

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ERZURUM İLİ HAVA KİRLİLİĞİNİN MATEMATİK
MODELLE İNCELENMESİ**

Çevre Yük. Müh. Sevda OCAK

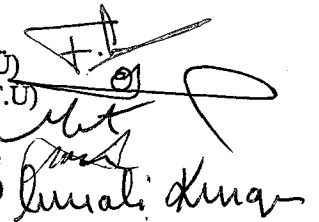
F.B.E Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

DOKTORA TEZİ

168355

Tez Savunma Tarihi
Tez Danışmanı
Jüri Üyeleri

: 24. 12. 2004
: Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK (Y.T.Ü)
: Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK (Y.T.Ü)
: Prof. Dr. Mete TAYANÇ (M.Ü)
: Prof. Dr. Ahmet DEMİR (Y.T.Ü)
: Prof. Dr. Cumali KINACI (İ.T.Ü)



İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Hava Kirliliğinin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi	1
1.2 Hava Kirlleticileri ve Kaynaklarının Sınıflandırılması	3
1.3 Kükürtdioksit ve Etkileri.....	4
1.4 Hava Kalitesi Modelleri ve Hava Kalitesi Kontrolü.....	6
1.5 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	8
2. ERZURUM KENTİ ÖZELLİKLERİ	10
2.1 Meteorolojik Özellikler.....	10
2.2 Hava Kalitesi ve Ölçüm Metodu.....	13
3. ERZURUM İLİ ISINMA KAYNAKLI YAKIT TÜKETİMİ VE EMİSYON ENVANTERİ.....	22
3.1 Yakıt Tüketimini Etkileyen Parametreler	22
3.1.1 Yapısal Parametreler	22
3.1.2 Meteorolojik Parametrelerin Yakıt Tüketimine Etkisi.....	40
3.2 Emisyon Envanterine Giriş	47
3.2.1 Emisyon Faktörleri.....	48
3.2.2 Emisyon Envanteri Çalışmaları.....	49
3.2.3 Erzurum İli Emisyon Envanterinin Çıkarılması.....	51
4. MATEMATİK MODELİN GELİŞTİRİLMESİ VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	57
4.1 Matematik Modelleme	57
4.2 Matematik Modelin Amacı	57
4.3 Modelleme Konuları	59
4.4 Matematik Modelle Hava Kirliliğinin İncelenmesi ve Literatür Çalışması.....	60
4.5 Kutu Modeller	66
4.6 Erzurum İline Uygulanan Matematik Model	71
4.6.1 Matematik Modelin Uygulandığı Yerler ve Literatür Çalışması	72
5. ATDL MODELİN UYGULANMASI.....	75
5.1 Alan Kaynaklar	75
5.2 Nokta Kaynaklar	77
5.3 Günlük Stabilitate Kategorisinin Çıkarılması	78

5.	ATDL MODELİN UYGULANMASI	75
5.1	Alan Kaynaklar.....	75
5.2	Nokta Kaynaklar.....	77
5.3	Günlük Stabilité Kategorisinin Çıkarılması	78
5.4	Günlük Model Hesaplamaları	87
5.5	Modelin Değerlendirilmesi.....	107
5.5.1	ATDL Modelinin Değerlendirilmesi.....	112
5.6	Yakıt Kullanım İndeksi Kullanılarak Günlük Model Tahminlerinin Hesaplanması.....	124
6.	KONTROL SENARYOLARININ UYGULANMASI VE KARŞILAŞTIRILMASI	131
6.1	Kontrol Senaryolarının Uygulanması.....	133
6.1.1	Düşük Kükürtlü (%0.34S) İthal Linyit Kullanılması	134
6.1.2	Doğal Gaz ve Linyit1 (%1S) Beraber Kullanımı	138
6.1.3	Doğal Gaz ve Linyit2 (%0.34S) Beraber Kullanımı	141
6.1.4	Doğalgaz- Linyit1(%1S)- Linyit2 (%0.34S) Birlikte Kullanımı.....	144
6.1.5	Doğalgaz-Linyit1(%1S) Birlikte Kullanımı	146
6.1.6	Doğalgaz-Linyit2(%0.34S) Birlikte Kullanımı	148
6.1.7	Doğalgaz-Linyit1(%1S)- Fuel-Oil Birlikte Kullanımı	150
6.1.8	Doğalgaz-Linyit2(%0.34S)- Fuel-Oil Birlikte Kullanımı	153
6.1.9	Kontrol Senaryolarının Aylık ve Sezon Ortalaması için Uygulanması	155
7.	SONUÇLAR	163
7.1	Yakıt Kullanımının Değerlendirilmesi.....	163
7.2	Emisyon Miktarlarının Değerlendirilmesi.....	165
7.3	Hava Kalitesi Modelleme Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	165
	KAYNAKLAR.....	171
	EKLER.....	179
Ek 1	Matematik Model Programı.....	180
Ek 2	Anket Formu.....	185
Ek 3	Günlük Yakıt Tüketimi İçin Anket Formu.....	187
Ek 4	Günlük Yakıt Tüketim Tabloları.....	188
Ek 5	Erzurum Haritası.....	197
	ÖZGEÇMİŞ.....	198

