatic Approximation, *J. Atmos. Sci.*, **38**, 572-582.
- Panofsky, H.A., Blackadar, A.K. and McVehil, G.E., 1960.** The Diabatic Wind Profile, *J. Roy. Met. Soc.*, **86**, 390-398.
- Parrish, D.D., Fahey, D.W., Williams, E.J., Liu, S.C., Trainer, M., Murphy, P.C., Albritton, D.L., Fehsenfeld, F.C., 1986.** Background Ozone and Antropogenic Ozone Enhancement at Niwot Ridge Colorado, *J. Atmos. Chem.*, **4**, 63-80.
- Pielke, R.A., 1974.** A Three-Dimensional Numerical Model of the Sea Breeze over South Florida, *Mon. Weather Rev.*, **102**, 115-139.
- Pielke, R.A., 1984.** Mesoscale Meteorological Modelling, Academic Press, USA.
- Pielke, R.A. and Martin, C.L., 1981.** The Derivation of a Terrain Following Coordinate System for Use in a Hydrostatic Model, *J. Atmos. Sci.*, **38**, 1707-1713.
- Pleijel, H., 1996.** Statistical Aspects of Critical Levels for Ozone Based on Yield Reductions in Crops, *Critical Levels for Ozone in Europe: Testing and Finalizing the Concepts, UN-ECE Workshop Report*, University of Kuopio.
- SAI, 1996.** User's Guide to the Variable-Grid Urban Airshed Model (UAM-V), **SYSAPP-96-95/27r**, Systems Applications Int., San Rafael, California.
- SAI, 1992.** User's Guide for the Urban Airshed Model, Vol. IV: Emissions Preprocessor System (Version 2.0), **EPA-450/4-90-007D(R)**, NC.
- Sasamori, T., 1972.** A Linear Harmonic Analysis of Atmospheric Motion with Radiative Dissipation, *J. Met. Soc. Japan*, **50**, 505-517.

- Seinfeld, J.H. and Pandis, S.N., 1998.** Atmospheric Chemistry and Physics. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Shir, C.C. and Bornstein, R., 1977.** Eddy Exchange Coefficients in Numerical Models of the Planetary Boundary Layers, *Boundary-Layer Meteorol.*, **11**, 171-185.
- Slinn, W.G.N., Hasse, L., Hicks, B.B., Hogan, A.W., Lal, D., Liss, P.S., Munnich, K.O., Sehmel, G.A. and Vittori, O., 1978.** Some Aspects of the Transfer of Atmospheric Trace Constituents Past the Air-Sea Interface, *Atmospheric Environment*, **14**, 1013-1016.
- Smagorinsky, J., 1963.** General Circulation Experiments with the Primitive Equations: I. The Basic Experiment, *Monthly Weather Review*, **91**, 99-164.
- Smolarkiewicz, P.K., 1983.** A Simple Positive Definite Advection Scheme with Small Implicit Diffusion, *Monthly Weather Review*, **111**, 479-486.
- Soyhan, B., Demir, G., Barlas, H., Bayat, C., 1999.** İstanbul E5 Karayolundaki Trafikten Kaynaklanan Ağır Metal Kirlenmesi, *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, Eylül 27-29.
- Steinberger, E.H. and Levy, R., 1984.** Diurnal Variation of Non-Urban Ozone concentrations in Israel, *Proceedings of the Ozone Symposium, Greece*, 803-807.
- Sun, W.Y. and Chang, C.Z., 1986.** Diffusion Model for a Convective Layer, Part I: Numerical Simulation of Convective Boundary Layer, *J. Climate Appl. Meteor.*, **25**, 1445-1453.
- Therry, G. and Lacarrère, P., 1983.** Improving the Eddy Kinetic Energy Model for Planetary Boundary Layer Description, *Boundary-Layer Meteorol.*, **20**, 515-531.
- Tremback, C. and Kessler, R.C., 1985.** A Surface Temperature and Moisture Parameterization for use in Mesoscale Numerical Models, *Proceedings of the Seventh Conference on Numerical Weather Prediction*, Montreal, Quebec, Canada, June 17-20.
- Tseng, M.H.Y. and Wu, J.C.S., 1995.** Influence of Emission Reduction to Ozone Air Quality in Central Taiwan, Regional Photochemical Measurement and Modelling Studies, *Transactions of an International Specialty Conference* San Diego CA, November 1993.
- Tünay, O., Soruşbay, C. ve Alp, K., 1990.** İstanbul'da Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Hava Kirlenmesi Cilt II: Hava Kirlenmesinin Değerlendirilmesi, Otosan A.Ş. ve Tofaş Oto Ticaret A.Ş., İstanbul.
- Ulrickson, B.L., 1988.** Mesoscale Circulations in the Los Angeles Basin: A Numerical Model Study, *PhD Thesis*, University of Washington, Seattle, Washington.

- Wagner, K.K.**, 1995. Procedural Influences on Photochemical Model Performance Evaluation Results, Regional Photochemical Measurement and Modelling Studies, *Transactions of an International Specialty Conference* San Diego CA, November 1993.
- Wakamatsu, S., Uno, I., Ohara, T., Schere, K.L.**, 1997. A Study of the Relationship between Photochemical Ozone and its Precursor Emissions of Nitrogen Oxides and Hydrocarbons in Tokyo and Surrounding areas, *Atmospheric Environment*, **33**, 3097-3108.
- Wesely, M.L.**, 1989. Parameterization of Surface Resistances to Gaseous Dry Deposition in Regional-Scale Numerical Models, *Atmospheric Environment*, **23**, 1293-1304.
- WHO**, 1999. Urban Traffic Pollution, E & FN SPON, London and New York.
- Ziomas, I.C., Tzoumaka, P., Balis, D., Melas, D., Zerefos, C.S. and Klemm, O.**, 1998. Ozone Episodes in Athens, Greece, A Modelling Approach Using Data From the Medcaphot-Trace, *Atmospheric Environment*, **32**, 2313-2321.



EKA



Tablo A.1. Şehir Atmosfer Modeli'nde kullanılan Karbon Bağı Mekanizması (SAI, 1996).

Reaksiyon		Hız katsayısı @ 298 °K (ppm ⁿ min ⁻¹)	E/R (°K)
1	NO ₂ → NO + O	Radyasyon bağımlı	
2	O → O ₃	4,323,000	-1175
3	O ₃ + NO → NO ₂	26.64	1370
4	O + NO ₂ → NO	13,750	0
5	O + NO ₂ → NO ₃	2309	-687
6	O + NO → NO ₂	2438	-602
7	NO ₂ + O ₃ → NO ₃	0.04731	2450
8	O ₃ → O	0.053 × k ₁	
9	O ₃ → O ₁ D	Radyasyon bağımlı	
10	O ₁ D → O	424,600	-390
11	O ₁ D + H ₂ O → 2 OH	3.26	0
12	O ₃ + OH → HO ₂	100	940
13	O ₃ + HO ₂ → OH	3	580
14	NO ₃ → 0.89 NO ₂ + 0.89 O + 0.11 NO	33.9 × k ₁	
15	NO ₃ + NO → 2 NO ₂	44,160	-250
16	NO ₃ + NO ₂ → NO + NO ₂	0.5901	1230
17	NO ₃ + NO ₂ → N ₂ O ₅	1853	-256
18	N ₂ O ₅ + H ₂ O → 2 HNO ₃	1.9 × 10 ⁻⁶	0
19	N ₂ O ₅ → NO ₃ + NO ₂	2.776	10,900
20	NO + NO → 2 NO ₂	0.00015	-530
21	NO + NO ₂ + H ₂ O → 2 HONO	3.0 × 10 ⁻⁸	6342
22	NO + OH → HONO	9799	-806
23	HONO → NO + OH	0.1975 × k ₁	
24	HONO + OH → NO ₂	9770	0
25	HONO + HONO → NO + NO ₂	0.00002	0
26	NO ₂ + OH → HNO ₃	16,820	-713
27	HNO ₃ + OH → NO ₃	217.9	-1000
28	NO + HO ₂ → OH + NO ₂	12,270	-240
29	NO ₂ + HO ₂ → PNA	2025	-749
30	PNA → HO ₂ + NO ₂	5.115	10,121
31	PNA + OH → NO ₂	6833	-380
32	HO ₂ + HO ₂ → H ₂ O ₂	4144	-1150
33	HO ₂ + HO ₂ + H ₂ O → H ₂ O ₂	0.2181	-5800
34	H ₂ O ₂ → 2 OH	0.255 × k ₃₉	
35	H ₂ O ₂ + OH → HO ₂	2520	187
36	CO + OH → HO ₂	322	0
Devamı arka sayfada...			

TABLO A.1. Devamı.

Reaksiyon		Hız katsayısı @ 298 °K (ppm ⁻ⁿ min ⁻¹)	E/R (°K)
37	FORM + OH → HO ₂ + CO	15,000	0
38	FORM → 2 HO ₂ + CO	Radyasyon bağımlı	
39	FORM → CO	Radyasyon bağımlı	
40	FORM + O → OH + HO ₂ + CO	237	1550
41	FORM + NO ₃ → HNO ₃ + HO ₂ + CO	0.93	0
42	ALD ₂ + O → C ₂ O ₃ + OH	636	986
43	ALD ₂ + OH → C ₂ O ₃	24,000	-250
44	ALD ₂ + NO ₃ → C ₂ O ₃ + HNO ₃	3.7	0
45	ALD ₂ → FORM + 2 HO ₂ + CO + XO ₂	Radyasyon bağımlı	
46	C ₂ O ₃ + NO → FORM + NO ₂ + HO ₂ + XO ₂	28,200	180
47	C ₂ O ₃ + NO ₂ → PAN	13,700	-380
48	PAN → C ₂ O ₃ + NO ₂	0.0254	13,500
49	C ₂ O ₃ + C ₂ O ₃ → 2 FORM + 2 XO ₂ + 2 HO ₂	3700	0
50	C ₂ O ₃ + HO ₂ → 0.79 FORM + 0.79 XO ₂ + 0.79 HO ₂ + 0.79 OH	9600	0
51	OH → FORM + XO ₂ + HO ₂	21°	1710
52	PAR + OH → 0.87 XO ₂ + 0.13 XO ₂ N + 0.11 HO ₂ + 0.11 ALD ₂ - 0.11 PAR + 0.76 ROR	1203	0
53	ROR → 0.96 XO ₂ + 1.1 ALD ₂ + 0.94 HO ₂ - 2.1 PAR + 0.04 XO ₂ N + 0.02 ROR	137,100	8000
54	ROR → HO ₂	95,440	0
55	ROR + NO ₂ →	22,000	0
56	OLE + O → 0.63 ALD ₂ + 0.38 HO ₂ + 0.28 XO ₂ + 0.3 CO + 0.2 FORM + 0.02 XO ₂ N + 0.22 PAR + 0.2 OH	5920	324
57	OLE + OH → FORM + ALD ₂ -PAR + XO ₂ + HO ₂	42,000	-504
58	OLE + O ₃ → 0.5 ALD ₂ + 0.74 FORM + 0.22 XO ₂ + 0.1 OH + 0.33 CO + 0.44 HO ₂ - PAR	0.018	2105
59	OLE + NO ₃ → 0.91 XO ₂ + FORM + 0.09 XO ₂ N + ALD ₂ + NO ₂ - PAR	11.35	0
60	ETH + O → FORM + 1.7 HO ₂ + CO + 0.7 XO ₂ + 0.3 OH	1080	792
61	ETH + OH → XO ₂ + 1.56 FORM + 0.22 ALD ₂ + HO ₂	11,920	-411
62	ETH + O ₃ → FORM + 0.42 CO + 0.12 HO ₂	0.0027	2633
63	TOL + OH → 0.44 HO ₂ + 0.08 XO ₂ + 0.36 CRES + 0.56 TO ₂	9150	-322
64	TO ₂ + NO → 0.9 NO ₂ + 0.9 HO ₂ + 0.9 OPEN	12,000	0
65	TO ₂ → CRES + HO ₂	250	0
66	CRES + OH → 0.4 CRO + 0.6 XO ₂ + 0.6 HO ₂ + 0.3 OPEN	61,000	0

Devamı arka sayfada...

Tablo A.1 Sonu.

Reaksiyon		Hız katsayısı @ 298 °K (ppm ⁻ⁿ min ⁻¹)	E/R (°K)
67	CRES + NO ₃ → CRO + HNO ₃	32,500	0
68	CRO + NO ₂ →	20,000	0
69	OPEN → C ₂ O ₃ + HO ₂ + CO	9.04 × k ₃₈	
70	OPEN + OH → XO ₂ + 2 CO + 2 HO ₂ + C ₂ O ₃ + FORM	44,000	0
71	OPEN + O ₃ → 0.03 ALD ₂ + 0.62 C ₂ O ₃ + 0.7 FORM + 0.03 XO ₂ + 0.69 CO + 0.08 OH + 0.76 HO ₂ + 0.2 MGLY	0.015	500
72	XYL + OH → 0.7 HO ₂ + 0.5 XO ₂ + 0.2 CRES + 0.8 MGLY + 1.1 PAR + 0.3 TO ₂	36,200	-116
73	MGLY + OH → XO ₂ + C ₂ O ₃	26,000	0
74	MGLY → C ₂ O ₃ + HO ₂ + CO	0.022 × k ₁	
75	ISOP + O → 0.75 ISPD + 0.50 FORM + 0.25 XO ₂ + 0.25 HO ₂ + 0.25 C ₂ O ₃ + 0.25 PAR	53,200	0
76	ISOP + OH → 0.912 ISPD + 0.629 FORM + 0.991 XO ₂ + 0.912 HO ₂ + 0.088 XO ₂ N	147,600	-407.6
77	ISOP + O ₃ → 0.65 ISPD + 0.60 FORM + 0.20 XO ₂ + 0.066 HO ₂ + 0.266 OH + 0.20 C ₂ O ₃ + 0.15 ALD ₂ + 0.35 PAR + 0.066 CO	0.019	1912
78	ISOP + NO ₃ → 0.20 ISPD + 1.0 XO ₂ + 0.80 HO ₂ + 0.20 NO ₂ + 0.80 ALD ₂ + 2.4 PAR	996	448
79	XO ₂ + NO → NO ₂	12,000	0
80	XO ₂ + XO ₂ →	2000	-1300
81	XO ₂ N + NO →	12,000	0
82	SO ₂ + OH → SULF + HO ₂	1110	-160
83	SO ₂ → SULF	0.00008	0
84	MEOH + OH → FORM + HO ₂	1600	0
85	ETOH + OH → HO ₂ + ALD ₂	1,363	380
86	XO ₂ + HO ₂ →	4,791	70
87	XO ₂ N + HO ₂ →	8,900	-1300
88	XO ₂ N + XO ₂ N →	2,000	-1300
89	XO ₂ N + XO ₂ →	4,000	-1300
90	ISPD + OH → 1.565 PAR + 0.167 FORM + 0.713 XO ₂ + 0.503 HO ₂ + 0.334 CO + 0.168 MGLY + 0.273 ALD ₂ + 0.498 C ₂ O ₃	49,660	0
91	ISPD + O ₃ → 0.114 C ₂ O ₃ + 0.15 FORM + 0.85 MGLY + 0.154 HO ₂ + 0.268 OH + 0.064 XO ₂ + 0.02 ALD ₂ + 0.36 PAR + 0.225 CO	0.0105	0
92	ISPD + NO ₃ → 0.357 ALD ₂ + 0.282 FORM + 1.282 PAR + 0.925 HO ₂ + 0.643 CO + 0.075 C ₂ O ₃ + 0.075 + 0.075 HNO ₃	1.478	0
93	ISPD → 0.333 CO + 0.067 ALD ₂ + 0.90 FORM + 0.832 PAR + 1.033 HO ₂ + 0.70 XO ₂ + 0.967 C ₂ O ₃	Radyasyon bağımlı	
94	ISOP + NO ₂ → 0.20 ISPD + 1.0 XO ₂ + 0.80 HO ₂ + 0.20 NO + 0.80 ALD ₂ + 2.4 PAR	0.00022	0

Tablo A.2. 1, 9, 38, 39, 45, ve 93 (sırasıyla J_{NO_2} , $J_{\text{O}_1\text{D}}$, J_{HCHO_r} , J_{HCHO_s} , J_{ALD_2r} , J_{Acrolein}) numaralı reaksiyonlar için temsili fotoliz değerleri (SAI, 1996). Değerler deniz seviyesinden 640 m yukarısı, 300 Dobson birimlik bir ozon sütunu, 0.05 lik bir yüzey albedosu ve atmosferik aerosollerin 0.2 lik dağılma ve saçılmaya sebep olduğu bir optik derinlik için hesaplanmıştır. † ISPD fotoliz değerlerinin hesabında kullanılır.

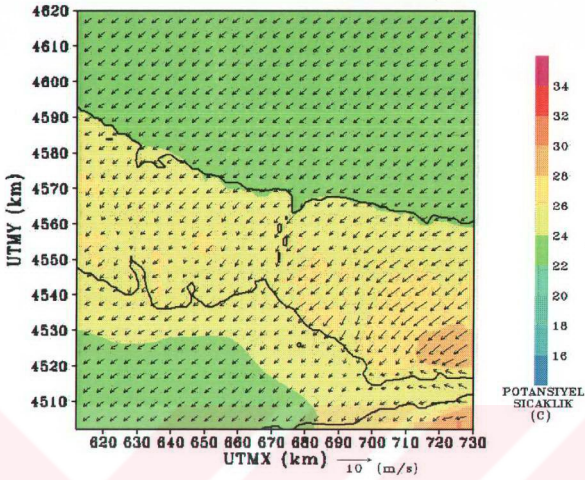
Güneş Zenit Açısı	Fotoliz Değeri (min^{-1})					
	J_{NO_2}	$J_{\text{O}_1\text{D}}$	J_{HCHO_r}	J_{HCHO_s}	J_{ALD_2r}	$J_{\text{Acrolein}}^\dagger$
0	5.699×10^{-1}	2.595×10^{-3}	2.129×10^{-3}	2.848×10^{-3}	3.818×10^{-4}	1.117×10^{-4}
10	5.654×10^{-1}	2.507×10^{-3}	2.097×10^{-3}	2.816×10^{-3}	3.731×10^{-4}	1.106×10^{-4}
20	5.516×10^{-1}	2.252×10^{-3}	1.999×10^{-3}	2.721×10^{-3}	3.476×10^{-4}	1.072×10^{-4}
30	5.276×10^{-1}	1.860×10^{-3}	1.834×10^{-3}	2.556×10^{-3}	3.064×10^{-4}	1.014×10^{-4}
40	4.913×10^{-1}	1.380×10^{-3}	1.601×10^{-3}	2.314×10^{-3}	2.518×10^{-4}	9.276×10^{-5}
50	4.393×10^{-1}	8.798×10^{-4}	1.299×10^{-3}	1.981×10^{-3}	1.874×10^{-4}	8.070×10^{-5}
60	3.654×10^{-1}	4.418×10^{-4}	9.335×10^{-4}	1.540×10^{-3}	1.191×10^{-4}	6.432×10^{-5}
70	2.597×10^{-1}	1.477×10^{-4}	5.278×10^{-4}	9.798×10^{-4}	5.668×10^{-5}	4.262×10^{-5}
78	1.476×10^{-1}	3.856×10^{-5}	2.248×10^{-4}	4.806×10^{-4}	2.017×10^{-5}	2.209×10^{-5}
86	4.393×10^{-2}	4.694×10^{-6}	3.916×10^{-5}	1.062×10^{-4}	2.844×10^{-6}	5.541×10^{-6}

EK B

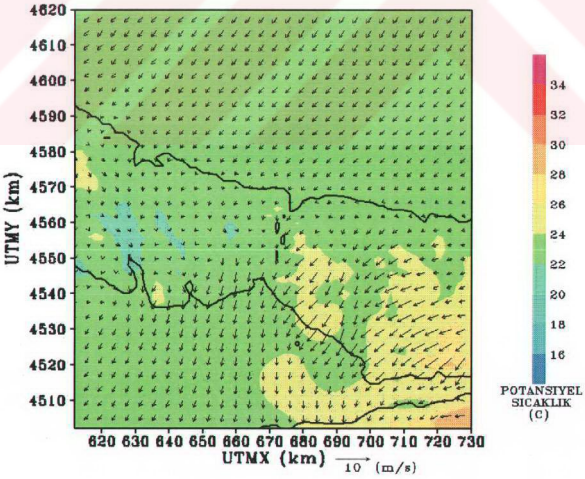


Tablo B.1 Modellerde kullanılan arazi örtüsü/kullanımı/sınıfı ve bunlara ait parametreler. Pürüz uzunluğu ve albedo değerleri SAI (1996)'den alınmıştır. Toprak parametreleri Anteplioğlu (1982) ve Oke (1978) tablolarının gözden geçirilmesi ile düzenlenmiştir.