KISALTMA LİSTESİ

ATDL	Atmospheric Turbulance and Diffusion Laboratory
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
CaSO ₄	Kalsiyum sülfat
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
EPA	Environmental Protection Agency
HC	Hidrokarbon
HCl	Hidro klorik asit
HF	Hidrojen florür
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
H ₂ S	Hidrojen Sülfür
HSO ₃	Sülfüroz asit
H ₂ SO ₄	Sülfirik asit
KVS	Kısa Vadeli Sınır Değer
Na ₂ CO ₃	Sodyum karbonat
NH ₃	Amonyak
NO	Azot monooksit
NO ₂	Azotdioksit
NO _x	Azot oksitler
O ₃	Ozon
PAH	Poli aromatik hidrokarbon
PAN	Peroksi asetil nitrat
PCDD	Poliklorlu dibenzo dioksin
PCDF	Poliklorlu dibenzo furan
PM	Partiküler Madde
SO ₂	Kükürtdioksit
SO ₃	Kükürt trioksit
UVS	Uzun Vadeli Sınır Değer
VOC	Uçucu organik bileşik
YKİ1	Yakıt kullanım İndisi 1
YKİ2	Yakıt Kullanım İndisi2
WHO	World Health Organization

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Kasım 2001-Nisan 2002 günlük ortalama rüzgar hızı	15
Şekil 2.2	Kasım ayı günlük SO ₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi.....	15
Şekil 2.3	Aralık ayı günlük SO ₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi	16
Şekil 2.4	Ocak ayı günlük SO ₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi.....	16
Şekil 2.5	Şubat ayı günlük SO ₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi	17
Şekil 2.6	Mart ayı günlük SO ₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi.....	17
Şekil 2.7	Nisan ayı günlük SO ₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi	18
Şekil 2.8	Kasım ayı günlük SO ₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi.....	18
Şekil 2.9	Aralık ayı günlük SO ₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi.....	19
Şekil 2.10	Ocak ayı günlük SO ₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi.....	19
Şekil 2.11	Şubat ayı günlük SO ₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi.....	20
Şekil 2.12	Mart ayı günlük SO ₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi	20
Şekil 2.13	Nisan ayı günlük SO ₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi.....	21
Şekil 3.1	2001-2002 kış sezonu sobalı konutlar için yakıt (kömür) tüketimi	29
Şekil 3.2	2001-2002 kış sezonu sobalı konutlar için yakıt (odun) tüketimi.....	30
Şekil 3.3	60-79 m ² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için sezonluk	30
Şekil 3.4	60-79 m ² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için kişi sayısına göre yakıt (kömür) tüketimi.....	31
Şekil 3.5	80-99 m ² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için sezonluk kömür-odun tüketimi.....	32
Şekil 3.6	80-99 m ² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için kişi sayısına göre yakıt (kömür) tüketimi.....	33
Şekil 3.7	100-119 m ² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için sezonluk kömür-odun tüketimi.....	33
Şekil 3.8	100-119 m ² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için kişi sayısına göre yakıt (kömür) tüketimi.....	34
Şekil 3.9	120-139 m ² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için sezonluk kömür-odun tüketimi.....	35
Şekil 3.10	120-139 m ² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için kişi sayısına göre yakıt (kömür) tüketimi.....	36
Şekil 3.11	2001-2002 kış sezonu kaloriferli konutlar için kömür tüketimi	38
Şekil 3.12	2001-2002 kış sezonu kaloriferli konutlar için odun tüketimi.....	38
Şekil 3.13	100-119 m ² taban genişliğine sahip kaloriferli konutlar için sezonluk kömür- odun tüketimi.....	39
Şekil 3.14	140 m ² den büyük taban genişliğine sahip sobalı konutlar için sezonluk kömür- odun tüketimi.....	39
Şekil 3.15	2002-2003 Kış Sezonu Ortalama Sıcaklık verisi dağılım grafiği	42
Şekil 3.16	2002-2003 Kış sezonu rüzgar verisi dağılım grafiği.....	43
Şekil 4. 1	Hava Kalitesi Model Elemanları.....	58
Şekil 4. 2	Hava Kirlenmesi Kontrol Modeli	59
Şekil 4. 3	Kütle bilançosunun yapıldığı kontrol hacmi.....	60
Şekil 4. 4	Kent Kutu Model geometrisi.....	66
Şekil 4. 5	Gridlere (karelere) bölünmüş alan kaynak.....	70
Şekil 5. 1	Kasım ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı	94
Şekil 5. 2	Aralık ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı	95
Şekil 5. 3	Ocak Ayı ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı	96
Şekil 5. 4	Şubat ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı.....	97

Şekil 5. 5	Mart ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı	98
Şekil 5. 6	Nisan ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı	99
Şekil 5. 7	Kasım ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı	100
Şekil 5. 8	Aralık ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı.....	101
Şekil 5. 9	Ocak ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı	102
Şekil 5. 10	Şubat ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı.....	103
Şekil 5. 11	Mart ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı.....	104
Şekil 5. 12	Nisan ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı	105
Şekil 5. 13	2001-2002 Kış sezonu için model ve ölçüm ortalama değerlerinin.....	106
Şekil 5. 14	Model-Ölçüm değerlerinin ortalama aylık ve sezonluk değerlerinin	107
Şekil 5. 15	YKİ2 kullanılarak bulunan emisyon kuvvetlerine göre hesaplanan model tahminleri($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ortalaması, faktör kullanılmadan bulunan emisyon kuvvetlerine göre hesaplanan model tahminleri ortalaması($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve ölçüm değerleri ortalaması($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	127
Şekil 6.1	Kontrol senaryolarının aylık ve sezonluk peryotlar için karşılaştırılması	159



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1	Kirli atmosfer ile temiz atmosferin karşılaştırılması (Stern C, 1976).....	2
Çizelge 1.2	Hava kirlenmesinde önemli olaylar (Tünay O ve Alp K,1996).....	2
Çizelge 1.3	Birincil ve ikincil hava kirleticilerinin ayrımı (Wark K. et al, 1998)	3
Çizelge 1.4	A.B.D de antropojenik SO ₂ kaynakları [1]	4
Çizelge 1.5	Kükürtdioksitin hava kalitesi kriterleri ve insan sağlığı üzerindeyaptığı etkileri (Boubel R.W. et al, 1994).....	6
Çizelge 2.1	Esas Alınan Sekiz Yön İçin Kasım2001-Nisan2002 arasındaki Rüzgar Yönü ve Esme Sayıları.....	14
Çizelge 2.2	7-14-21 Rasatları için rüzgar hızının sekiz yöne göre aylık esme frekansları ve aylık ortalama rüzgar hızı değerleri.....	14
Çizelge 3.1	Mahallelerdeki konut taban alanı ve konut nüfusuna göre yakıt kullanımı.....	25
Çizelge 3.2	Mahallelerdeki konut taban alanı ve konut nüfusuna göre yakıt kullanımı.....	26
Çizelge 3.3	Mahallelerdeki konut taban alanı ve konut nüfusuna göre yakıt kullanımı.....	27
Çizelge 3.4	Sobalı Konutlar için Konut Taban Genişliğine Göre Yakıt Tüketimi	28
Çizelge 3.5	Konut Taban Genişliğine Göre Ortalama Yakıt Tüketimi.....	29
Çizelge 3.6	Kaloriferli binaların taban alanı grubuna göre yakıt kullanımı	37
Çizelge 3.7	Taban alanı genişliğine göre kaloriferli konutlar için ortalama yakıt tüketimi. 37	
Çizelge 3.8	2001-2002 Kış sezonu için kaloriferli- sobalı birim konut başına düşen yakıt tüketim miktarları	40
Çizelge 3.9	Sıcaklık grupları ve bu aralıklardaki gün sayısı.....	44
Çizelge 3.10	Yakıt Kullanım İndisi 1 (YKİ1) Hesabı.....	44
Çizelge 3.11	Toplam Yakıt Miktarının Belirlenmesi.....	45
Çizelge 3.12	Sıcaklık ve Rüzgar hızı sınıf aralıkları ve U/T parametre değeri	46
Çizelge 3.13	YKİ2 Hesabı	46
Çizelge 3.14	Toplam yakıt miktarının belirlenmesi.....	47
Çizelge 3.15	Şehrin Konut Sayısının Gridlere Göre Dağılımı.....	52
Çizelge 3.16	Isıtma sistemi yüzdelik dağılımı	52
Çizelge 3.17	Yakıt Tüketiminin Gridlere Göre Dağılımı(ton/sezon)	53
Çizelge 3.18	2001-2002 kış sezonunda kullanılan ithal linyit ve daha düşük kükürtlü ithal linyit özellikleri (T.C. Sağlık Bak. Hıfzısıhha Bölge Enst. Md, 2001)	54
Çizelge 3.19	SO ₂ Emisyonlarının Gridlere Dağılımı	55
Çizelge 3.20	Yakıt Kullanım İndeksi Kullanılarak SO ₂ Emisyon Kuvvetinin Hesaplanması	56
Çizelge 4. 1	Atmosferik kararlılığa bağlı olarak a ve b parametrelerindeki nümerik değerler	69
Çizelge 5. 1	Stabilite parametre değerleri	77
Çizelge 5. 2	P-G stabilite sınıfları	78
Çizelge 5. 3	Solar radyasyonun, bulutluluk ve solar açıya göre belirlenmesi	79
Çizelge 5. 4	Kasım ayı meteorolojik verileri	80
Çizelge 5. 5	Aralık ayı meteorolojik verileri.....	81
Çizelge 5. 6	Ocak ayı meteorolojik verileri	82
Çizelge 5. 7	Şubat ayı meteorolojik verileri.....	83
Çizelge 5. 8	Mart ayı meteorolojik verileri	84
Çizelge 5. 9	Nisan ayı meteorolojik verileri	85
Çizelge 5. 10	Kasım ayı günlük model tahmin sonuçları	87
Çizelge 5. 11	Aralık ayı günlük model tahmin sonuçları.....	88
Çizelge 5. 12	Ocak ayı günlük model tahmin sonuçları	89