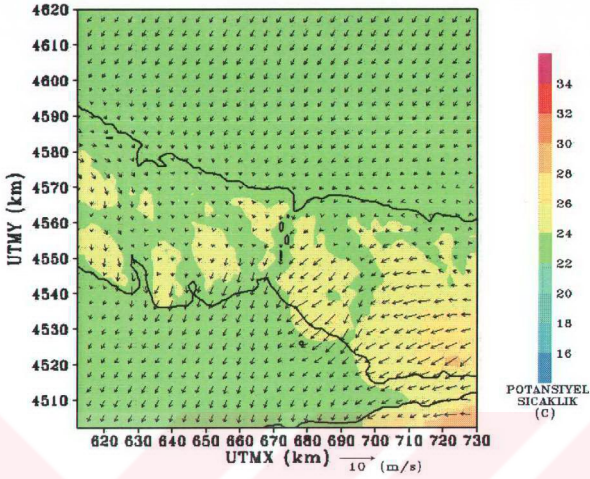
Arazi örtüsü/kullanımı/sınıfı	Pürüz uzunluğu (cm)	Albedo	TOPRAK			
			Özgül ısı (cal g ⁻¹ K ⁻¹)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Difüzivite (cm ² /s)	Nem
Şehir (1)	300	0.18	0.18	1.8	0.0060	0.05
Tarımsal (2)	25	0.20	0.18	1.8	0.0050	0.10
Düzlük (3)	5	0.21	0.18	1.8	0.0050	0.10
Dökülen yapraklı orman (4)	100	0.17	0.18	1.8	0.0050	0.10
İğne yapraklı orman (5)	100	0.12	0.18	1.8	0.0050	0.10
Karışık orman (6)	100	0.14	0.18	1.8	0.0050	0.10
Su (7)	0.01	0.08	-	-	-	-
Çıplak yüzey (8)	0.2	0.25	0.18	1.8	0.0050	0.10
Islak alan (orman harici) (9)	15	0.14	0.18	1.8	0.0050	0.10
Tarımsal arazi ve düzlük karışımı (10)	10	0.18	0.18	1.8	0.0050	0.10
Kayalık veya Alçak Çalılık (11)	10	0.20	0.18	1.8	0.0050	0.10



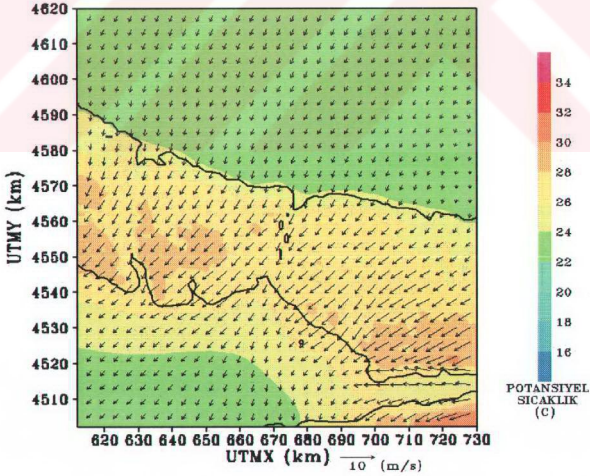
Şekil B.1 Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 03h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



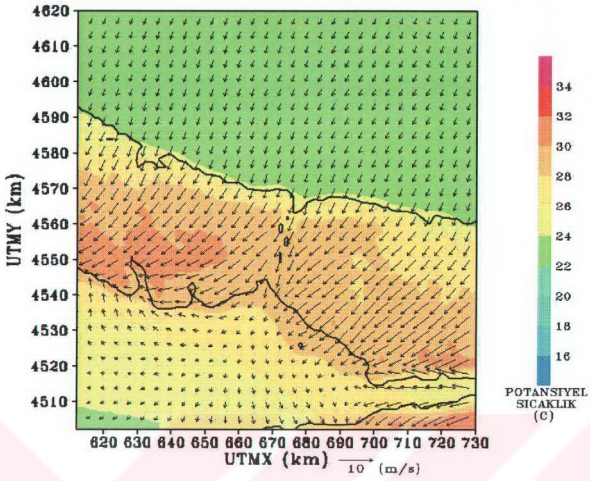
Şekil B.2 Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 05h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



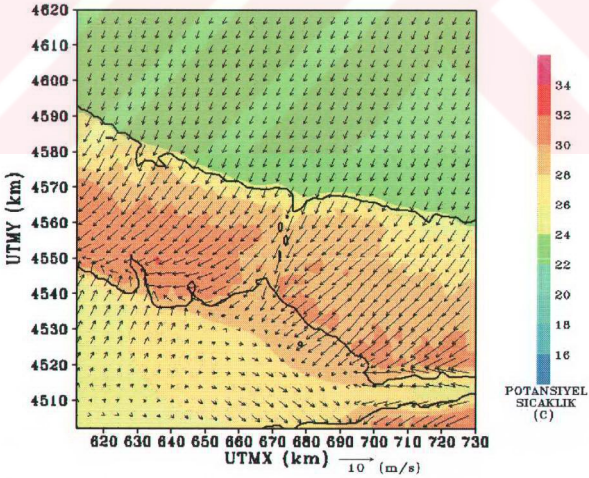
Şekil B.3 Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 07h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



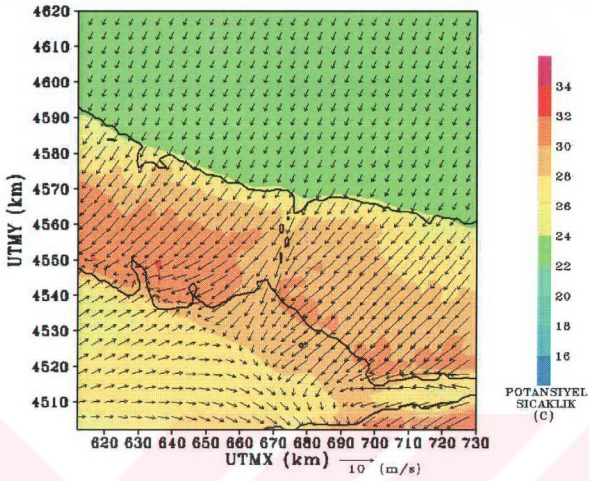
Şekil B.4 Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 09h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



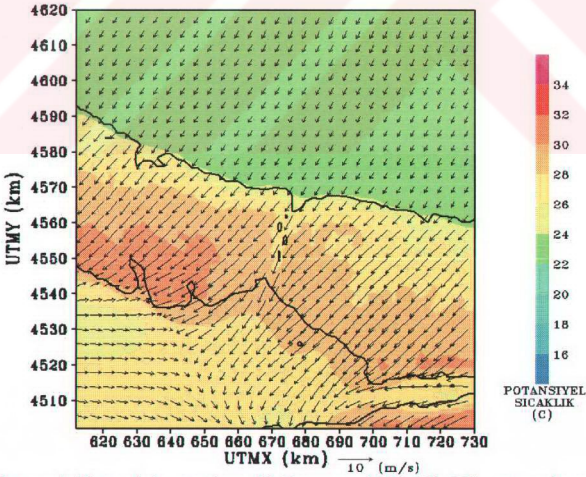
Şekil B.5 Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 11h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



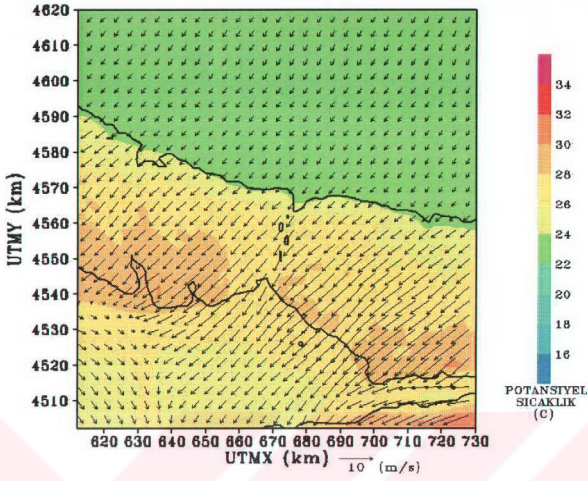
Şekil B.6 Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 13h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



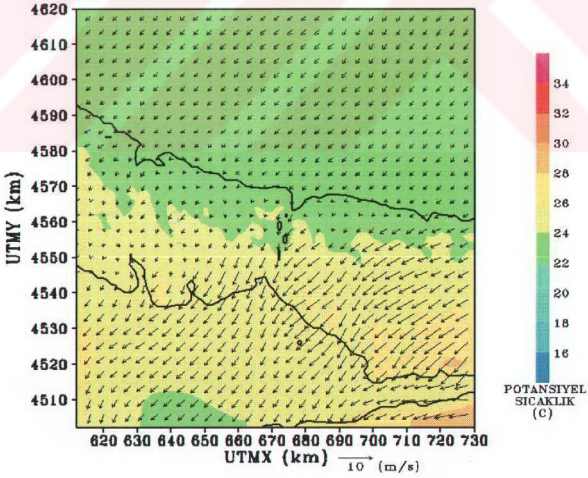
Şekil B.7 Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 15h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



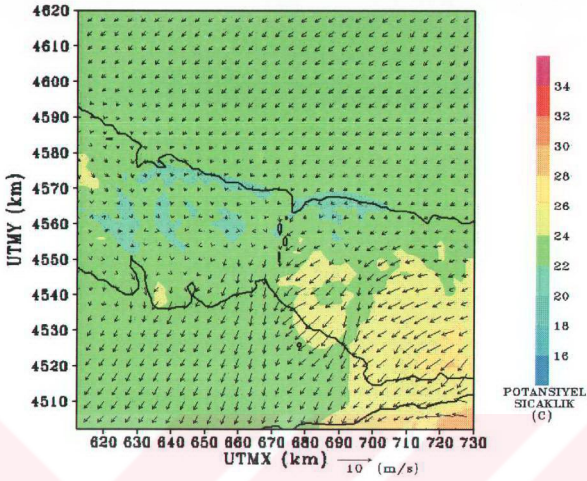
Şekil B.8 Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 17h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



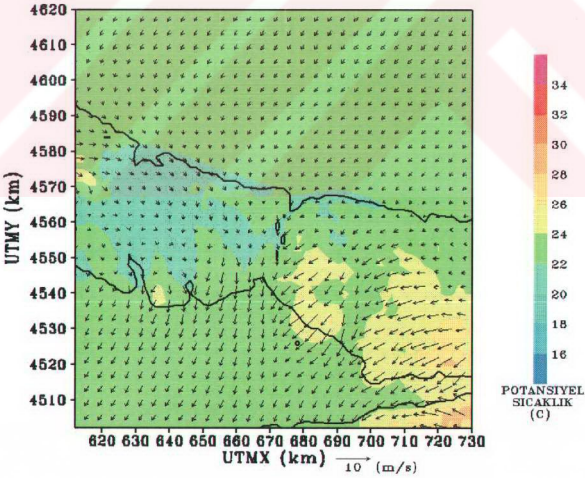
Şekil B.9 Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 19h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



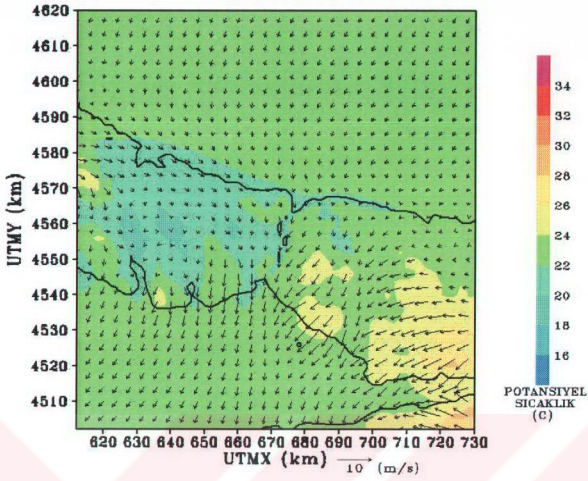
Şekil B.10 Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 21h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



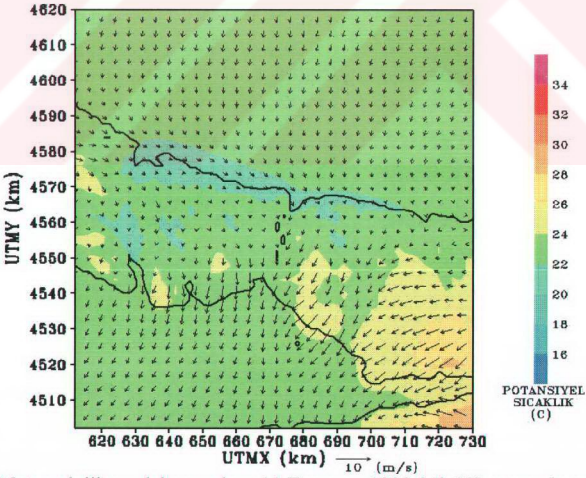
Şekil B.11 Meteorolojik model sonuçları. 10 Temmuz 1999 23h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



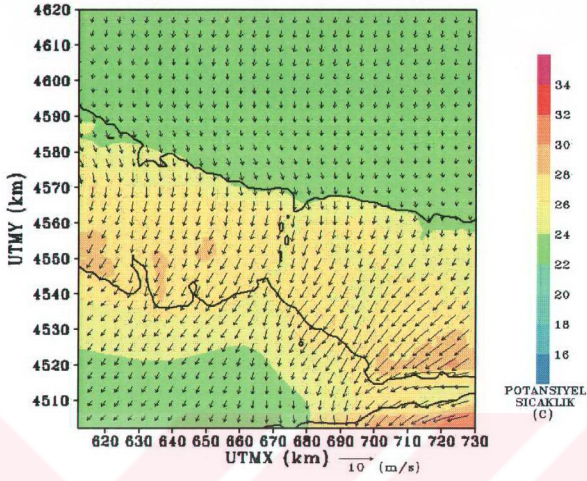
Şekil B.12 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 01h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



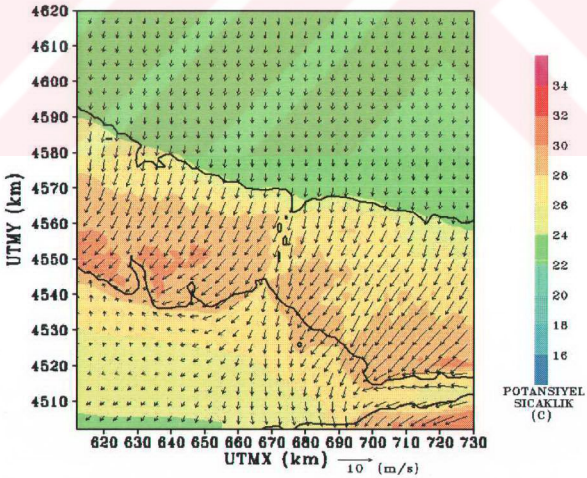
Şekil B.13 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 03h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



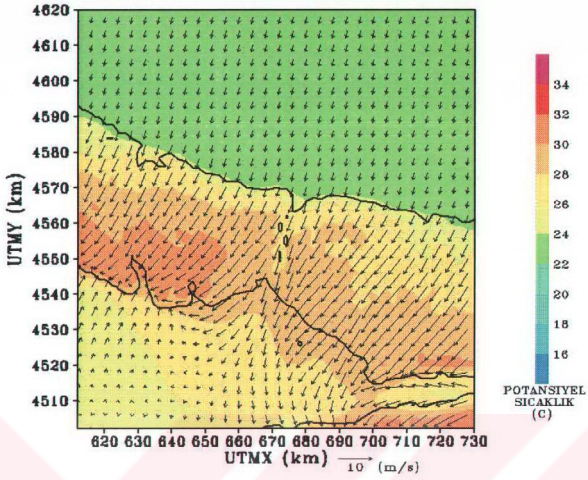
Şekil B.14 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 05h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



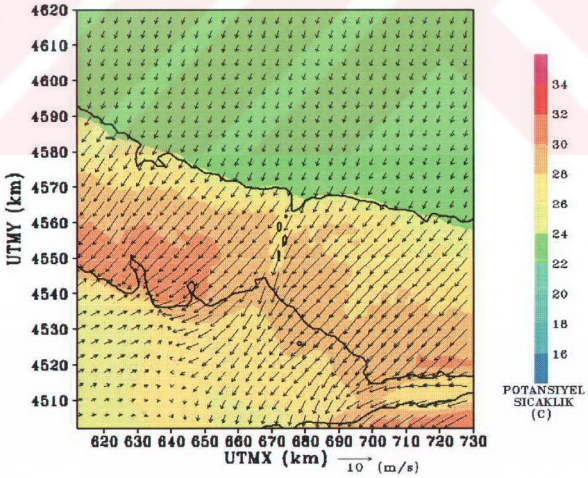
Şekil B.15 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 07h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



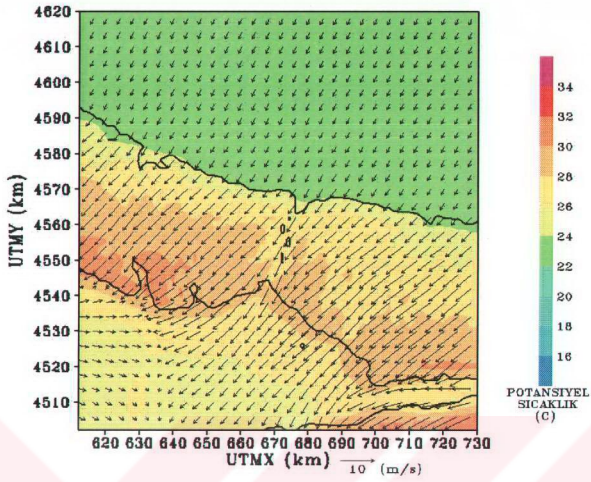
Şekil B.16 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 09h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



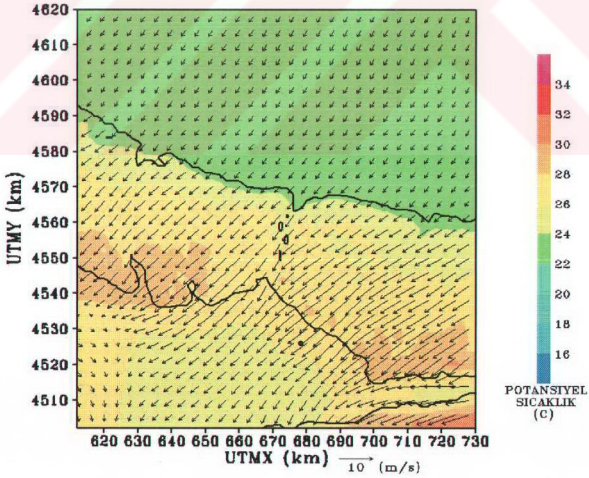
Şekil B.17 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 11h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



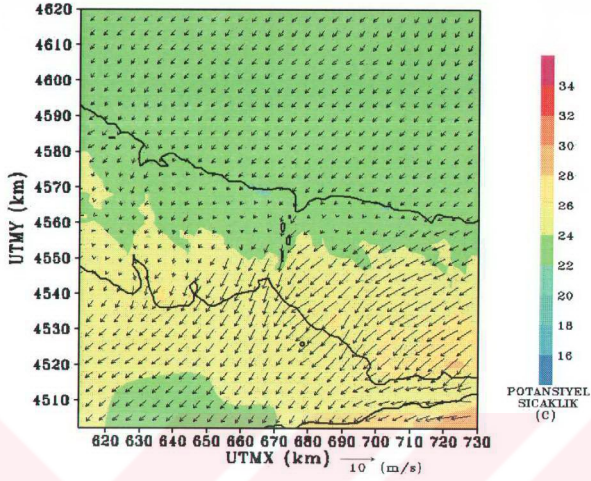
Şekil B.18 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 13h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



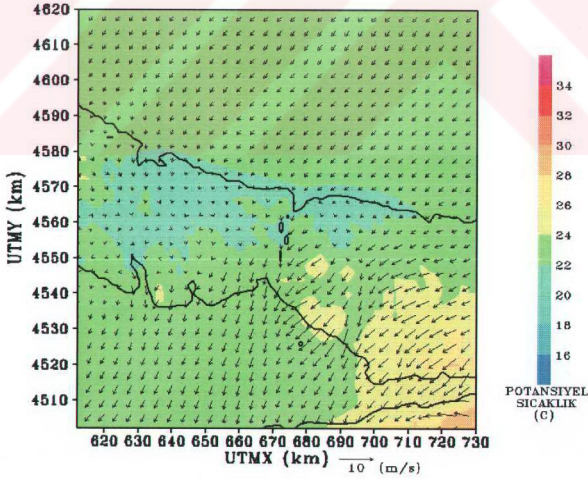
Şekil B.19 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 15h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



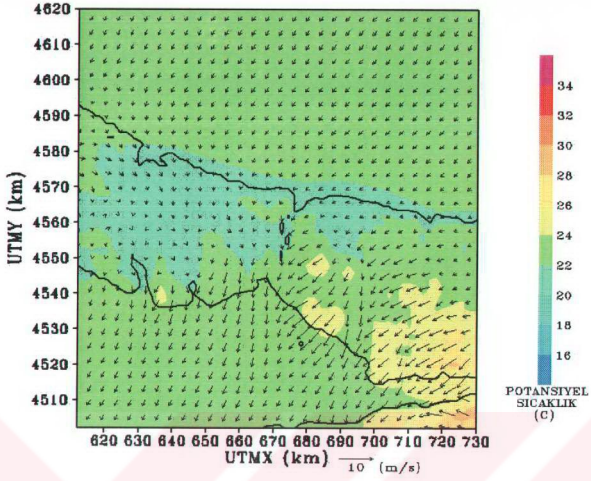
Şekil B.20 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 17h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



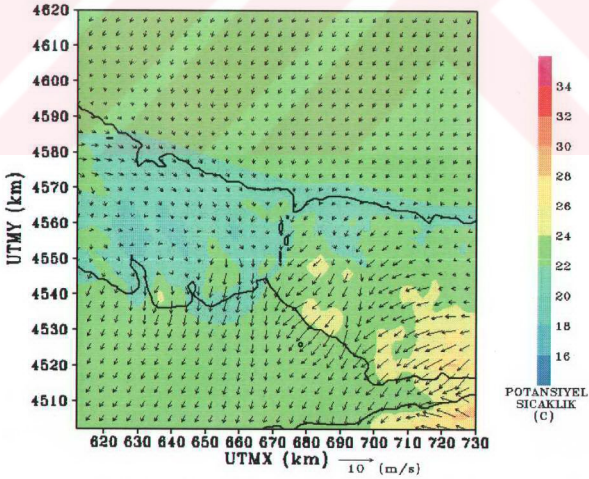
Şekil B.21 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 19h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



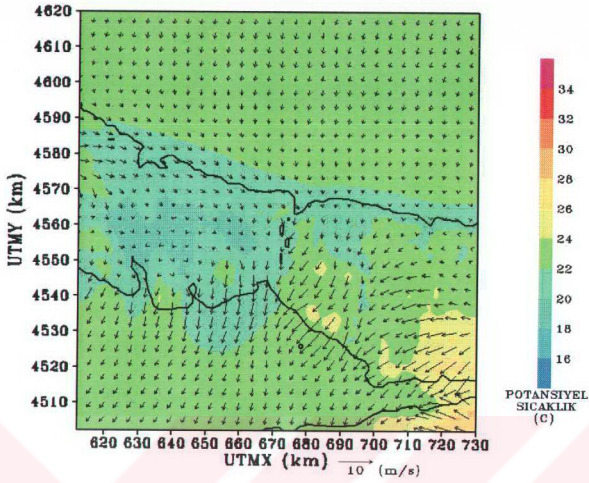
Şekil B.22 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 21h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



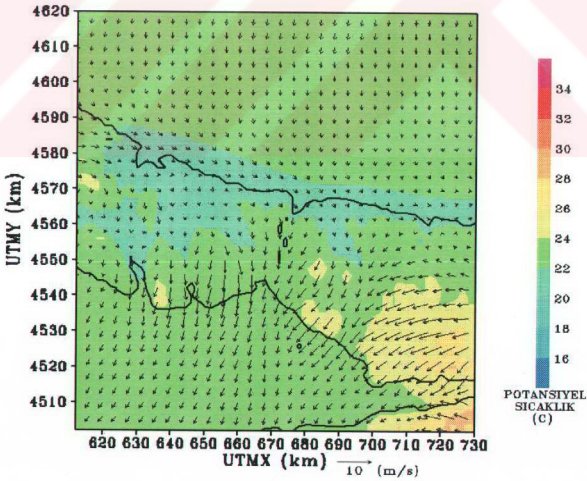
Şekil B.23 Meteorolojik model sonuçları. 11 Temmuz 1999 23h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



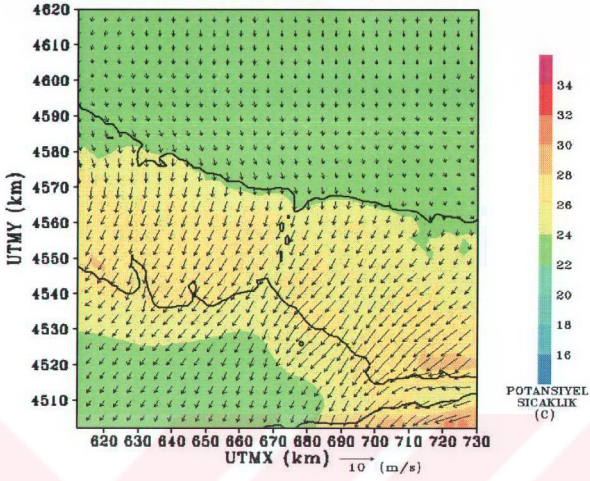
Şekil B.24 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 01h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



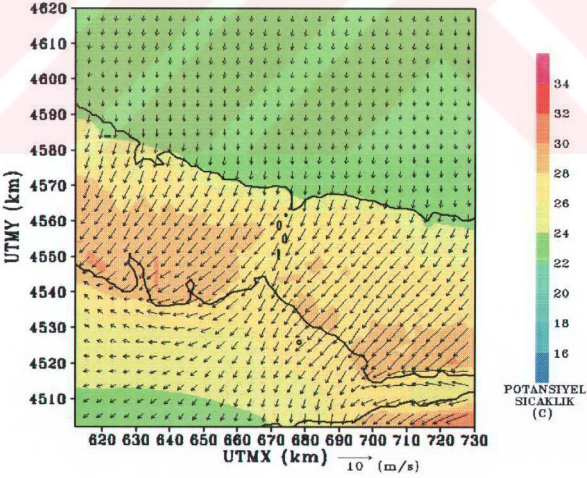
Şekil B.25 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 03h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



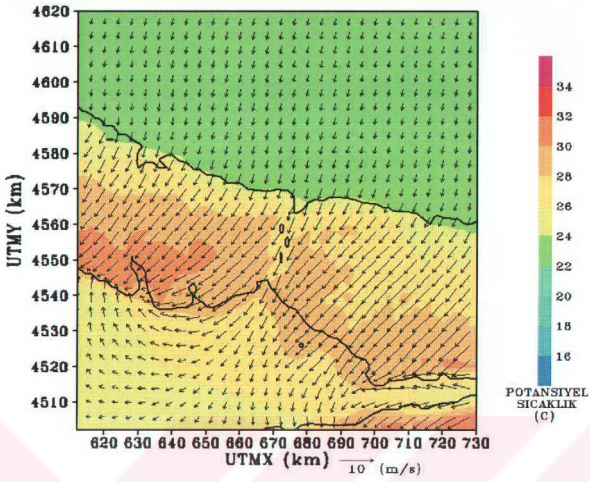
Şekil B.26 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 05h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



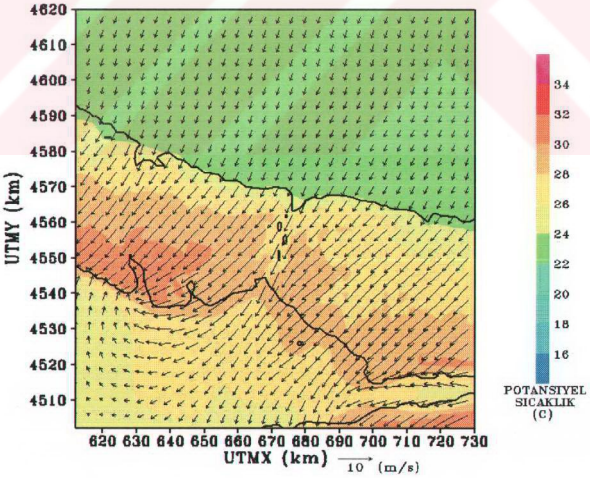
Şekil B.27 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 07h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



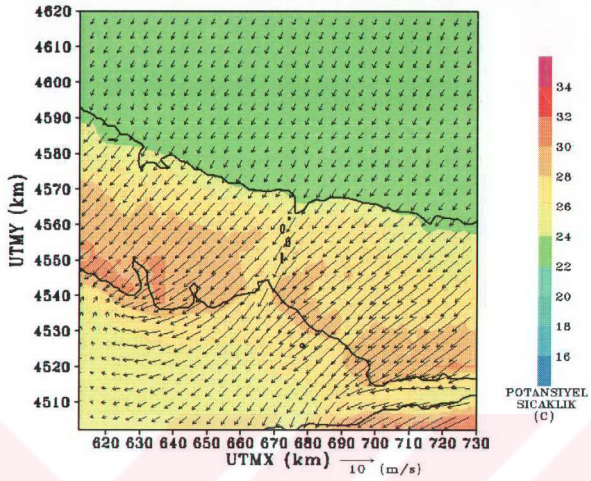
Şekil B.28 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 09h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



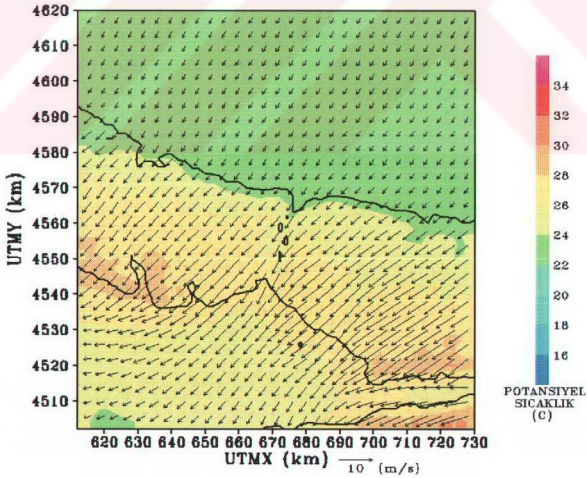
Şekil B.29 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 11h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



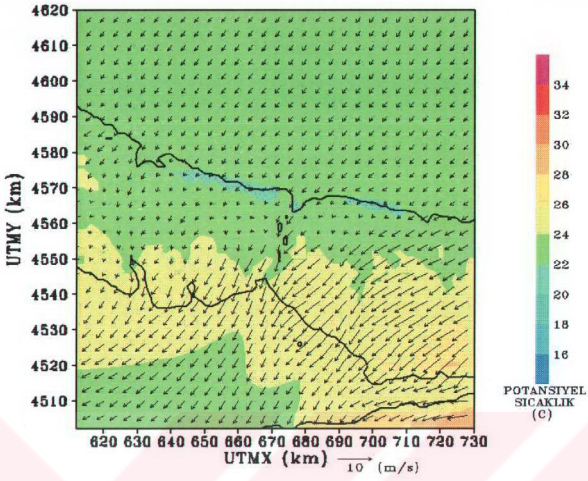
Şekil B.30 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 13h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



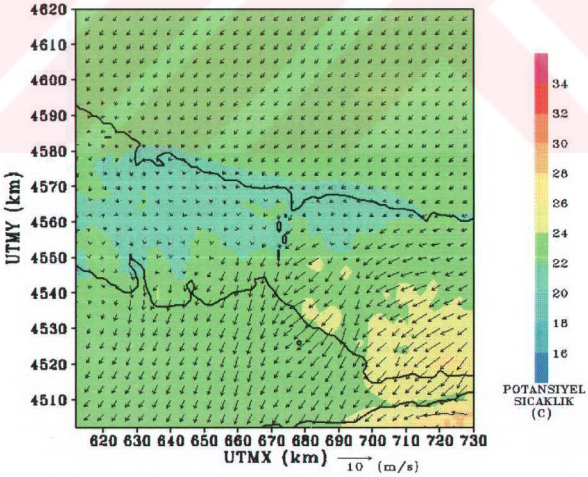
Şekil B.31 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 15h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



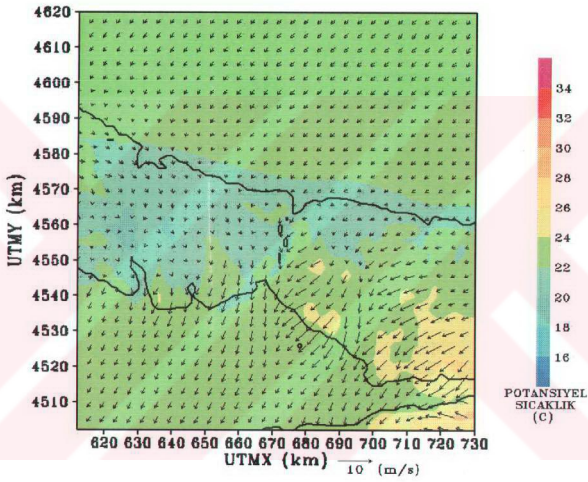
Şekil B.32 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 17h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



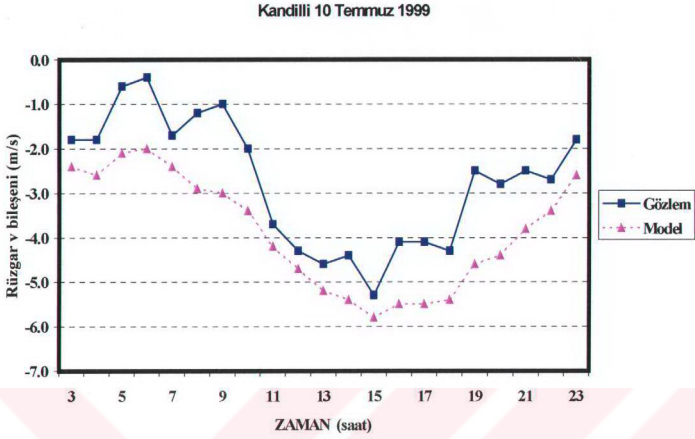
Şekil B.33 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 19h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



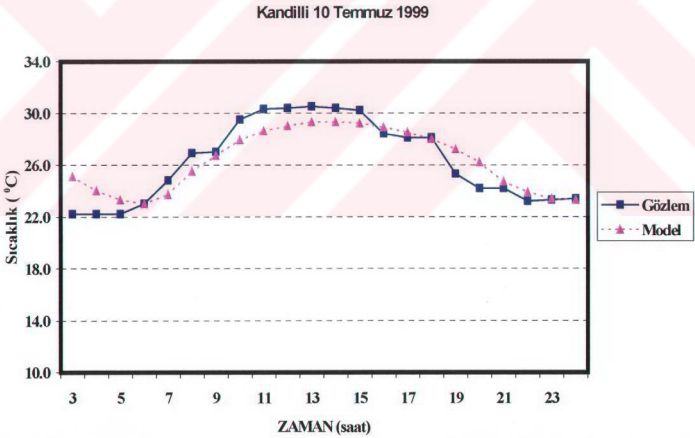
Şekil B.34 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 21h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.



Şekil B.35 Meteorolojik model sonuçları. 12 Temmuz 1999 23h YS, yüzeyde rüzgar ve potansiyel sıcaklık alanı.

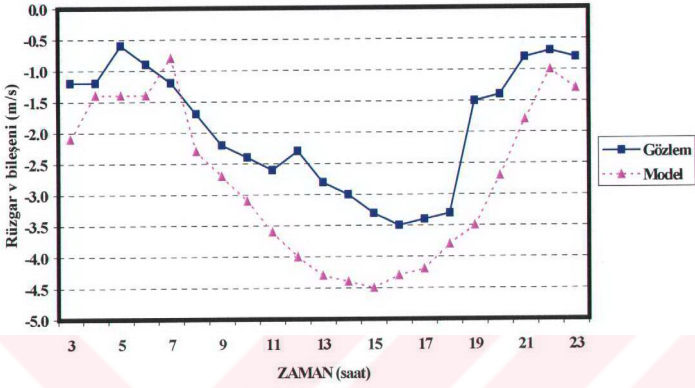


Şekil B.36 Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.



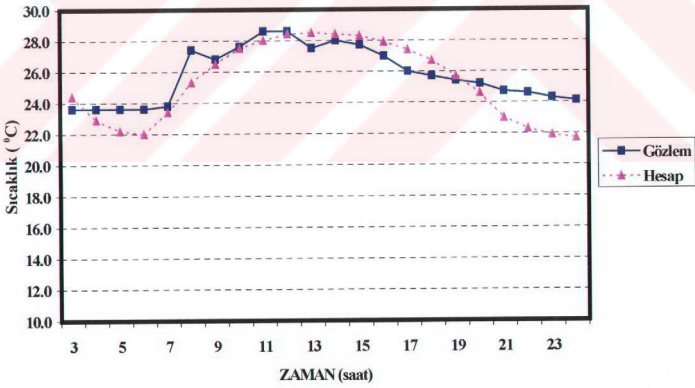
Şekil B.37 Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri.

Kireçburnu 10 Temmuz 1999

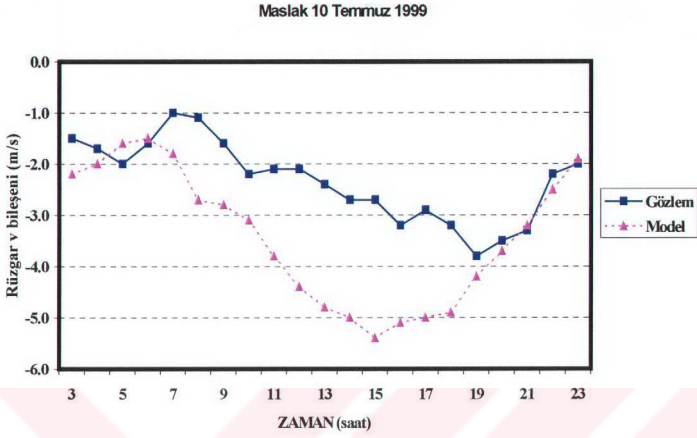


Şekil B.38 Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.

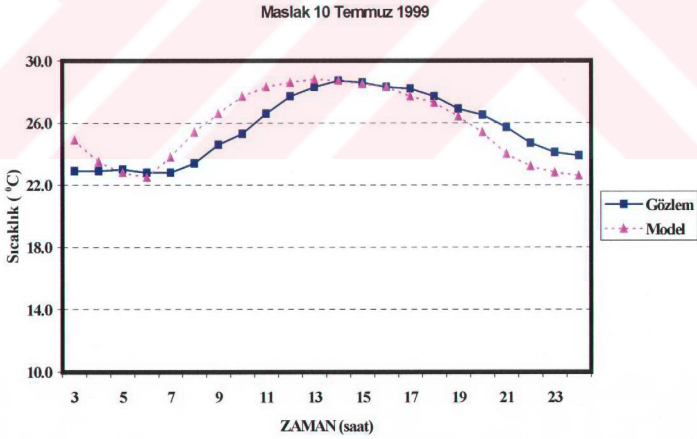
Kireçburnu 10 Temmuz 1999



Şekil B.39 Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değeri.

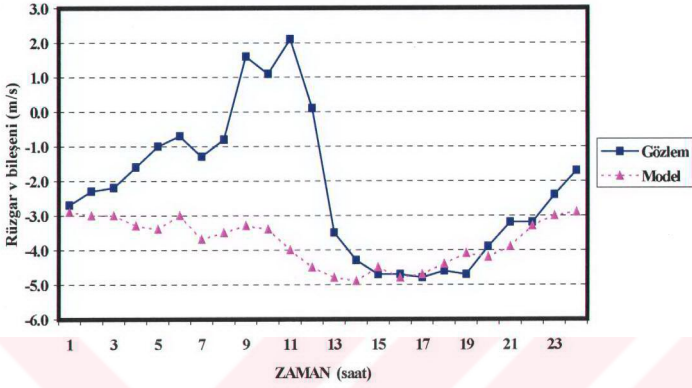


Şekil B.40 Maslak'ta (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.



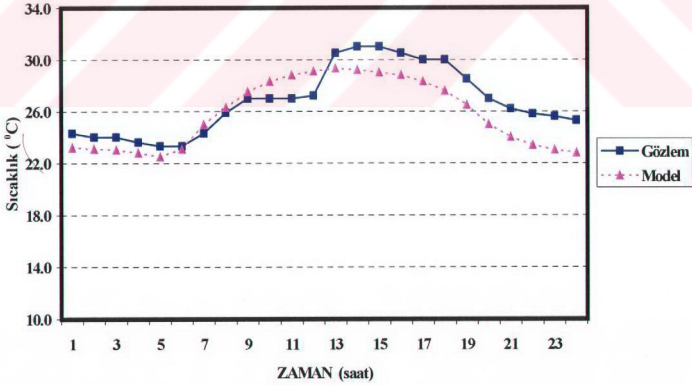
Şekil B.41 Maslak'ta (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri.

Göztepe 11 Temmuz 1999

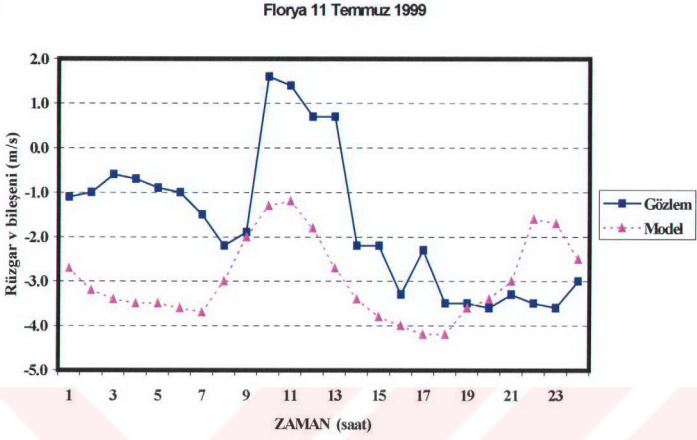


Şekil B.42 Göztepe'de gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.