Çizelge 5.13	Şubat ayı günlük model tahmin sonuçları.....	90
Çizelge 5. 14	Mart ayı günlük model tahmin sonuçları	91
Çizelge 5. 15	Nisan ayı günlük model tahmin sonuçları.....	92
Çizelge 5. 16	Aylık ve sezonluk ortalama model hesapları	93
Çizelge 5. 17	Kasım ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata ve günlük stabilite , rüzgar hızı değerleri.....	112
Çizelge 5. 18	Aralık ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata ve günlük stabilite , rüzgar hızı değeri	113
Çizelge 5. 19	Ocak ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata ve günlük.....	114
Çizelge 5. 20	Şubat ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata.....	115
Çizelge 5. 21	Mart ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata ve	116
Çizelge 5. 22	Nisan ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata hesapları	117
Çizelge 5. 23	Minimum rüzgar hızına sahip günler için Cp, Co, Cp/Co,	118
Çizelge 5. 24	Rüzgar hızı minimum olan günler için Cp, Co, Cp/Co,.....	120
Çizelge 5. 25	E stabilite ve minimum rüzgar hızı görülen günler için.....	121
Çizelge 5. 26	D stabilite ve düşük rüzgar hızına sahip günlerde	123
Çizelge 5. 27	E stabilite ve düşük rüzgar hızına sahip günlerde.....	124
Çizelge 5. 28.	YKİ2 ile hesaplanan ve indeks kullanmadan hesaplanan emisyon şiddetlerinin($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{sn}$) grid bazında gösterimi	126
Çizelge 5. 29	Grid bazında YKİ2 kullanılarak bulunan emisyon kuvvetlerine göre hesaplanan model tahminleri($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ortalaması, indeks kullanılmadan bulunan emisyon kuvvetlerine göre hesaplanan model tahminleri ortalaması($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve ölçüm değerleri ortalaması($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	126
Çizelge 5. 30	Ölçüm Gridlerinde (C1-C2-D1-D2-D3-E1) YKİ2 kullanılarak bulunan emisyon kuvvetlerine göre hesaplanan model tahminleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve ölçüm değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	128
Çizelge 5. 31	Günlük rüzgar hızı ve rüzgar yönü değerleri	129
Çizelge 6. 1	2001-2002 Kış Sezonunda kullanılan ithal linyit ve daha düşük kükürtlü	134
Çizelge 6. 2	Grid bazında eşdeğer düşük kükürtlü linyit tüketim miktarı ve.....	135
Çizelge 6. 3	Kontrol senaryosu I uygulanması durumunda model sonuçları.....	137
Çizelge 6. 4	Kontrol senaryosu I model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri.....	137
Çizelge 6. 5	Doğal gaz ve linyit1 (%1S) beraber kullanıldığında grid bazında yakıt tüketimi ve SO ₂ emisyon kuvvetleri	139