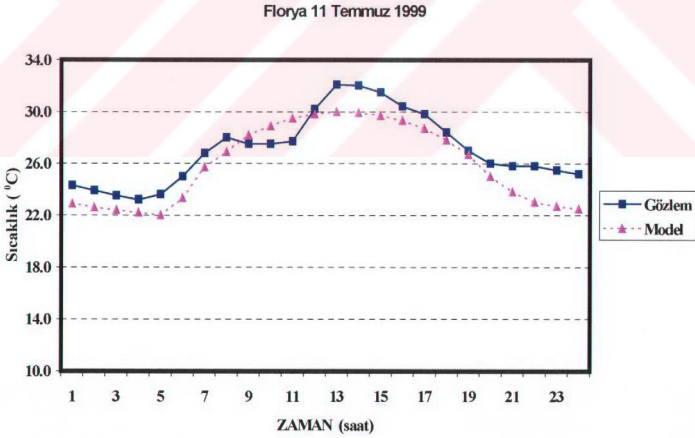
Göztepe 11 Temmuz 1999



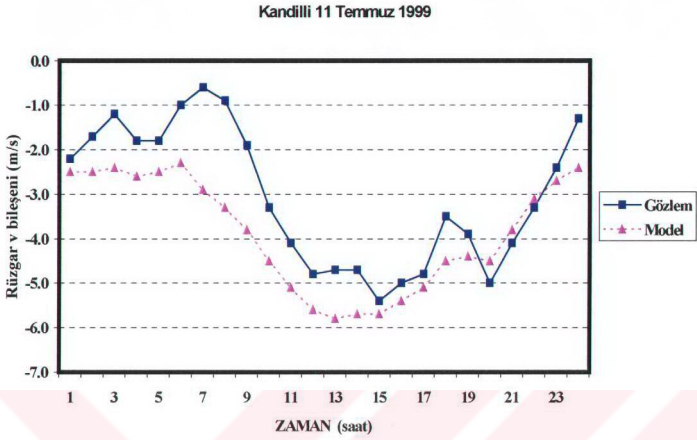
Şekil B.43 Göztepe'de gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri.



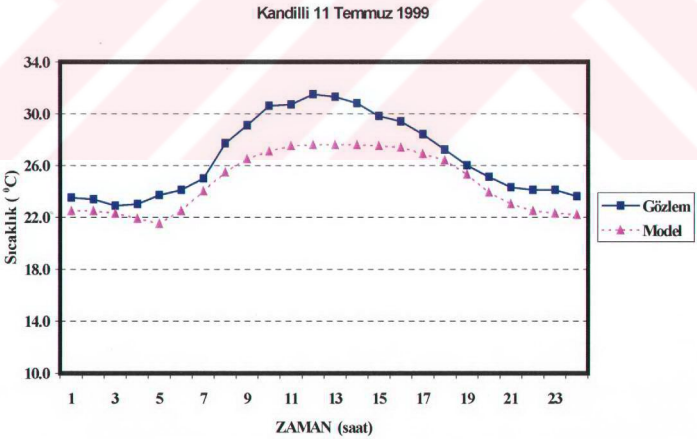
Şekil B.44 Florya'da gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.



Şekil B.45 Florya'da gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri

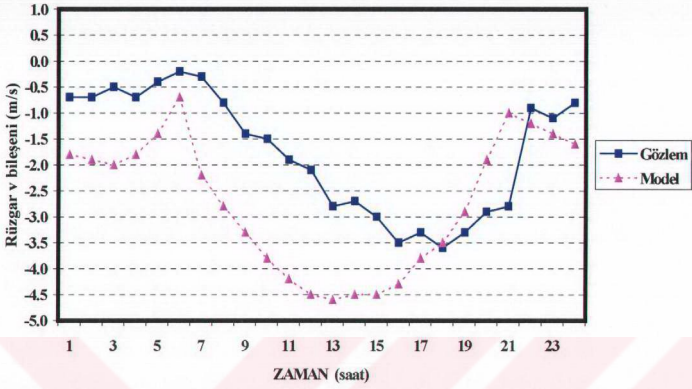


Şekil B.46 Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.



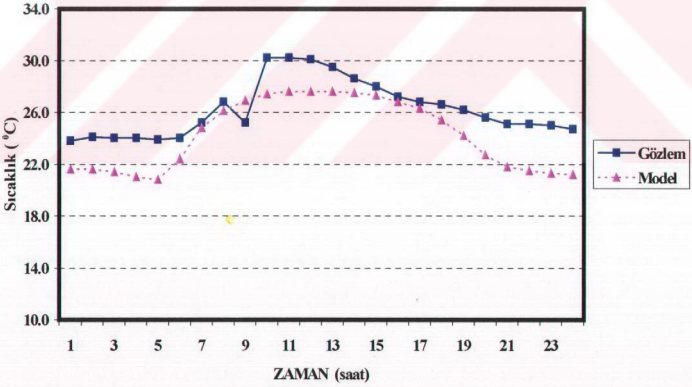
Şekil B.47 Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri.

Kireçburnu 11 Temmuz 1999



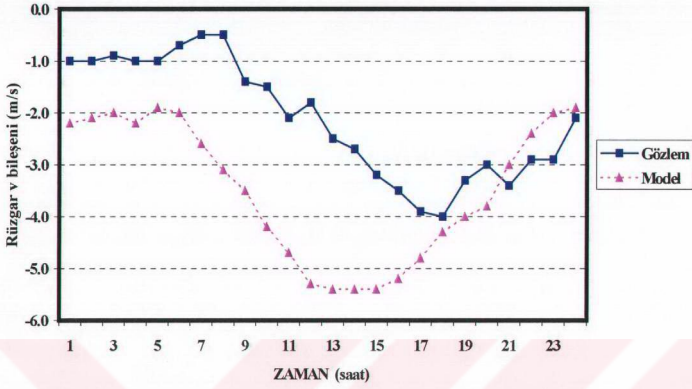
Şekil B.48 Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.

Kireçburnu 11 Temmuz 1999



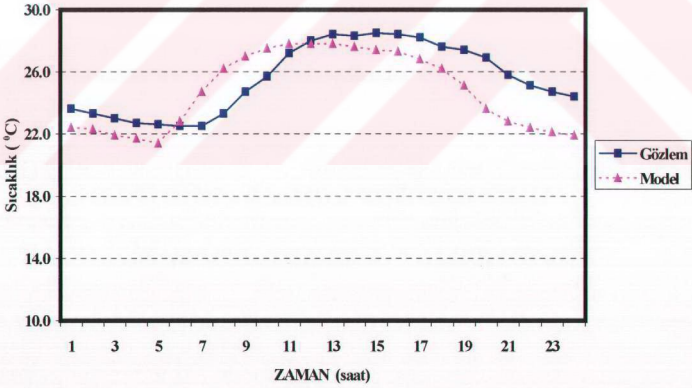
Şekil B.49 Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri.

Maslak 11 Temmuz 1999



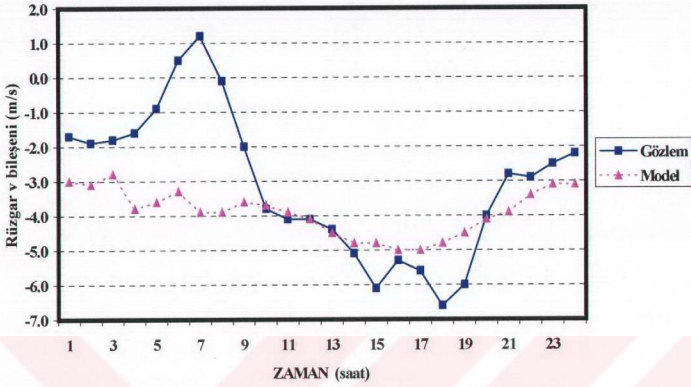
Şekil B.50 Maslak'ta (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.

Maslak 11 Temmuz 1999



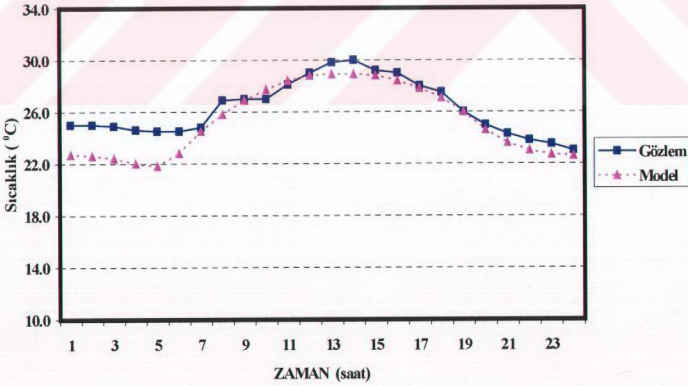
Şekil B.51 Maslak'ta (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri.

Göztepe 12 Temmuz 1999

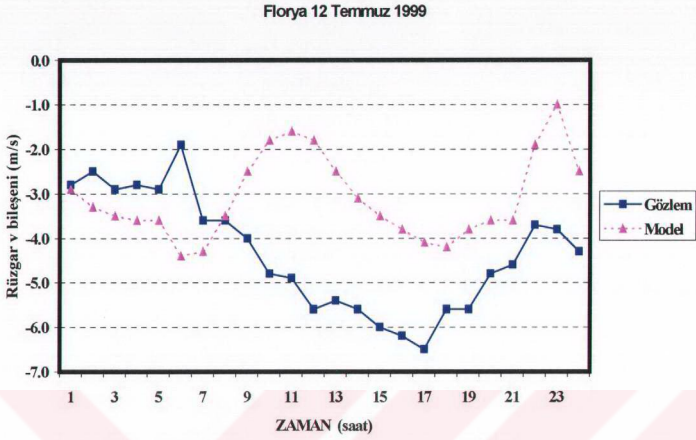


Şekil B.52 Göztepe'de gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.

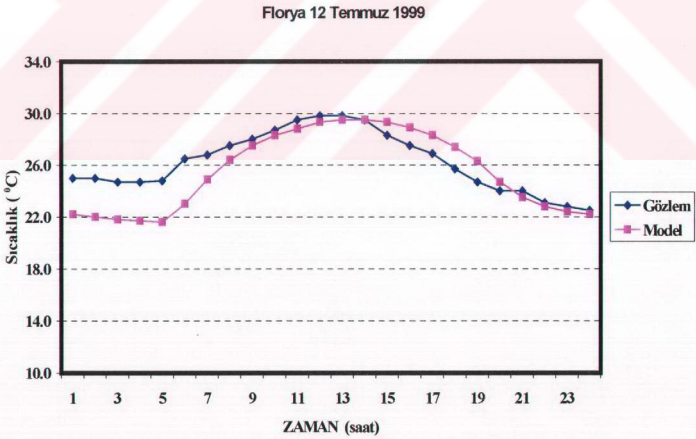
Göztepe 12 Temmuz 1999



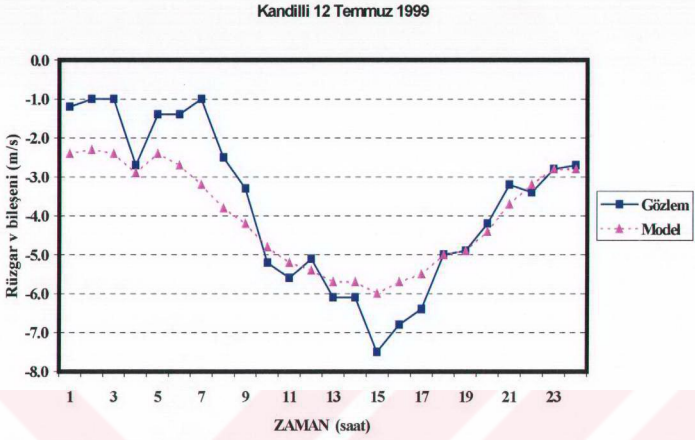
Şekil B.53 Göztepe'de gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri.



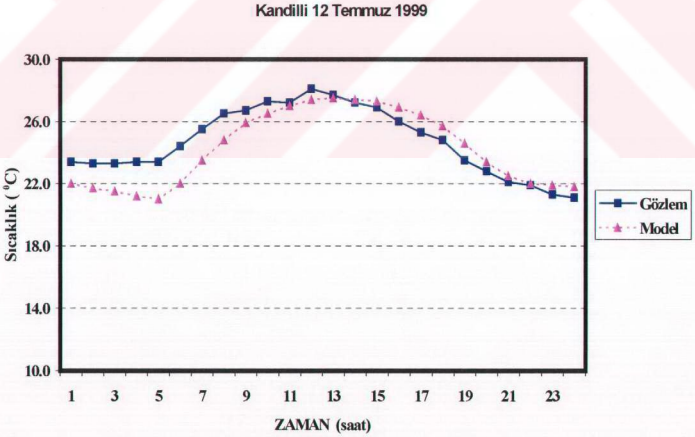
Şekil B.54 Florya'da gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.



Şekil B.55 Florya'da gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri.

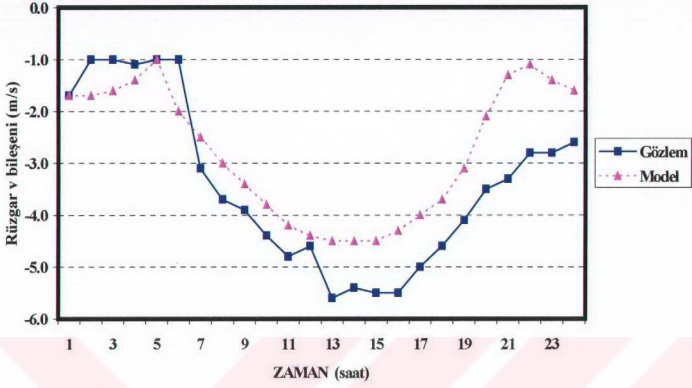


Şekil B.56 Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.



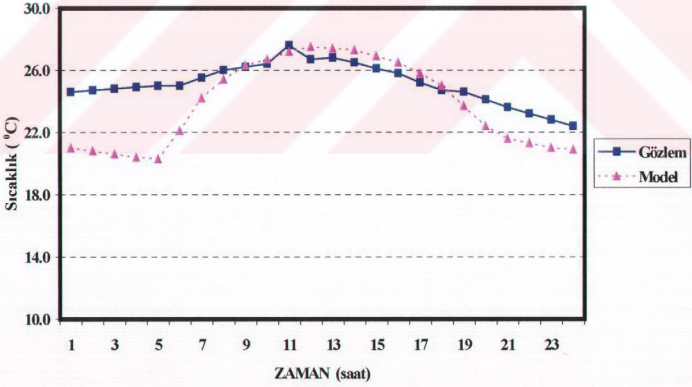
Şekil B.57 Kandilli Rasathanesi'nde gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri.

Kireçburnu 12 Temmuz 1999



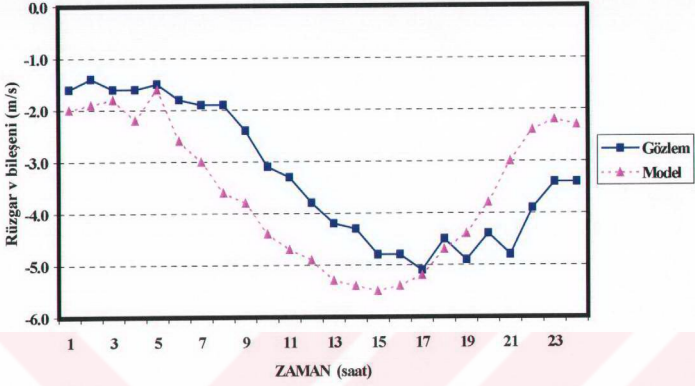
Şekil B.58 Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni.

Kireçburnu 12 Temmuz 1999



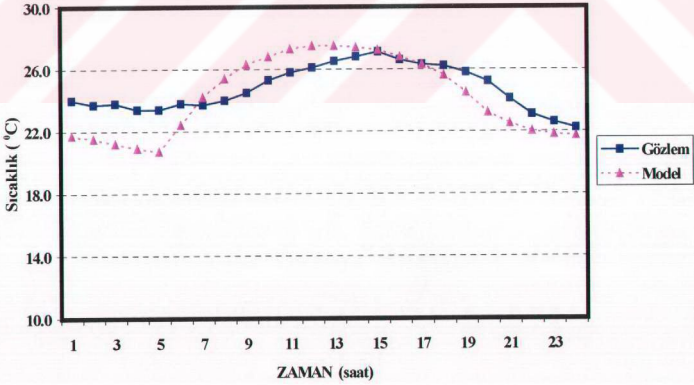
Şekil B.59 Kireçburnu'nda gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri.

Maslak 12 Temmuz 1999



Şekil B.60 Maslak'ta (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan rüzgar v bileşeni

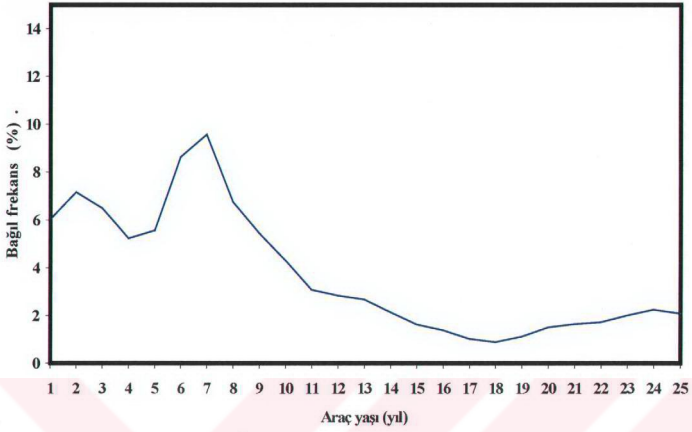
Maslak 12 Temmuz 1999



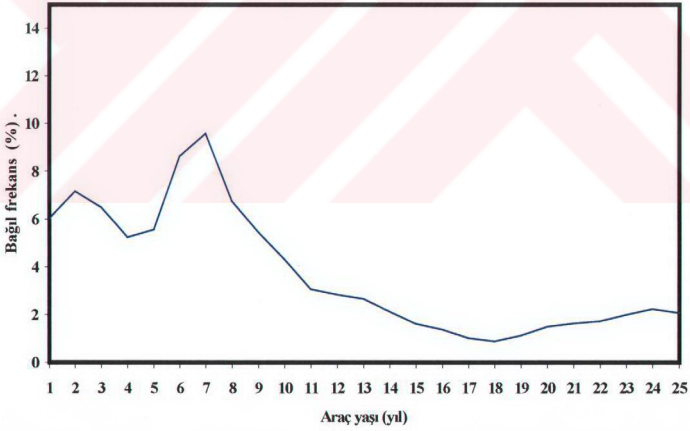
Şekil B.61 Maslak'ta (İTÜ) gözlenen ve hesaplanan sıcaklık değerleri.

EKC

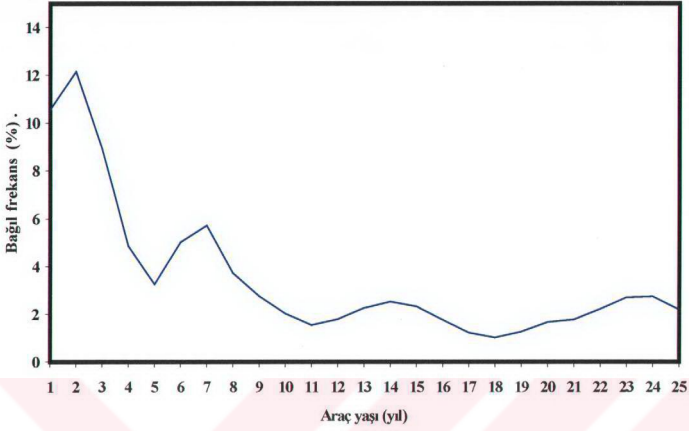




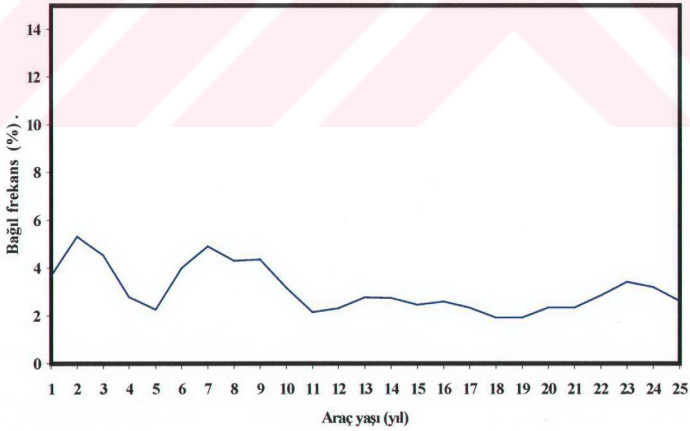
Şekil C.1 Benzinli otomobillerin yaşlarına göre bağıl dağılımı (1 Temmuz 1999).



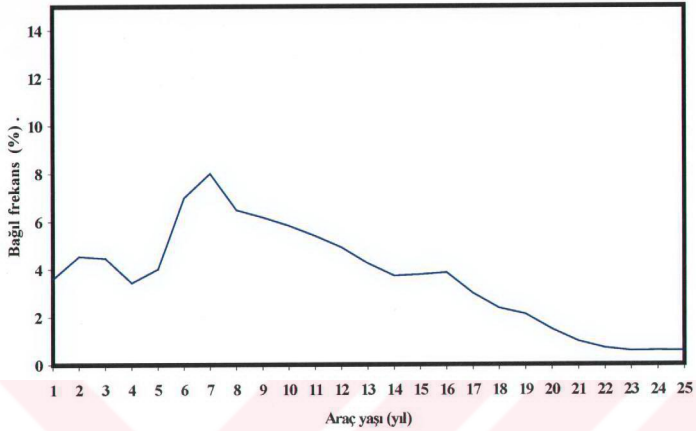
Şekil C.2 Dizel otomobillerin yaşlarına göre bağıl dağılımı (1 Temmuz 1999).



Şekil C.3 Dizel orta taşıtların yaşlarına göre bağlı dağılımı. (1 Temmuz 1999).



Şekil C.4 Dizel ağır taşıtların yaşlarına göre bağlı dağılımı (1 Temmuz 1999).



Şekil C.5 Motorsikletlerin yaşlarına göre bağıl dağılımı (1 Temmuz 1999).

Tablo C.1 Emisyon kestirimlerinde kullanılan PM ve SO_x emisyon faktörleri. Emisyon faktörleri tüm yol ve zaman sınıfları için aynı alınmıştır. (Tünay ve diğ., 1990)

Taşıt sınıfları	PM emisyon faktörü (gr/km)	SO _x emisyon faktörü (gr/km)
Benzinli otomobiller	-	-
Dizel otomobiller	0.5	0.4
Minibüs ve kamyonetler	1.0	2.0
Otobüs ve kamyonlar	1.5	2.0

Tablo C.2 Hafta içi günleri emisyonlarının kestiriminde kullanılan emisyon faktörleri. TOG (Total Organic Gases) terimi VOC+metan+ etan'ı ifade etmektedir.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	23	1	20	25.4	0.833	16.361	2.038
01	080	23	1	20	25.4	0.391	19.717	4.480
30	001	23	1	20	25.4	1.143	1.249	0.609
30	060	23	1	20	25.4	1.044	1.280	0.659
30	070	23	1	20	25.4	10.427	11.048	2.392
01	001	23	2	60	26.9	0.876	6.313	0.957
01	080	23	2	60	26.9	0.553	6.506	3.511
30	001	23	2	60	26.9	0.833	0.429	0.267
30	060	23	2	60	26.9	0.758	0.441	0.292
30	070	23	2	60	26.9	7.593	3.809	1.050
01	001	23	3	20	23.1	0.845	16.019	1.957
01	080	23	3	20	23.1	0.404	18.611	4.182
30	001	23	3	20	23.1	1.143	1.249	0.609
30	060	23	3	20	23.1	1.044	1.280	0.659
30	070	23	3	20	23.1	10.427	11.048	2.392
01	001	23	4	90	21.3	1.181	5.512	0.746
01	080	23	4	90	21.3	0.777	5.717	2.734
30	001	23	4	90	21.3	1.168	0.404	0.205
30	060	23	4	90	21.3	1.069	0.416	0.224
30	070	23	4	90	21.3	10.651	3.592	0.808
01	001	25	1	30	25.4	0.814	12.459	1.535
01	080	25	1	30	25.4	0.423	13.055	3.927
30	001	25	1	30	25.4	0.976	0.864	0.472
30	060	25	1	30	25.4	0.889	0.889	0.510
30	070	25	1	30	25.4	8.873	7.631	1.852
01	001	25	2	90	26.9	1.143	5.692	0.814
01	080	25	2	90	26.9	0.715	6.313	3.461
30	001	25	2	90	26.9	1.168	0.404	0.205
30	060	25	2	90	26.9	1.069	0.416	0.224
30	070	25	2	90	26.9	10.651	3.592	0.808
Devamı arka sayfada...								

Tablo C.2 Devamı.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	25	3	30	23.1	0.826	12.229	1.479
01	080	25	3	30	23.1	0.441	12.322	3.623
30	001	25	3	30	23.1	0.976	0.864	0.472
30	060	25	3	30	23.1	0.889	0.889	0.510
30	070	25	3	30	23.1	8.873	7.631	1.852
01	001	25	4	90	21.3	1.181	5.512	0.746
01	080	25	4	90	21.3	0.777	5.717	2.734
30	001	25	4	90	21.3	1.168	0.404	0.205
30	060	25	4	90	21.3	1.069	0.416	0.224
30	070	25	4	90	21.3	10.651	3.592	0.808
01	001	27	1	15	25.4	0.864	20.326	2.498
01	080	27	1	15	25.4	0.391	26.968	5.077
30	001	27	1	15	25.4	1.268	1.541	0.696
30	060	27	1	15	25.4	1.156	1.585	0.758
30	070	27	1	15	25.4	11.533	13.652	2.753
01	001	27	2	30	26.9	0.814	12.962	1.591
01	080	27	2	30	26.9	0.416	13.882	4.101
30	001	27	2	30	26.9	0.976	0.864	0.472
30	060	27	2	30	26.9	0.889	0.889	0.510
30	070	27	2	30	26.9	8.873	7.631	1.852
01	001	27	3	15	23.1	0.876	19.866	2.405
01	080	27	3	15	23.1	0.410	25.458	4.778
30	001	27	3	15	23.1	1.268	1.541	0.696
30	060	27	3	15	23.1	1.156	1.585	0.758
30	070	27	3	15	23.1	11.533	13.652	2.753
01	001	27	4	60	21.3	0.901	6.208	0.870
01	080	27	4	60	21.3	0.597	5.891	2.784
30	001	27	4	60	21.3	0.833	0.429	0.267
30	060	27	4	60	21.3	0.758	0.441	0.292
30	070	27	4	60	21.3	7.593	3.809	1.050
Devamı arka sayfada...								

Tablo C.2 Devamı.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	29	1	15	25.4	0.864	20.326	2.498
01	080	29	1	15	25.4	0.391	26.968	5.077
30	001	29	1	15	25.4	1.268	1.541	0.696
30	060	29	1	15	25.4	1.156	1.585	0.758
30	070	29	1	15	25.4	11.533	13.652	2.753
01	001	29	2	40	26.9	0.839	9.830	1.286
01	080	29	2	40	26.9	0.472	10.346	3.828
30	001	29	2	40	26.9	0.876	0.634	0.373
30	060	29	2	40	26.9	0.795	0.652	0.410
30	070	29	2	40	26.9	7.966	5.624	1.479
01	001	29	3	15	23.1	0.876	19.866	2.405
01	080	29	3	15	23.1	0.410	25.458	4.778
30	001	29	3	15	23.1	1.268	1.541	0.696
30	060	29	3	15	23.1	1.156	1.585	0.758
30	070	29	3	15	23.1	11.533	13.652	2.753
01	001	29	4	60	21.3	0.901	6.208	0.870
01	080	29	4	60	21.3	0.597	5.891	2.784
30	001	29	4	60	21.3	0.833	0.429	0.267
30	060	29	4	60	21.3	0.758	0.441	0.292
30	070	29	4	60	21.3	7.593	3.809	1.050
01	001	31	1	30	25.4	0.858	13.124	1.609
01	080	31	1	30	25.4	0.447	13.745	4.020
30	001	31	1	30	25.4	0.976	0.932	0.485
30	060	31	1	30	25.4	0.907	0.951	0.528
30	070	31	1	30	25.4	8.873	7.631	1.852
01	001	31	2	40	24.9	0.876	10.290	1.342
01	080	31	2	40	24.9	0.497	10.800	3.902
30	001	31	2	40	24.9	0.876	0.684	0.385
30	060	31	2	40	24.9	0.814	0.702	0.423
30	070	31	2	40	24.9	7.966	5.624	1.479
Devamı arka sayfada...								

Tablo C.2 Devamı.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	31	3	30	18.6	0.864	12.968	1.560
01	080	31	3	30	18.6	0.460	13.130	3.722
30	001	31	3	30	18.6	0.976	0.932	0.485
30	060	31	3	30	18.6	0.907	0.951	0.528
30	070	31	3	30	18.6	8.873	7.631	1.852
01	001	31	4	50	21.3	0.932	8.066	1.050
01	080	31	4	50	21.3	0.584	7.805	2.989
30	001	31	4	50	21.3	0.833	0.547	0.317
30	060	31	4	50	21.3	0.777	0.559	0.348
30	070	31	4	50	21.3	7.569	4.468	1.224
01	001	33	1	30	25.4	0.969	14.888	1.808
01	080	33	1	30	25.4	0.510	15.628	4.281
30	001	33	1	30	25.4	0.969	1.150	0.516
30	060	33	1	30	25.4	0.969	1.181	0.578
30	070	33	1	30	25.4	8.873	7.631	1.852
01	001	33	2	30	26.9	0.969	15.212	1.852
01	080	33	2	30	26.9	0.497	16.200	4.449
30	001	33	2	30	26.9	0.969	1.150	0.516
30	060	33	2	30	26.9	0.969	1.181	0.578
30	070	33	2	30	26.9	8.873	7.631	1.852
01	001	33	3	30	23.1	0.988	14.913	1.771
01	080	33	3	30	23.1	0.522	15.261	3.996
30	001	33	3	30	23.1	0.969	1.150	0.516
30	060	33	3	30	23.1	0.969	1.181	0.578
30	070	33	3	30	23.1	8.873	7.631	1.852
01	001	33	4	30	21.3	1.007	15.647	1.783
01	080	33	4	30	21.3	0.528	15.696	3.778
30	001	33	4	30	21.3	0.969	1.150	0.516
30	060	33	4	30	21.3	0.969	1.181	0.578
30	070	33	4	30	21.3	8.873	7.631	1.852

Tablo C.2 sonu.

Tablo C.3 Cumartesi günü emisyonlarının kestiriminde kullanılan emisyon faktörleri. TOG (Total Organic Gases) terimi VOC+metan+ etan'ı ifade etmektedir.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	23	1	60	28.7	0.876	6.686	1.013
01	080	23	1	60	28.7	0.534	7.034	3.741
30	001	23	1	60	28.7	0.833	0.429	0.267
30	060	23	1	60	28.7	0.758	0.441	0.292
30	070	23	1	60	28.7	7.593	3.809	1.050
01	001	23	2	30	29.0	0.814	13.845	1.715
01	080	23	2	30	29.0	0.398	15.218	4.375
30	001	23	2	30	29.0	0.976	0.864	0.472
30	060	23	2	30	29.0	0.889	0.889	0.510
30	070	23	2	30	29.0	8.873	7.631	1.852
01	001	23	3	60	25.0	0.870	5.996	0.920
01	080	23	3	60	25.0	0.572	6.003	3.281
30	001	23	3	60	25.0	0.833	0.429	0.267
30	060	23	3	60	25.0	0.758	0.441	0.292
30	070	23	3	60	25.0	7.593	3.809	1.050
01	001	23	4	30	23.3	0.820	12.179	1.479
01	080	23	4	30	23.3	0.441	12.297	3.648
30	001	23	4	30	23.3	0.976	0.864	0.472
30	060	23	4	30	23.3	0.889	0.889	0.510
30	070	23	4	30	23.3	8.873	7.631	1.852
01	001	25	1	90	28.7	1.143	6.083	0.858
01	080	25	1	90	28.7	0.696	6.829	3.691
30	001	25	1	90	28.7	1.168	0.404	0.205
30	060	25	1	90	28.7	1.069	0.416	0.224
30	070	25	1	90	28.7	10.651	3.592	0.808
01	001	25	2	50	29.0	0.858	8.258	1.174
01	080	25	2	50	29.0	0.503	8.842	3.915
30	001	25	2	50	29.0	0.833	0.503	0.311
30	060	25	2	50	29.0	0.758	0.516	0.336
30	070	25	2	50	29.0	7.569	4.468	1.224
Devamı arka sayfada...								

Tablo C.3 Devamı.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	25	3	90	25.0	1.143	5.356	0.783
01	080	25	3	90	25.0	0.739	5.829	3.231
30	001	25	3	90	25.0	1.168	0.404	0.205
30	060	25	3	90	25.0	1.069	0.416	0.224
30	070	25	3	90	25.0	10.651	3.592	0.808
01	001	25	4	50	23.3	0.870	7.239	1.013
01	080	25	4	50	23.3	0.547	7.146	3.188
30	001	25	4	50	23.3	0.833	0.503	0.311
30	060	25	4	50	23.3	0.758	0.516	0.336
30	070	25	4	50	23.3	7.569	4.468	1.224
01	001	27	1	50	28.7	0.858	8.171	1.162
01	080	27	1	50	28.7	0.503	8.718	3.871
30	001	27	1	50	28.7	0.833	0.503	0.311
30	060	27	1	50	28.7	0.758	0.516	0.336
30	070	27	1	50	28.7	7.569	4.468	1.224
01	001	27	2	30	29.0	0.814	13.845	1.715
01	080	27	2	30	29.0	0.398	15.218	4.375
30	001	27	2	30	29.0	0.976	0.864	0.472
30	060	27	2	30	29.0	0.889	0.889	0.510
30	070	27	2	30	29.0	8.873	7.631	1.852
01	001	27	3	50	25.0	0.858	7.332	1.044
01	080	27	3	50	25.0	0.534	7.438	3.418
30	001	27	3	50	25.0	0.833	0.503	0.311
30	060	27	3	50	25.0	0.758	0.516	0.336
30	070	27	3	50	25.0	7.569	4.468	1.224
01	001	27	4	30	23.3	0.820	12.179	1.479
01	080	27	4	30	23.3	0.441	12.297	3.648
30	001	27	4	30	23.3	0.976	0.864	0.472
30	060	27	4	30	23.3	0.889	0.889	0.510
30	070	27	4	30	23.3	8.873	7.631	1.852

Devamı arka sayfada...

Tablo C.3 Devamı.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	29	1	50	28.7	0.858	8.171	1.162
01	080	29	1	50	28.7	0.503	8.718	3.871
30	001	29	1	50	28.7	0.833	0.503	0.311
30	060	29	1	50	28.7	0.758	0.516	0.336
30	070	29	1	50	28.7	7.569	4.468	1.224
01	001	29	2	30	29.0	0.814	13.845	1.715
01	080	29	2	30	29.0	0.398	15.218	4.375
30	001	29	2	30	29.0	0.976	0.864	0.472
30	060	29	2	30	29.0	0.889	0.889	0.510
30	070	29	2	30	29.0	8.873	7.631	1.852
01	001	29	3	50	25.0	0.858	7.332	1.044
01	080	29	3	50	25.0	0.534	7.438	3.418
30	001	29	3	50	25.0	0.833	0.503	0.311
30	060	29	3	50	25.0	0.758	0.516	0.336
30	070	29	3	50	25.0	7.569	4.468	1.224
01	001	29	4	30	23.3	0.820	12.179	1.479
01	080	29	4	30	23.3	0.441	12.297	3.648
30	001	29	4	30	23.3	0.976	0.864	0.472
30	060	29	4	30	23.3	0.889	0.889	0.510
30	070	29	4	30	23.3	8.873	7.631	1.852
01	001	31	1	50	28.7	0.901	8.501	1.205
01	080	31	1	50	28.7	0.534	9.010	3.927
30	001	31	1	50	28.7	0.833	0.547	0.317
30	060	31	1	50	28.7	0.777	0.559	0.348
30	070	31	1	50	28.7	7.569	4.468	1.224
01	001	31	2	50	29.0	0.901	8.588	1.218
01	080	31	2	50	29.0	0.528	9.122	3.971
30	001	31	2	50	29.0	0.833	0.547	0.317
30	060	31	2	50	29.0	0.777	0.559	0.348
30	070	31	2	50	29.0	7.569	4.468	1.224

Devamı arka sayfada...

Tablo C.3 Devamı.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	31	3	50	25.0	0.901	7.730	1.094
01	080	31	3	50	25.0	0.565	7.854	3.480
30	001	31	3	50	25.0	0.833	0.547	0.317
30	060	31	3	50	25.0	0.777	0.559	0.348
30	070	31	3	50	25.0	7.569	4.468	1.224
01	001	31	4	50	23.3	0.913	7.674	1.063
01	080	31	4	50	23.3	0.578	7.612	3.250
30	001	31	4	50	23.3	0.833	0.547	0.317
30	060	31	4	50	23.3	0.777	0.559	0.348
30	070	31	4	50	23.3	7.569	4.468	1.224
01	001	33	1	30	28.7	0.963	15.746	1.951
01	080	33	1	30	28.7	0.485	17.020	4.679
30	001	33	1	30	28.7	0.969	1.150	0.516
30	060	33	1	30	28.7	0.969	1.181	0.578
30	070	33	1	30	28.7	8.873	7.631	1.852
01	001	33	2	30	29.0	0.963	15.858	1.970
01	080	33	2	30	29.0	0.485	17.181	4.716
30	001	33	2	30	29.0	0.969	1.150	0.516
30	060	33	2	30	29.0	0.969	1.181	0.578
30	070	33	2	30	29.0	8.873	7.631	1.852
01	001	33	3	30	25.0	0.969	14.801	1.796
01	080	33	3	30	25.0	0.510	15.466	4.225
30	001	33	3	30	25.0	0.969	1.150	0.516
30	060	33	3	30	25.0	0.969	1.181	0.578
30	070	33	3	30	25.0	8.873	7.631	1.852
01	001	33	4	34	23.3	0.982	14.845	1.771
01	080	33	4	34	23.3	0.522	15.224	4.014
30	001	33	4	34	23.3	0.969	1.150	0.516
30	060	33	4	34	23.3	0.969	1.181	0.578
30	070	33	4	34	23.3	8.873	7.631	1.852

Tablo C.3 sonu.

Tablo C.4 Pazar günü emisyonlarının kestiriminde kullanılan emisyon faktörleri. TOG (Total Organic Gases) terimi VOC+metan+ etan'ı ifade etmektedir.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	23	1	90	27.0	1.143	5.717	0.820
01	080	23	1	90	27.0	0.715	6.344	3.474
30	001	23	1	90	27.0	1.168	0.404	0.205
30	060	23	1	90	27.0	1.069	0.416	0.224
30	070	23	1	90	27.0	10.651	3.592	0.808
01	001	23	2	30	30.8	0.814	14.671	1.821
01	080	23	2	30	30.8	0.391	16.374	4.598
30	001	23	2	30	30.8	0.976	0.864	0.472
30	060	23	2	30	30.8	0.889	0.889	0.510
30	070	23	2	30	30.8	8.873	7.631	1.852
01	001	23	3	50	28.2	0.858	8.041	1.143
01	080	23	3	50	28.2	0.510	8.532	3.809
30	001	23	3	50	28.2	0.833	0.503	0.311
30	060	23	3	50	28.2	0.758	0.516	0.336
30	070	23	3	50	28.2	7.569	4.468	1.224
01	001	23	4	30	24.9	0.814	12.291	1.522
01	080	23	4	30	24.9	0.429	12.751	3.865
30	001	23	4	30	24.9	0.976	0.864	0.472
30	060	23	4	30	24.9	0.889	0.889	0.510
30	070	23	4	30	24.9	8.873	7.631	1.852
01	001	25	1	90	27.0	1.143	5.717	0.820
01	080	25	1	90	27.0	0.715	6.344	3.474
30	001	25	1	90	27.0	1.168	0.404	0.205
30	060	25	1	90	27.0	1.069	0.416	0.224
30	070	25	1	90	27.0	10.651	3.592	0.808
01	001	25	2	50	30.8	0.858	8.768	1.243
01	080	25	2	50	30.8	0.485	9.513	4.138
30	001	25	2	50	30.8	0.833	0.503	0.311
30	060	25	2	50	30.8	0.758	0.516	0.336
30	070	25	2	50	30.8	7.569	4.468	1.224
Devamı arka sayfada...								

Tablo C.4 Devamı.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	25	3	90	28.2	1.143	5.972	0.851
01	080	25	3	90	28.2	0.702	6.686	3.629
30	001	25	3	90	28.2	1.168	0.404	0.205
30	060	25	3	90	28.2	1.069	0.416	0.224
30	070	25	3	90	28.2	10.651	3.592	0.808
01	001	25	4	50	24.9	0.858	7.308	1.044
01	080	25	4	50	24.9	0.534	7.407	3.399
30	001	25	4	50	24.9	0.833	0.503	0.311
30	060	25	4	50	24.9	0.758	0.516	0.336
30	070	25	4	50	24.9	7.569	4.468	1.224
01	001	27	1	50	27.0	0.858	7.742	1.094
01	080	27	1	50	27.0	0.516	8.103	3.654
30	001	27	1	50	27.0	0.833	0.503	0.311
30	060	27	1	50	27.0	0.758	0.516	0.336
30	070	27	1	50	27.0	7.569	4.468	1.224
01	001	27	2	30	30.8	0.814	14.671	1.821
01	080	27	2	30	30.8	0.391	16.374	4.598
30	001	27	2	30	30.8	0.976	0.864	0.472
30	060	27	2	30	30.8	0.889	0.889	0.510
30	070	27	2	30	30.8	8.873	7.631	1.852
01	001	27	3	50	28.2	0.858	8.041	1.143
01	080	27	3	50	28.2	0.510	8.532	3.809
30	001	27	3	50	28.2	0.833	0.503	0.311
30	060	27	3	50	28.2	0.758	0.516	0.336
30	070	27	3	50	28.2	7.569	4.468	1.224
01	001	27	4	30	24.9	0.814	12.291	1.522
01	080	27	4	30	24.9	0.429	12.751	3.865
30	001	27	4	30	24.9	0.976	0.864	0.472
30	060	27	4	30	24.9	0.889	0.889	0.510
30	070	27	4	30	24.9	8.873	7.631	1.852

Devamı arka sayfada...