Çizelge 6. 6	Kontrol senaryosu II uygulanması durumunda model sonuçları	140
Çizelge 6. 7	Kontrol senaryosu II model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri.....	140
Çizelge 6. 8	Grid Bazında düşük kükürtlü linyit ve doğalgaz kullanım miktarları ve.....	141
Çizelge 6. 9	Kontrol senaryosu III uygulanması durumunda günlük model sonuçları.....	143
Çizelge 6. 10	Kontrol senaryosu III model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri.....	143
Çizelge 6. 11	Grid Bazında doğalgaz-lynit1- linyit2 kullanım miktarları ve	144
Çizelge 6. 12	Kontrol senaryosu IV uygulanması durumunda günlük model sonuçları.....	145
Çizelge 6. 13	Kontrol senaryosu IV model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri.....	145
Çizelge 6. 14	Grid bazında doğalgaz-lynit1 tüketim miktarları ve SO ₂ emisyon kuvvetleri	146
Çizelge 6. 15	Kontrol senaryosu V için günlük model sonuçları.....	147
Çizelge 6. 16	Kontrol senaryosu V model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri.....	147
Çizelge 6. 17	Grid bazında doğalgaz ve linyit2 (%0.34S) tüketim miktarları ve SO ₂ emisyon	

Çizelge 6. 17	Grid bazında doğalgaz ve linyit2 (%0.34S) tüketim miktarları ve SO ₂ emisyon kuvvetleri.....	148
Çizelge 6. 18	Kontrol senaryosu VI için günlük model sonuçları	149
Çizelge 6. 19	Kontrol senaryosu VI model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri	149
Çizelge 6. 20	Grid bazında doğalgaz-lyinyit1 ve fuel oil tüketimi ve SO ₂ emisyon kuvvetleri.....	151
Çizelge 6. 21	Kontrol senaryosu VII için günlük model sonuçları.....	152
Çizelge 6. 22	Kontrol senaryosu VII model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri	152
Çizelge 6. 23	Grid bazında doğalgaz-lyinyit2 ve fuel oil tüketimi ve SO ₂ emisyon kuvvetleri.....	153
Çizelge 6. 24	Kontrol senaryosu VIII için günlük model sonuçları	154
Çizelge 6. 25	Kontrol senaryosu VIII model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri	154
Çizelge 6. 26	Kontrol senaryolarına göre kasım ayı ortalama model değerleri ve.....	155
Çizelge 6. 27	Kontrol senaryolarına göre aralık ayı ortalama model değerleri ve	156
Çizelge 6. 28	Kontrol senaryolarına göre ocak ayı ortalama model değerleri ve.....	156
Çizelge 6. 29	Kontrol senaryolarına göre şubat ayı ortalama model değerleri ve	157
Çizelge 6. 30	Kontrol senaryolarına göre mart ayı ortalama model değerleri ve	157
Çizelge 6. 31	Kontrol senaryolarına göre nisan ayı ortalama model değerleri ve	158
Çizelge 6. 32	Kontrol senaryolarına göre sezonluk ortalama model değerleri ve	158
Çizelge 6.33	Kontrol senaryolarına göre tüketilen yakıt miktarı ve maliyet hesabı.....	162