Tablo C.4 Devamı.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	29	1	50	27.0	0.858	7.742	1.094
01	080	29	1	50	27.0	0.516	8.103	3.654
30	001	29	1	50	27.0	0.833	0.503	0.311
30	060	29	1	50	27.0	0.758	0.516	0.336
30	070	29	1	50	27.0	7.569	4.468	1.224
01	001	29	2	30	30.8	0.814	14.671	1.821
01	080	29	2	30	30.8	0.391	16.374	4.598
30	001	29	2	30	30.8	0.976	0.864	0.472
30	060	29	2	30	30.8	0.889	0.889	0.510
30	070	29	2	30	30.8	8.873	7.631	1.852
01	001	29	3	40	28.2	0.839	10.234	1.342
01	080	29	3	40	28.2	0.460	10.949	3.996
30	001	29	3	40	28.2	0.876	0.634	0.373
30	060	29	3	40	28.2	0.795	0.652	0.410
30	070	29	3	40	28.2	7.966	5.624	1.479
01	001	29	4	30	24.9	0.814	12.291	1.522
01	080	29	4	30	24.9	0.429	12.751	3.865
30	001	29	4	30	24.9	0.976	0.864	0.472
30	060	29	4	30	24.9	0.889	0.889	0.510
30	070	29	4	30	24.9	8.873	7.631	1.852
01	001	31	1	50	27.0	0.901	8.109	1.143
01	080	31	1	50	27.0	0.547	8.451	3.716
30	001	31	1	50	27.0	0.833	0.547	0.317
30	060	31	1	50	27.0	0.777	0.559	0.348
30	070	31	1	50	27.0	7.569	4.468	1.224
01	001	31	2	50	30.8	0.901	9.060	1.280
01	080	31	2	50	30.8	0.516	9.737	4.194
30	001	31	2	50	30.8	0.833	0.547	0.317
30	060	31	2	50	30.8	0.777	0.559	0.348
30	070	31	2	50	30.8	7.569	4.468	1.224
Devamı arka sayfada..								

Tablo C.4 Devamı.

Yakıt sınıfı	Taşıt sınıfı	Yol sınıfı	Zaman sınıfı	Seyir hızı (km/h)	Çevre sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörleri (gr/km)		
						NO _x	CO	TOG
01	001	31	3	50	29.2	0.901	8.383	1.187
01	080	31	3	50	29.2	0.534	8.842	3.865
30	001	31	3	50	29.2	0.833	0.547	0.317
30	060	31	3	50	29.2	0.777	0.559	0.348
30	070	31	3	50	29.2	7.569	4.468	1.224
01	001	31	4	50	24.9	0.901	7.711	1.087
01	080	31	4	50	24.9	0.565	7.823	3.467
30	001	31	4	50	24.9	0.833	0.547	0.317
30	060	31	4	50	24.9	0.777	0.559	0.348
30	070	31	4	50	24.9	7.569	4.468	1.224
01	001	33	1	30	27.0	0.969	15.243	1.858
01	080	33	1	30	27.0	0.497	16.249	4.462
30	001	33	1	30	27.0	0.969	1.150	0.516
30	060	33	1	30	27.0	0.969	1.181	0.578
30	070	33	1	30	27.0	8.873	7.631	1.852
01	001	33	2	30	30.8	0.957	16.479	2.069
01	080	33	2	30	30.8	0.472	18.070	4.940
30	001	33	2	30	30.8	0.969	1.150	0.516
30	060	33	2	30	30.8	0.969	1.181	0.578
30	070	33	2	30	30.8	8.873	7.631	1.852
01	001	33	3	30	28.2	0.963	15.584	1.926
01	080	33	3	30	28.2	0.491	16.784	4.617
30	001	33	3	30	28.2	0.969	1.150	0.516
30	060	33	3	30	28.2	0.969	1.181	0.578
30	070	33	3	30	28.2	8.873	7.631	1.852
01	001	33	4	30	24.9	0.969	14.777	1.796
01	080	33	4	30	24.9	0.510	15.423	4.213
30	001	33	4	30	24.9	0.969	1.150	0.516
30	060	33	4	30	24.9	0.969	1.181	0.578
30	070	33	4	30	24.9	8.873	7.631	1.852

Tablo C.4 sonu.

Tablo C.5 Tablo C.2-C.4’de kullanılan sınıflandırma kodlarının tanımı.

Yakıt sınıfı		Taşıt Sınıfı	
01	Benzin	001	Otomobiller
		080	Motorsikletler
30	Dizel	001	Otomobiller
		060	Kamyonet ve Minibüsler
		070	Kamyon ve Otobüsler
Yol sınıfı			
23	Şehirlerarası yollar	29	Tali arterler
25	Ekspres yollar	31	Toplayıcılar
27	Ana arterler	33	Lokal yollar
Zaman sınıfı			
Hafta içi			
1	07-10 saatleri arası	3	18-21 saatleri arası
2	10-18 saatleri arası	4	21-23 saatleri arası
Cumartesi			
1	07-14 saatleri arası	3	18-22 saatleri arası
2	14-18 saatleri arası	4	22-24 saatleri arası
Pazar			
1	08-11 ve 22-24 saatleri arası	3	15-19 saatleri arası
2	11-15 saatleri arası	4	19-22 saatleri arası

Tablo C.6 Hafta içi bir gün için kestirilen günlük mobil kaynak emisyonları. Lokal yollar hariç kalmak koşulu ile şehir içi emisyonları (1 Temmuz 1999). Kaynak sınıfları başındaki 22, karayolu taşıtlarını ifade etmektedir diğer kodlar Tablo C.5’de tanımlanmıştır. 22’den sonra gelen iki rakam yakıt sınıfı, sonraki üç rakam taşıt sınıfı, en sondaki üç rakam zaman dahil yol sınıfıdır.

Kaynak sınıfları	Çalışma günleri Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2201001231	1.0322	2.2386	20.2819	0.0000	0.0000
2201001232	1.4482	1.4014	10.4349	0.0000	0.0000
2201001233	1.0475	2.1498	19.8582	0.0000	0.0000
2201001234	0.4878	0.2730	2.2775	0.0000	0.0000
2201001251	1.2957	2.1644	19.8309	0.0000	0.0000
2201001252	2.4266	1.5307	12.0799	0.0000	0.0000
2201001253	1.3154	2.0857	19.4648	0.0000	0.0000
2201001254	0.6265	0.3505	2.9244	0.0000	0.0000
2201001271	1.4617	3.7454	34.3972	0.0000	0.0000
2201001272	1.8368	3.1802	29.2479	0.0000	0.0000
2201001273	1.4828	3.6056	33.6189	0.0000	0.0000
2201001274	0.5083	0.4349	3.5018	0.0000	0.0000
2201001291	0.6864	1.7589	16.1524	0.0000	0.0000
2201001292	0.8889	1.2075	10.4160	0.0000	0.0000
2201001293	0.6963	1.6932	15.7871	0.0000	0.0000
2201001294	0.2387	0.2042	1.6443	0.0000	0.0000
2201001311	0.9027	1.5015	13.8181	0.0000	0.0000
2201001312	1.2299	1.6696	14.4462	0.0000	0.0000
2201001313	0.9096	1.4551	13.6546	0.0000	0.0000
2201001314	0.3272	0.3267	2.8309	0.0000	0.0000
2201080231	0.0064	0.0652	0.3238	0.0000	0.0000
2201080232	0.0122	0.0681	0.1425	0.0000	0.0000
2201080233	0.0066	0.0608	0.3055	0.0000	0.0000
2201080234	0.0042	0.0133	0.0313	0.0000	0.0000
2201080251	0.0089	0.0733	0.2752	0.0000	0.0000
Devamı arka sayfada...					

Tablo C.6 Devamı.

Kaynak sınıfları	Çalışma günleri Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2201080252	0.0201	0.0863	0.1774	0.0000	0.0000
2201080253	0.0093	0.0677	0.2599	0.0000	0.0000
2201080254	0.0055	0.0170	0.0402	0.0000	0.0000
2201080271	0.0080	0.0926	0.5549	0.0000	0.0000
2201080272	0.0114	0.0996	0.3809	0.0000	0.0000
2201080273	0.0083	0.0872	0.5238	0.0000	0.0000
2201080274	0.0042	0.0170	0.0404	0.0000	0.0000
2201080291	0.0039	0.0435	0.2604	0.0000	0.0000
2201080292	0.0061	0.0436	0.1332	0.0000	0.0000
2201080293	0.0040	0.0409	0.2459	0.0000	0.0000
2201080294	0.0019	0.0079	0.0191	0.0000	0.0000
2201080311	0.0055	0.0456	0.1760	0.0000	0.0000
2201080312	0.0085	0.0590	0.1842	0.0000	0.0000
2201080313	0.0057	0.0420	0.1679	0.0000	0.0000
2201080314	0.0017	0.0113	0.0330	0.0000	0.0000
2230001231	0.1220	0.0650	0.1333	0.0426	0.0534
2230001232	0.1185	0.0379	0.0610	0.0569	0.0711
2230001233	0.1220	0.0650	0.1333	0.0426	0.0534
2230001234	0.0416	0.0073	0.0144	0.0142	0.0177
2230001251	0.1337	0.0647	0.1183	0.0548	0.0685
2230001252	0.2134	0.0375	0.0739	0.0731	0.0914
2230001253	0.1337	0.0647	0.1183	0.0548	0.0685
2230001254	0.0534	0.0094	0.0185	0.0182	0.0229
2230001271	0.1827	0.1002	0.2220	0.0575	0.0720
2230001272	0.1874	0.0907	0.1657	0.0768	0.0961
Devamı arka sayfada...					

Tablo C.6 Devamı.

Kaynak sınıfları	Çalışma günleri Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2230001273	0.1827	0.1002	0.2220	0.0575	0.0720
2230001274	0.0399	0.0128	0.0204	0.0192	0.0240
2230001291	0.0858	0.0472	0.1042	0.0270	0.0338
2230001292	0.0789	0.0336	0.0571	0.0361	0.0451
2230001293	0.0858	0.0472	0.1042	0.0270	0.0338
2230001294	0.0188	0.0060	0.0096	0.0090	0.0113
2230001311	0.0873	0.0436	0.0836	0.0359	0.0448
2230001312	0.1046	0.0462	0.0818	0.0476	0.0598
2230001313	0.0873	0.0436	0.0836	0.0359	0.0448
2230001314	0.0248	0.0095	0.0165	0.0120	0.0149
2230060231	0.5034	0.3177	0.6174	0.9647	0.4823
2230060232	0.4876	0.1878	0.2837	1.2861	0.6431
2230060233	0.5034	0.3177	0.6174	0.9647	0.4823
2230060234	0.1718	0.0359	0.0670	0.3216	0.1607
2230060251	0.5502	0.3154	0.5502	1.2387	0.6193
2230060252	0.8825	0.1848	0.3437	1.6515	0.8257
2230060253	0.5502	0.3154	0.5502	1.2387	0.6193
2230060254	0.2207	0.0462	0.0859	0.4129	0.2064
2230060271	0.7611	0.4991	1.0433	1.3169	0.6583
2230060272	0.7800	0.4474	0.7800	1.7557	0.8780
2230060273	0.7611	0.4991	1.0433	1.3169	0.6583
2230060274	0.1663	0.0641	0.0968	0.4390	0.2194
2230060291	0.3573	0.2344	0.4897	0.6183	0.3092
2230060292	0.3279	0.1690	0.2690	0.8246	0.4122
2230060293	0.3573	0.2344	0.4897	0.6183	0.3092
Devamı arka sayfada...					

Tablo C.6 Devamı.

Kaynak sınıfları	Çalışma günleri Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2230060294	0.0782	0.0300	0.0456	0.2060	0.1030
2230060311	0.3717	0.2163	0.3892	0.8194	0.4094
2230060312	0.4447	0.2309	0.3836	1.0925	0.5461
2230060313	0.3717	0.2163	0.3892	0.8194	0.4094
2230060314	0.1062	0.0474	0.0765	0.2733	0.1366
2230070231	2.1614	0.4960	2.2902	0.4145	0.3110
2230070232	2.0987	0.2904	1.0528	0.5527	0.4145
2230070233	2.1614	0.4960	2.2902	0.4145	0.3110
2230070234	0.7359	0.0558	0.2483	0.1382	0.1036
2230070251	2.3618	0.4929	2.0309	0.5323	0.3993
2230070252	3.7797	0.2867	1.2747	0.7097	0.5323
2230070253	2.3618	0.4929	2.0309	0.5323	0.3993
2230070254	0.9449	0.0716	0.3187	0.1774	0.1330
2230070271	0.6525	0.1557	0.7724	0.1132	0.0848
2230070272	0.6694	0.1397	0.5757	0.1508	0.1132
2230070273	0.6525	0.1557	0.7724	0.1132	0.0848
2230070274	0.1433	0.0198	0.0719	0.0377	0.0283
2230070291	0.3064	0.0730	0.3626	0.0531	0.0399
2230070292	0.2822	0.0525	0.1992	0.0708	0.0531
2230070293	0.3064	0.0730	0.3626	0.0531	0.0399
2230070294	0.0672	0.0093	0.0337	0.0176	0.0132
2230070311	0.3123	0.0652	0.2688	0.0703	0.0527
2230070312	0.3740	0.0692	0.2639	0.0940	0.0703
2230070313	0.3123	0.0652	0.2688	0.0703	0.0527
2230070314	0.0889	0.0142	0.0524	0.0234	0.0177
TOPLAM	52.6222	43.1389	326.9377	23.3176	13.3422
Tablo C.6 sonu.					

Tablo C.7 Cumartesi günleri için kestirilen günlük mobil kaynak emisyonları. Lokal yollar hariç kalmak koşulu ile şehir içi emisyonları (1 Temmuz 1999). Kaynak sınıfları Tablo C.5’de tanımlanmıştır.

Kaynak sınıfları	Cumartesi günü Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2201001231	1.1646	1.1927	8.8872	0.0000	0.0000
2201001232	1.2366	2.3083	21.0310	0.0000	0.0000
2201001233	0.6607	0.6189	4.5544	0.0000	0.0000
2201001234	0.6230	0.9952	9.2506	0.0000	0.0000
2201001251	1.3496	0.8968	7.1810	0.0000	0.0000
2201001252	1.1568	1.4038	11.1409	0.0000	0.0000
2201001253	0.7712	0.4680	3.6131	0.0000	0.0000
2201001254	0.5868	0.6053	4.8831	0.0000	0.0000
2201001271	1.0946	1.3142	10.4305	0.0000	0.0000
2201001272	1.1875	2.2167	20.1968	0.0000	0.0000
2201001273	0.6256	0.6746	5.3483	0.0000	0.0000
2201001274	0.5982	0.9557	8.8837	0.0000	0.0000
2201001291	0.5703	0.6848	5.4348	0.0000	0.0000
2201001292	0.6188	1.1550	10.5236	0.0000	0.0000
2201001293	0.3260	0.3515	2.7868	0.0000	0.0000
2201001294	0.3117	0.4979	4.6290	0.0000	0.0000
2201001311	0.7938	0.9413	7.4912	0.0000	0.0000
2201001312	0.9075	1.0868	8.6489	0.0000	0.0000
2201001313	0.4536	0.4879	3.8928	0.0000	0.0000
2201001314	0.4599	0.4740	3.8644	0.0000	0.0000
2201080231	0.0092	0.0569	0.1209	0.0000	0.0000
2201080232	0.0078	0.0760	0.2987	0.0000	0.0000
2201080233	0.0056	0.0286	0.0590	0.0000	0.0000
2201080234	0.0044	0.0318	0.1207	0.0000	0.0000
2201080251	0.0109	0.0512	0.1068	0.0000	0.0000
Devamı arka sayfada...					

Tablo C.7 Devamı.

Kaynak sınıfları	Cumartesi günü Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2201080252	0.0090	0.0620	0.1580	0.0000	0.0000
2201080253	0.0066	0.0256	0.0520	0.0000	0.0000
2201080254	0.0049	0.0253	0.0639	0.0000	0.0000
2201080271	0.0079	0.0542	0.1377	0.0000	0.0000
2201080272	0.0073	0.0701	0.2747	0.0000	0.0000
2201080273	0.0048	0.0273	0.0672	0.0000	0.0000
2201080274	0.0041	0.0291	0.1110	0.0000	0.0000
2201080291	0.0041	0.0276	0.0705	0.0000	0.0000
2201080292	0.0037	0.0358	0.1407	0.0000	0.0000
2201080293	0.0025	0.0141	0.0343	0.0000	0.0000
2201080294	0.0020	0.0150	0.0567	0.0000	0.0000
2201080311	0.0055	0.0372	0.0967	0.0000	0.0000
2201080312	0.0065	0.0431	0.1114	0.0000	0.0000
2201080313	0.0027	0.0190	0.0480	0.0000	0.0000
2201080314	0.0028	0.0178	0.0466	0.0000	0.0000
2230001231	0.0950	0.0305	0.0490	0.0456	0.0570
2230001232	0.1271	0.0615	0.1126	0.0521	0.0652
2230001233	0.0543	0.0174	0.0279	0.0260	0.0326
2230001234	0.0635	0.0308	0.0564	0.0260	0.0326
2230001251	0.1187	0.0208	0.0411	0.0407	0.0508
2230001252	0.0967	0.0360	0.0584	0.0465	0.0581
2230001253	0.0679	0.0120	0.0235	0.0232	0.0290
2230001254	0.0483	0.0181	0.0293	0.0232	0.0290
2230001271	0.0907	0.0338	0.0548	0.0436	0.0544
2230001272	0.1214	0.0588	0.1074	0.0497	0.0622
Devamı arka sayfada...					

Tablo C.7 Devamı.

Kaynak sınıfları	Cumartesi günü Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2230001273	0.0518	0.0193	0.0314	0.0249	0.0312
2230001274	0.0607	0.0294	0.0537	0.0249	0.0312
2230001291	0.0472	0.0175	0.0286	0.0226	0.0283
2230001292	0.0630	0.0307	0.0558	0.0259	0.0325
2230001293	0.0269	0.0101	0.0162	0.0128	0.0162
2230001294	0.0316	0.0152	0.0279	0.0128	0.0162
2230001311	0.0623	0.0236	0.0407	0.0299	0.0375
2230001312	0.0714	0.0273	0.0470	0.0343	0.0430
2230001313	0.0358	0.0134	0.0233	0.0172	0.0214
2230001314	0.0358	0.0134	0.0233	0.0172	0.0214
2230060231	0.3920	0.1511	0.2281	1.0343	0.5172
2230060232	0.5252	0.3012	0.5252	1.1821	0.5910
2230060233	0.2240	0.0863	0.1304	0.5910	0.2955
2230060234	0.2626	0.1505	0.2626	0.5910	0.2955
2230060251	0.4907	0.1027	0.1912	0.9186	0.4593
2230060252	0.3979	0.1761	0.2707	1.0497	0.5249
2230060253	0.2805	0.0587	0.1093	0.5249	0.2624
2230060254	0.1990	0.0880	0.1354	0.5249	0.2624
2230060271	0.3766	0.1668	0.2561	0.9933	0.4966
2230060272	0.5044	0.2893	0.5044	1.1351	0.5675
2230060273	0.2151	0.0952	0.1465	0.5675	0.2839
2230060274	0.2523	0.1445	0.2523	0.5675	0.2839
2230060291	0.1962	0.0868	0.1334	0.5175	0.2588
2230060292	0.2628	0.1506	0.2628	0.5915	0.2956
2230060293	0.1122	0.0496	0.0763	0.2956	0.1479
Devamı arka sayfada...					

Tablo C.7 Devamı.

Kaynak sınıfları	Cumartesi günü Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2230060294	0.1313	0.0753	0.1313	0.2956	0.1479
2230060311	0.2663	0.1192	0.1917	0.6858	0.3429
2230060312	0.3045	0.1365	0.2193	0.7837	0.3918
2230060313	0.1521	0.0681	0.1095	0.3918	0.1960
2230060314	0.1521	0.0681	0.1095	0.3918	0.1960
2230070231	1.2867	0.1780	0.6455	0.3389	0.2542
2230070232	1.7185	0.3586	1.4778	0.3873	0.2905
2230070233	0.7352	0.1016	0.3688	0.1937	0.1453
2230070234	0.8592	0.1793	0.7388	0.1937	0.1453
2230070251	2.1024	0.1594	0.7089	0.3948	0.2961
2230070252	1.7074	0.2761	1.0079	0.4513	0.3384
2230070253	1.2014	0.0910	0.4051	0.2256	0.1691
2230070254	0.8537	0.1381	0.5039	0.2256	0.1691
2230070271	0.5811	0.0939	0.3430	0.1535	0.1152
2230070272	0.7786	0.1625	0.6694	0.1755	0.1314
2230070273	0.3320	0.0536	0.1960	0.0878	0.0658
2230070274	0.3893	0.0812	0.3348	0.0878	0.0658
2230070291	0.1683	0.0273	0.0995	0.0445	0.0334
2230070292	0.2255	0.0472	0.1940	0.0506	0.0381
2230070293	0.0963	0.0157	0.0567	0.0254	0.0191
2230070294	0.1128	0.0235	0.0969	0.0254	0.0191
2230070311	0.2230	0.0361	0.1315	0.0590	0.0443
2230070312	0.2548	0.0408	0.1504	0.0671	0.0502
2230070313	0.1277	0.0207	0.0753	0.0336	0.0252
2230070314	0.1277	0.0207	0.0753	0.0336	0.0252
TOPLAM	36.5586	25.2667	178.2820	17.4868	10.0078
Tablo C.7 sonu.					

Tablo C.8 Pazar günleri için kestirilen günlük mobil kaynak emisyonları. Lokal yollar hariç kalmak koşulu ile şehir içi emisyonları (1 Temmuz 1999). Kaynak sınıfları Tablo C.5’de tanımlanmıştır.

Kaynak sınıfları	Pazar günü Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2201001231	1.0520	0.6687	5.2602	0.0000	0.0000
2201001232	1.1985	2.3749	21.5985	0.0000	0.0000
2201001233	0.6312	0.7456	5.9188	0.0000	0.0000
2201001234	0.8988	1.4893	13.5711	0.0000	0.0000
2201001251	0.9348	0.5942	4.6740	0.0000	0.0000
2201001252	1.1217	1.4404	11.4695	0.0000	0.0000
2201001253	0.7479	0.4933	3.9058	0.0000	0.0000
2201001254	0.8414	0.9074	7.1694	0.0000	0.0000
2201001271	0.7571	0.8553	6.8349	0.0000	0.0000
2201001272	1.1496	2.2785	20.7227	0.0000	0.0000
2201001273	0.6055	0.7155	5.6789	0.0000	0.0000
2201001274	0.8623	1.4289	13.0209	0.0000	0.0000
2201001291	0.3973	0.4489	3.5868	0.0000	0.0000
2201001292	0.6034	1.1956	10.8742	0.0000	0.0000
2201001293	0.3108	0.4407	3.7928	0.0000	0.0000
2201001294	0.4525	0.7498	6.8327	0.0000	0.0000
2201001311	0.6548	0.7363	5.8944	0.0000	0.0000
2201001312	1.0481	1.3192	10.5369	0.0000	0.0000
2201001313	0.5239	0.6114	4.8749	0.0000	0.0000
2201001314	0.7858	0.8403	6.7267	0.0000	0.0000
2201080231	0.0080	0.0341	0.0705	0.0000	0.0000
2201080232	0.0069	0.0724	0.2911	0.0000	0.0000
2201080233	0.0046	0.0300	0.0758	0.0000	0.0000
2201080234	0.0058	0.0456	0.1700	0.0000	0.0000
2201080251	0.0071	0.0303	0.0625	0.0000	0.0000
Devamı arka sayfada...					

Tablo C.8 Devamı.

Kaynak sınıfları	Pazar günü Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2201080252	0.0076	0.0577	0.1499	0.0000	0.0000
2201080253	0.0055	0.0253	0.0527	0.0000	0.0000
2201080254	0.0064	0.0356	0.0876	0.0000	0.0000
2201080271	0.0055	0.0346	0.0868	0.0000	0.0000
2201080272	0.0068	0.0698	0.2802	0.0000	0.0000
2201080273	0.0044	0.0289	0.0730	0.0000	0.0000
2201080274	0.0054	0.0439	0.1638	0.0000	0.0000
2201080291	0.0028	0.0182	0.0456	0.0000	0.0000
2201080292	0.0036	0.0367	0.1473	0.0000	0.0000
2201080293	0.0020	0.0160	0.0492	0.0000	0.0000
2201080294	0.0028	0.0230	0.0860	0.0000	0.0000
2201080311	0.0044	0.0292	0.0745	0.0000	0.0000
2201080312	0.0073	0.0525	0.1375	0.0000	0.0000
2201080313	0.0033	0.0242	0.0623	0.0000	0.0000
2201080314	0.0059	0.0326	0.0828	0.0000	0.0000
2230001231	0.0908	0.0160	0.0314	0.0311	0.0389
2230001232	0.1214	0.0588	0.1074	0.0497	0.0623
2230001233	0.0518	0.0193	0.0314	0.0248	0.0311
2230001234	0.0910	0.0440	0.0807	0.0373	0.0466
2230001251	0.0805	0.0141	0.0279	0.0276	0.0346
2230001252	0.0919	0.0343	0.0555	0.0441	0.0551
2230001253	0.0645	0.0113	0.0223	0.0221	0.0276
2230001254	0.0689	0.0257	0.0417	0.0331	0.0414
2230001271	0.0623	0.0232	0.0377	0.0299	0.0375
2230001272	0.1170	0.0566	0.1035	0.0479	0.0600
Devamı arka sayfada...					

Tablo C.8 Devamı.

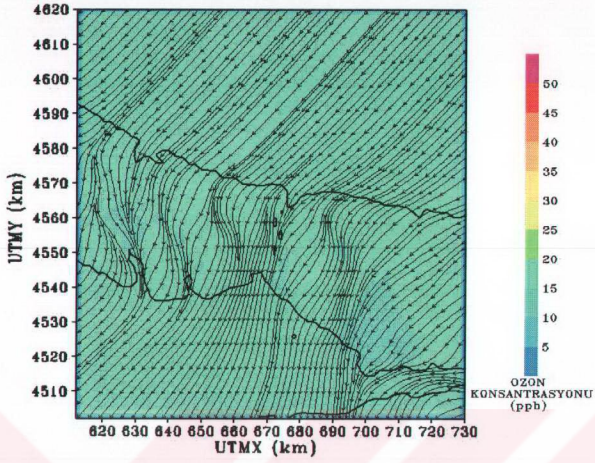
Kaynak sınıfları	Pazar günü Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2230001273	0.0499	0.0185	0.0301	0.0240	0.0299
2230001274	0.0877	0.0425	0.0777	0.0359	0.0448
2230001291	0.0329	0.0123	0.0198	0.0159	0.0197
2230001292	0.0614	0.0298	0.0544	0.0252	0.0314
2230001293	0.0277	0.0119	0.0201	0.0125	0.0159
2230001294	0.0460	0.0221	0.0407	0.0189	0.0236
2230001311	0.0515	0.0198	0.0338	0.0247	0.0308
2230001312	0.0823	0.0312	0.0543	0.0393	0.0493
2230001313	0.0410	0.0159	0.0271	0.0200	0.0247
2230001314	0.0617	0.0236	0.0405	0.0295	0.0371
2230060231	0.0844	0.0177	0.0329	0.1580	0.0789
2230060232	0.1123	0.0643	0.1123	0.2526	0.1264
2230060233	0.0479	0.0211	0.0326	0.1264	0.0632
2230060234	0.0842	0.0483	0.0842	0.1895	0.0947
2230060251	0.0749	0.0157	0.0291	0.1401	0.0701
2230060252	0.0849	0.0376	0.0579	0.2241	0.1121
2230060253	0.0600	0.0125	0.0233	0.1121	0.0560
2230060254	0.0637	0.0281	0.0434	0.1681	0.0840
2230060271	0.0576	0.0255	0.0392	0.1519	0.0760
2230060272	0.1080	0.0620	0.1080	0.2432	0.1216
2230060273	0.0460	0.0204	0.0313	0.1216	0.0608
2230060274	0.0809	0.0466	0.0809	0.1825	0.0911
2230060291	0.0302	0.0133	0.0206	0.0798	0.0400
2230060292	0.0567	0.0325	0.0567	0.1279	0.0638
2230060293	0.0253	0.0130	0.0209	0.0638	0.0319
Devamı arka sayfada...					

Tablo C.8 Devamı.

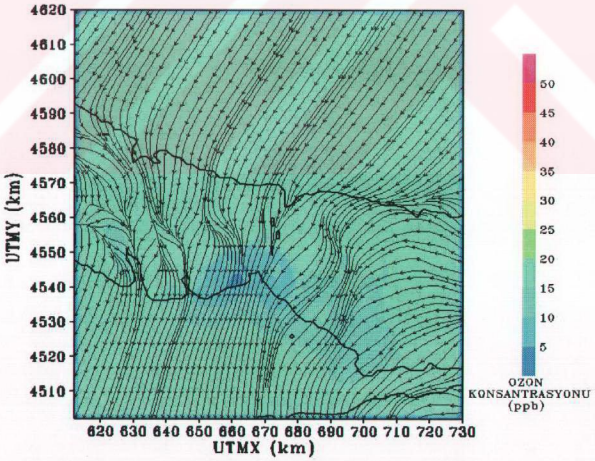
Kaynak sınıfları	Pazar günü Emisyonlar (ton/gün)				
	NO _x	VOC	CO	SO _x	TSP
2230060294	0.0425	0.0245	0.0425	0.0957	0.0479
2230060311	0.0486	0.0220	0.0351	0.1254	0.0626
2230060312	0.0779	0.0350	0.0560	0.2003	0.1004
2230060313	0.0389	0.0173	0.0281	0.1004	0.0501
2230060314	0.0584	0.0261	0.0419	0.1504	0.0751
2230070231	1.1551	0.0875	0.3896	0.2169	0.1627
2230070232	1.5397	0.3213	1.3241	0.3470	0.2603
2230070233	0.6566	0.1063	0.3877	0.1736	0.1300
2230070234	1.1549	0.2410	0.9931	0.2603	0.1952
2230070251	1.3522	0.1025	0.4560	0.2539	0.1905
2230070252	1.5375	0.2487	0.9076	0.4063	0.3047
2230070253	1.0818	0.0820	0.3648	0.2031	0.1524
2230070254	1.1531	0.1865	0.6807	0.3047	0.2286
2230070271	0.3632	0.0587	0.2144	0.0960	0.0720
2230070272	0.6812	0.1423	0.5858	0.1535	0.1151
2230070273	0.2905	0.0470	0.1716	0.0768	0.0577
2230070274	0.5107	0.1067	0.4393	0.1151	0.0864
2230070291	0.1022	0.0164	0.0603	0.0270	0.0203
2230070292	0.1916	0.0400	0.1648	0.0432	0.0323
2230070293	0.0860	0.0160	0.0607	0.0215	0.0162
2230070294	0.1438	0.0299	0.1235	0.0323	0.0244
2230070311	0.1601	0.0259	0.0946	0.0424	0.0316
2230070312	0.2564	0.0413	0.1514	0.0678	0.0507
2230070313	0.1281	0.0208	0.0756	0.0340	0.0254
2230070314	0.1924	0.0310	0.1136	0.0507	0.0382

EK D

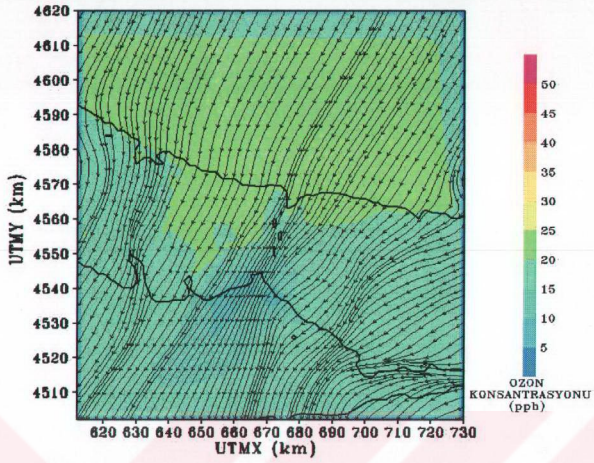




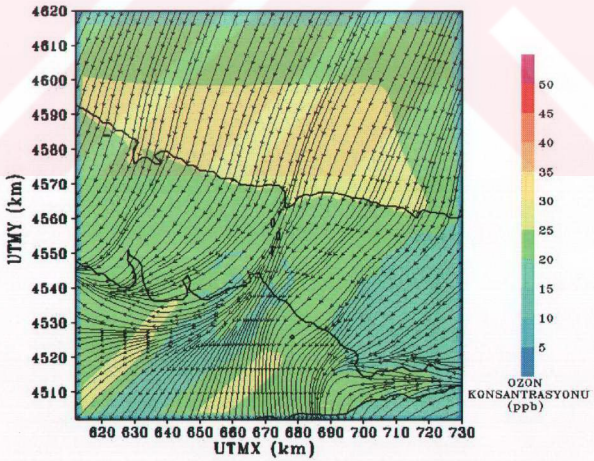
Şekil D.1 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 05h YS, Cumartesi.



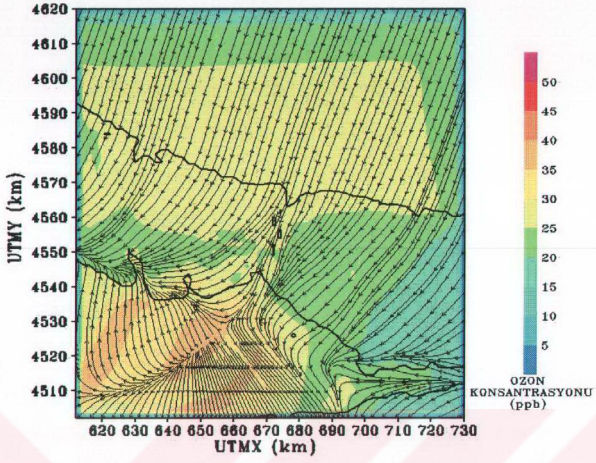
Şekil D.2 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 07h YS, Cumartesi.



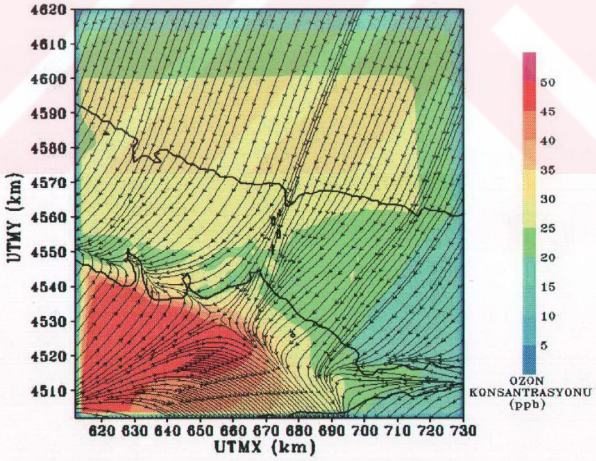
Şekil D.3 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 09h YS, Cumartesi.



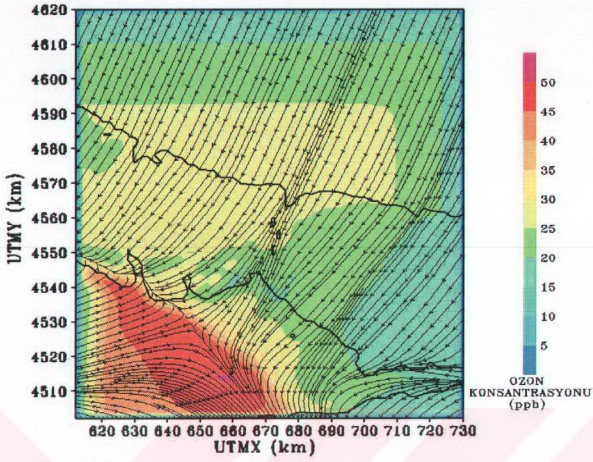
Şekil D.4 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 11h YS, Cumartesi.



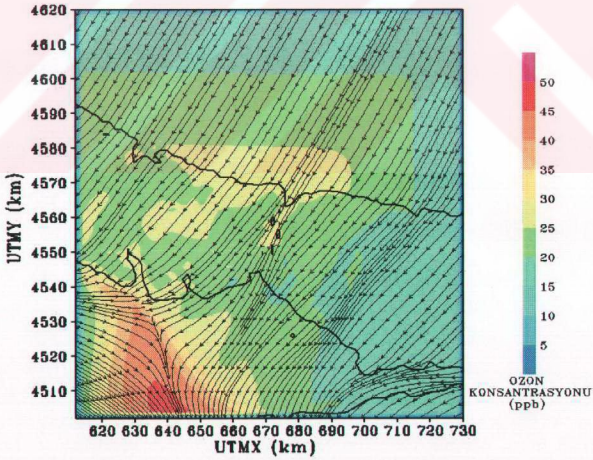
Şekil D.5 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 13h YS, Cumartesi.



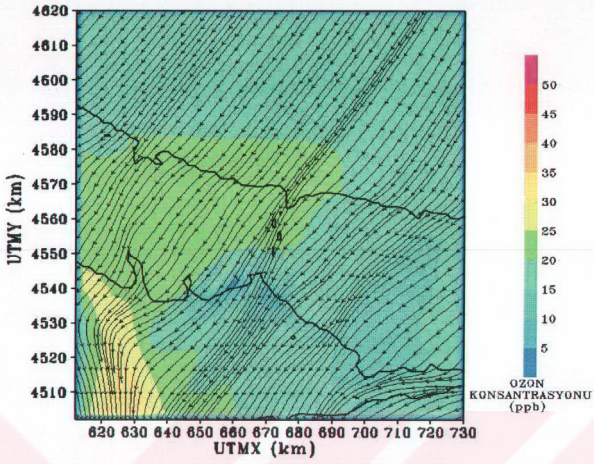
Şekil D.6 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 15h YS, Cumartesi.



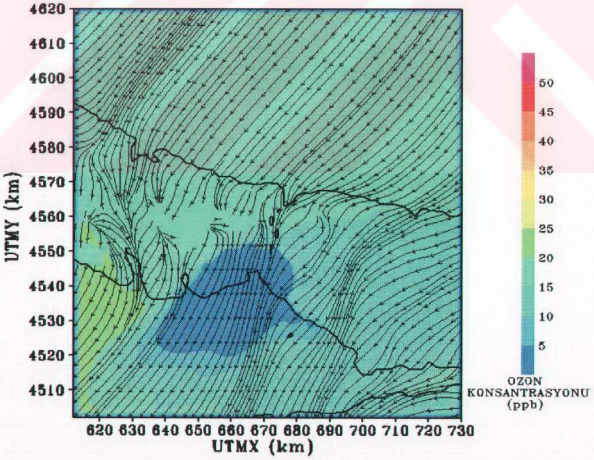
Şekil D.7 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 17h YS, Cumartesi.



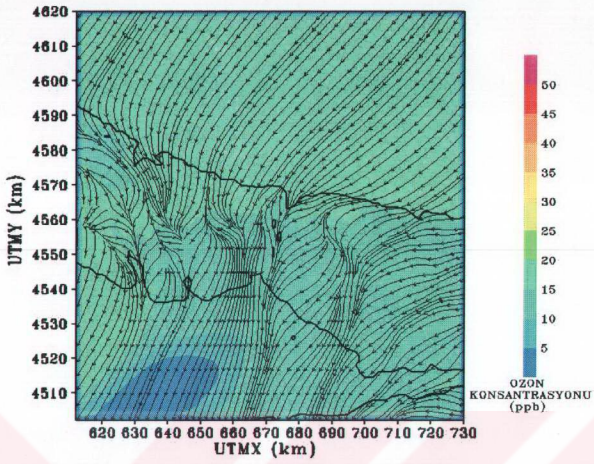
Şekil D.8 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 19h YS, Cumartesi.



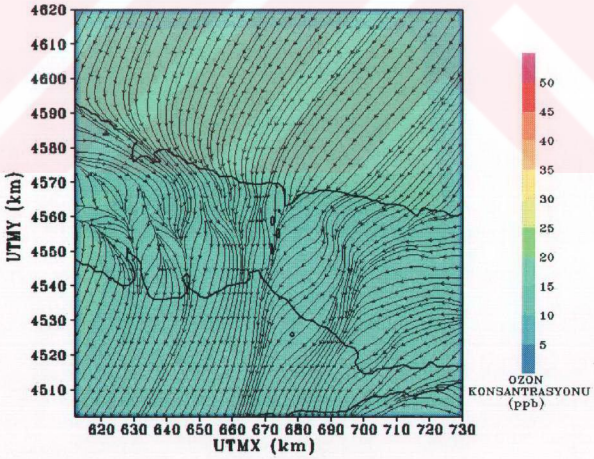
Şekil D.9 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 21h YS, Cumartesi.



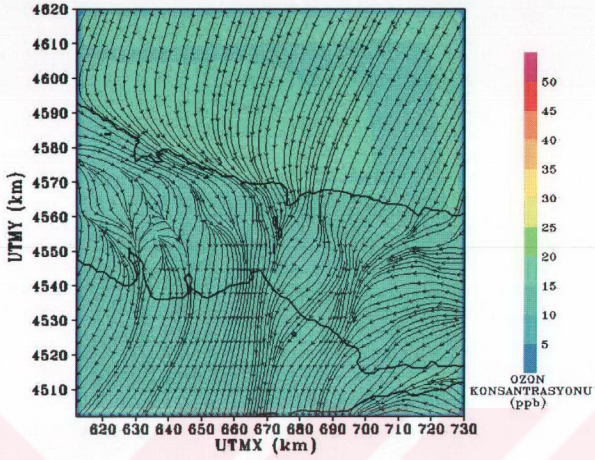
Şekil D.10 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 10 Temmuz 1999 23h YS, Cumartesi.



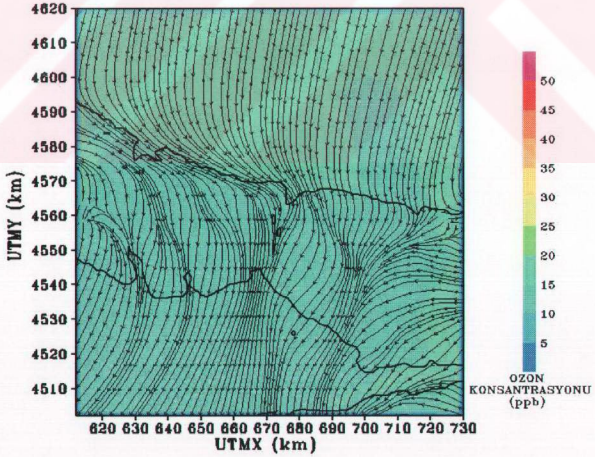
Şekil D.11 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 01h YS, Pazar.



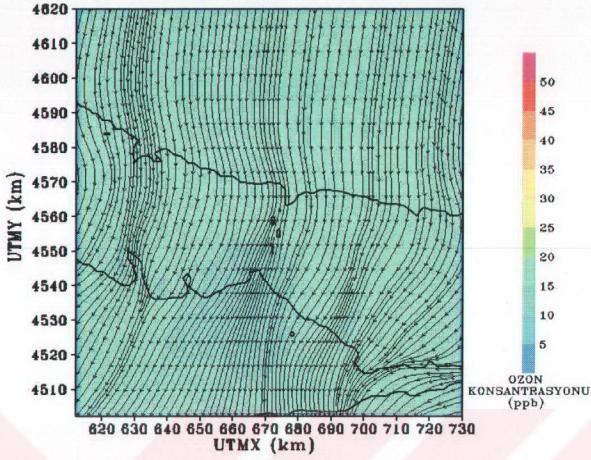
Şekil D.12 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 03h YS, Pazar.



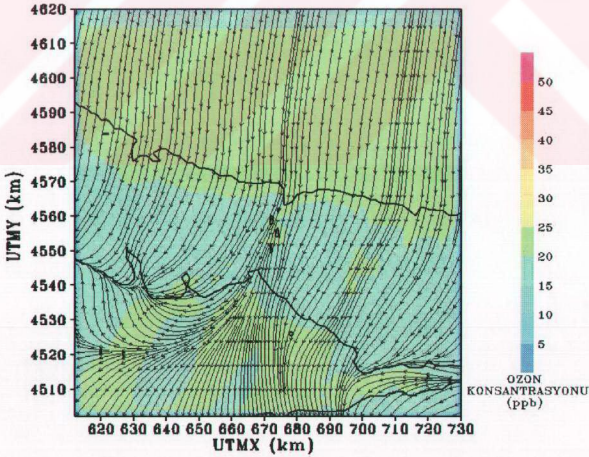
Şekil D.13 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 05h YS, Pazar.



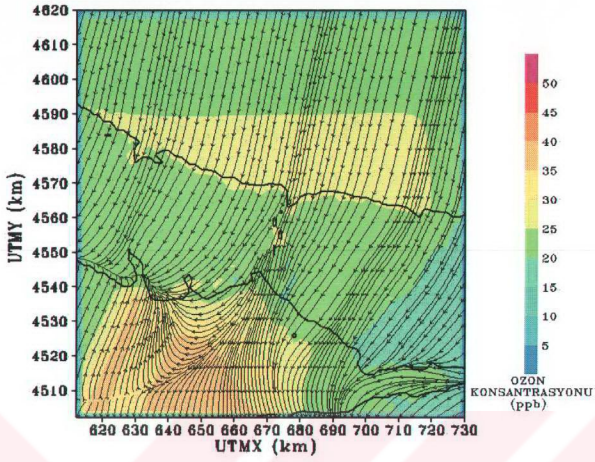
Şekil D.14 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 07h YS, Pazar.



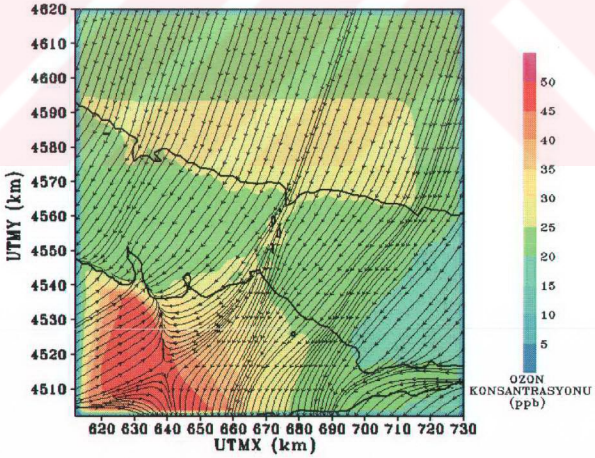
Şekil D.15 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 09h YS, Pazar.



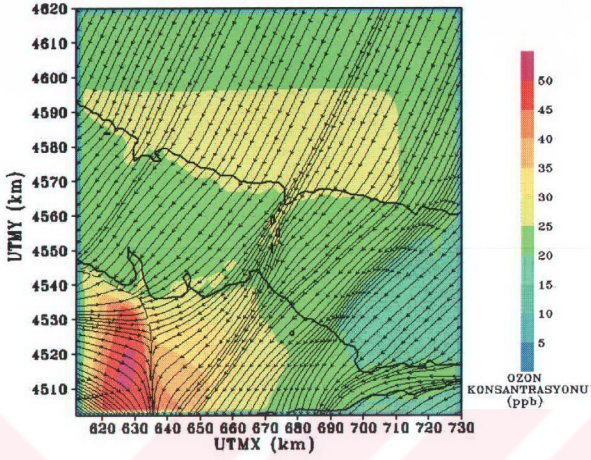
Şekil D.16 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 11h YS, Pazar.



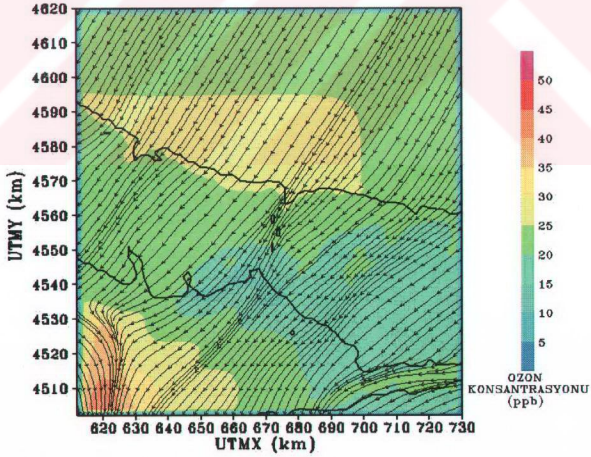
Şekil D.17 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 13h YS, Pazar.



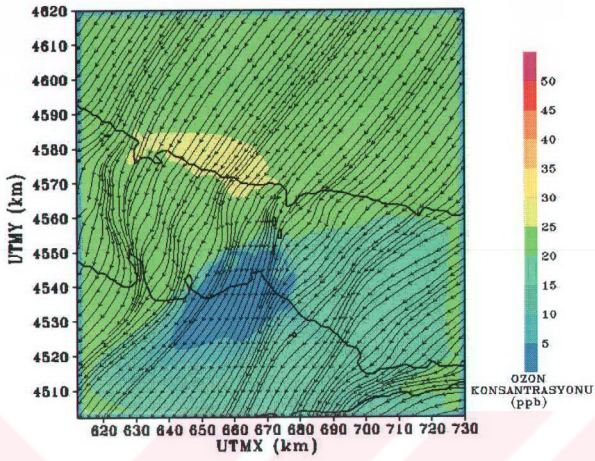
Şekil D.18 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 15h YS, Pazar.



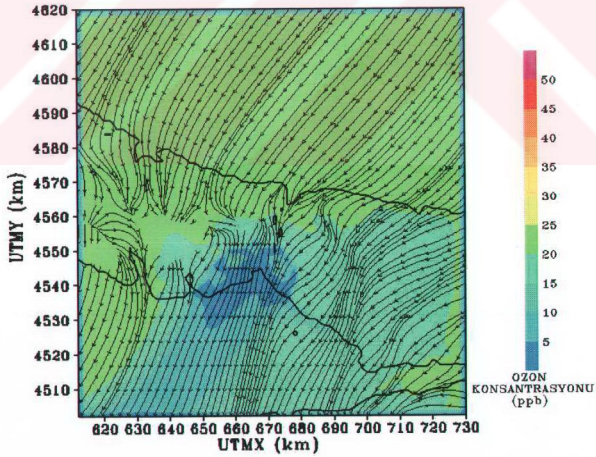
Şekil D.19 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 17h YS, Pazar.



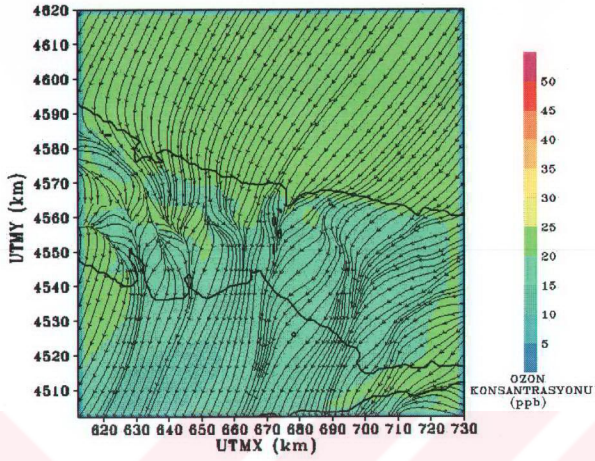
Şekil D.20 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 19h YS, Pazar.



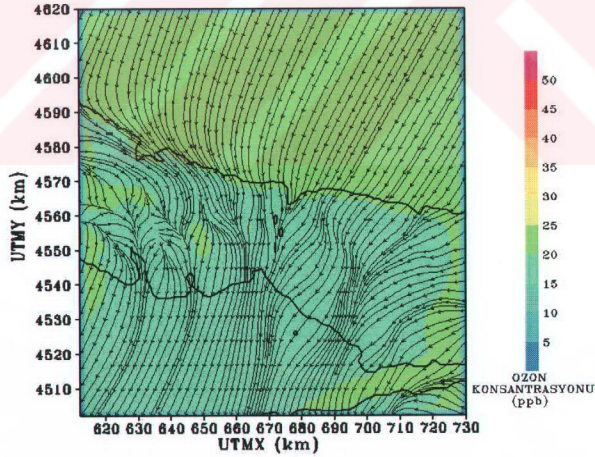
Şekil D.21 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 21h YS, Pazar.



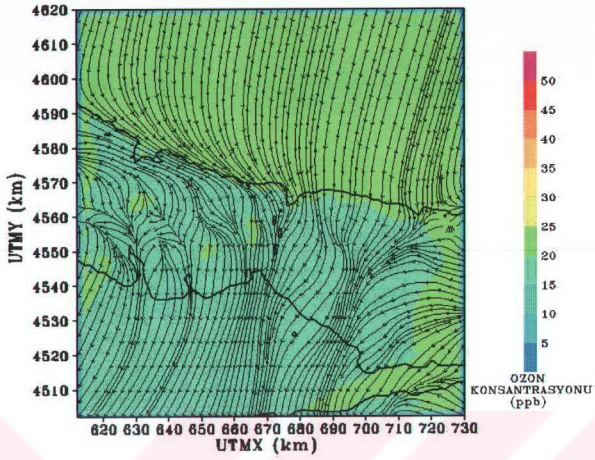
Şekil D.22 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 11 Temmuz 1999 23h YS, Pazar.



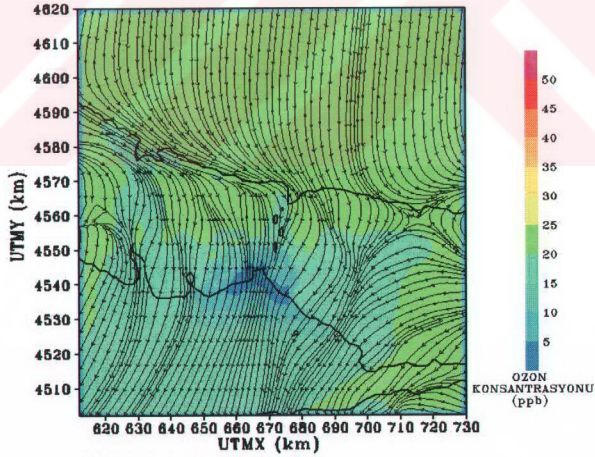
Şekil D.23 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 01h YS, Pazartesi.



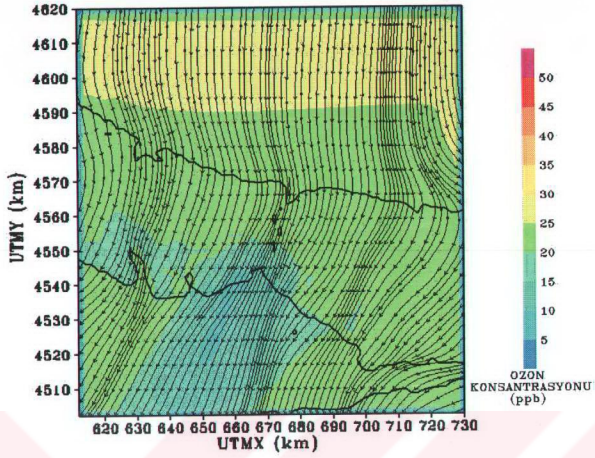
Şekil D.24 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 03h YS, Pazartesi.



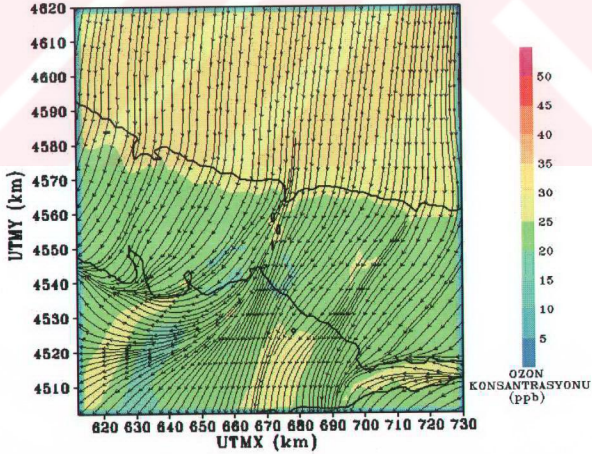
Şekil D.25 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 05h YS, Pazartesi.



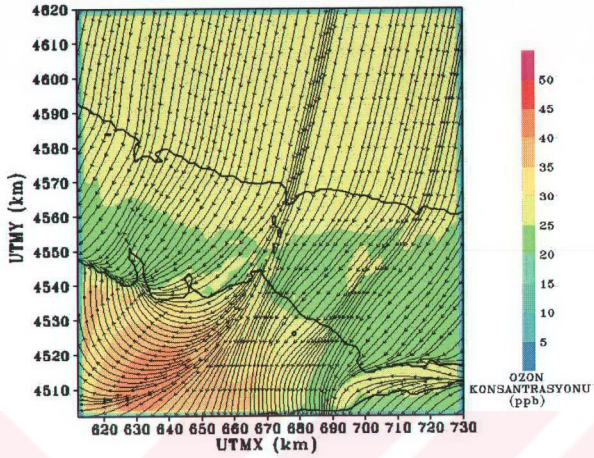
Şekil D.26 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 07h YS, Pazartesi.



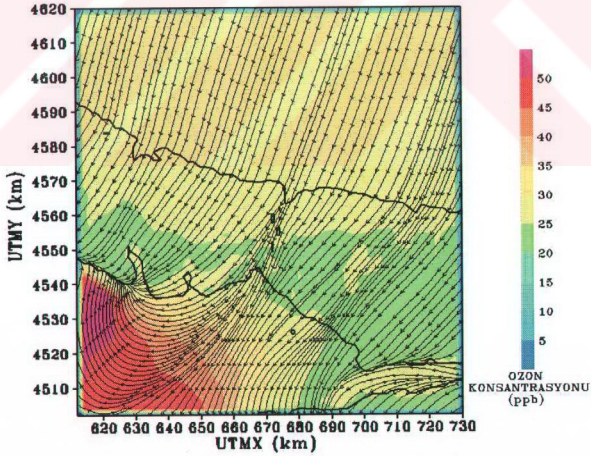
Şekil D.27 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 09h YS, Pazartesi.



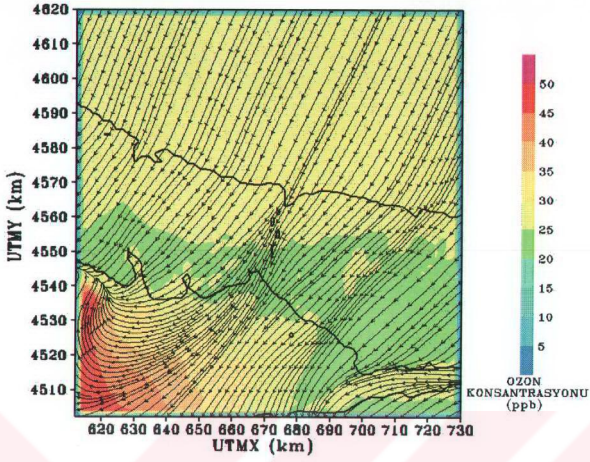
Şekil D.28 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 11h YS, Pazartesi.



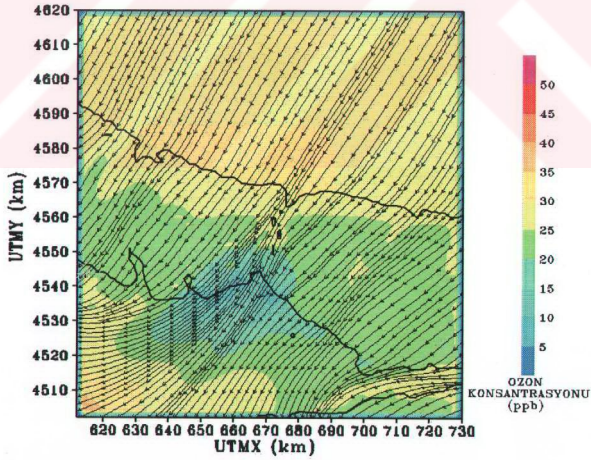
Şekil D.29 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 13h YS, Pazartesi.



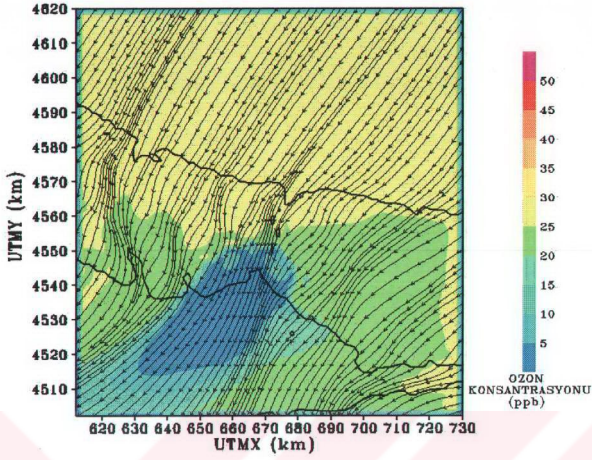
Şekil D.30 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 15h YS, Pazartesi.



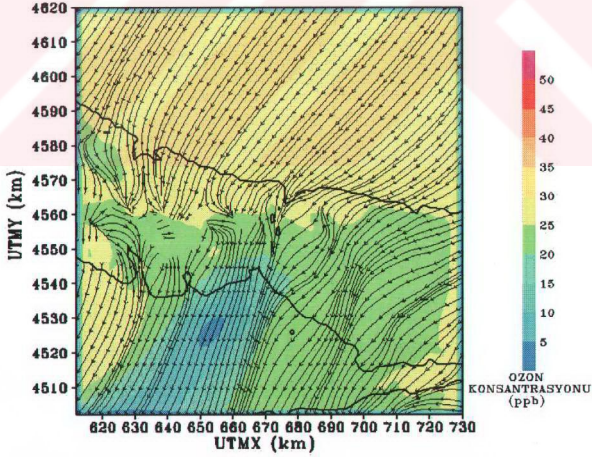
Şekil D.31 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 17h YS, Pazartesi.



Şekil D.32 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 19h YS, Pazartesi.



Şekil D.33 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 21h YS, Pazartesi.



Şekil D.34 Hesaplanan yüzey ozon konsantrasyon alanı ve akım çizgileri. 12 Temmuz 1999 23h YS, Pazartesi.

ÖZGEÇMİŞ

Ümit Anteplioglu 21 Ocak 1955'de Edirne'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamlayarak, İstanbul Küçükçekmece Lisesi'nden mezun oldu. İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'nü 1979 yılında bitirdi. Aynı Üniversitede Fen Bilimleri Enstitüsü Meteoroloji Anabilim Dalı Meteoroloji Programını "Toprak Sıcaklığı Analizleri ve Isı Akısı" konulu tezi hazırlayarak 1983 yılında tamamladı. Halen 1980 yılında işe başladığı B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Meteoroloji Laboratuvarı'ndaki görevine devam etmektedir.