ÖNSÖZ

Hava kirliliği emisyon envanteri, hava kalitesi modelleme çalışmaları için önemli bir veridir. Bu çalışmada, emisyon envanterinin oluşturulmasına katkıda bulunacak yakıt kullanım faktörleri geliştirilmiştir. Yakıt kullanım faktörleri mevcut meteorolojik şartlara göre, her sene için ısıtma kaynaklı yakıt tüketiminin belirlenmesinde önemli bir kaynak olacaktır. Ayrıca ısıtma tipi ve taban alan genişliğine göre birim konut için, yakıt tüketimi miktarları belirlenmiştir. Gerek konut taban alan genişliği dikkate alınarak gerekse de meteorolojik parametrelere bağlı olarak geliştirilen faktörler dikkate alınarak, belirlenen süre için yakıt sarfiyatı hesaplamak mümkündür. Emisyon envanterine temel oluşturacak yakıt tüketimini yakıt faktörlerine göre belirlemek, çalışma bölgesi için daha doğru veri üretmemizi sağlayacaktır. Kentin konut ısıtma özellikleri ve konut taban alan genişliği yada iklimsel özellikleri dikkate alınarak, zaman ve mekana göre, daha doğru tüketim miktarları bulunacaktır. Böylece birim alan için daha doğru emisyon hızları hesaplanacak ve kirleticilerin dağılımı için, daha özgün giriş verileri kullanılmış olacaktır. Hava kalitesi modelleme çalışması sonuçları da, planlama amaçlı kullanılarak, özellikle Erzurum ili için doğal gaz çalışmasında öncelikler verilecek bölgelerin seçilmesinde ve gerekli yönlendirmelerin yapılmasında önemli bir kaynak olacaktır.

Çalışmalarım süresince değerli bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, destek ve teşviklerini gördüğüm tez hocam Sayın Prof. Dr. Ferruh Ertürk'e teşekkürlerimi arz ederim.

Gerek tez çalışmamın yönlendirilmesinde ve gerek ilgili değerlendirilmelerin yapılandırılmasında, kıymetli katkı ve desteklerinden dolayı tez komisyonumdaki hocalarım Sayın Prof. Dr. Mustafa Öztürk ve Sayın Prof. Dr. Mete Tayanç' a teşekkür ederim.

Değerli katkı ve ilgilerinden ötürü tez jürimdeki hocalarımdan Sayın Prof. Dr. Ahmet Demir ve Sayın Prof. Dr. Cumali Kınacı'ya da teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Hava kirliliği modern yaşamın bir sonucudur. Ülkemizde hava kirliliği, farklı kaynaklara bağlı olarak gündeme gelmektedir. Erzurum ili için hava kirliliği ısınma kaynaklı olarak ele alınmaktadır. Erzurum ilinde yakıtların yanmasından meydana gelen SO₂ kirleticisinin yer seviyesi konsantrasyonları, Gauss huzme esaslı ATDL (Atmospheric Turbulent Diffusion Laboratory) dispersiyon modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Model çalışmasına giriş verisi olarak kullanılacak emisyon kuvvetleri, yakıt tüketimini etkileyen parametrelere bağlı olarak farklı şekillerde hesaplanmıştır. Bu amaçla yakıt tüketimi için iki farklı yöntem geliştirilmiştir. Birinci yöntemde konut taban alan genişliği ve konut ısıtma tipine bağlı olarak, birim konut için sezonluk yakıt tüketimi bulunmuştur. Buna göre çalışma alanında kaloriferli ve sobalı konutların ısınma sezonunda yakıt tüketim miktarları ölçülmüştür. Kaloriferli konutlarda sadece konut taban alan genişliğine göre, sobalı konutlarda ise hem taban genişliği hemde konutta yaşayan insan sayısına göre yakıt tüketim miktarları toplanmıştır. Konut taban alan genişlikleri, 40m², 40-59 m², 60-79 m², 80-99 m², 100-119 m², 120-139 m² ve 140 m²'den büyük olmak üzere 7 gruba ayrılmıştır. Sonuçlar, sobalı konutlar için yakıt tüketimini konutta yaşayan insan sayısının etkilemediğini, ancak konut taban alan genişliği gibi yapısal parametrelerin etkili olduğunu göstermiştir. Konut taban alan genişliği 100 m² ve daha büyük sobalı konutlar için, yakıt tüketim miktarı değişmemektedir. Yani konut genişliği 100 m² ve daha yukarısı için yakıt tüketiminde etkili olmamaktadır. Sobalı konutlar için ortalama yakıt tüketim miktarı 2 tonlinyit/sezon, kaloriferli konutlar için 2.5 ton linyit/sezon olarak bulunmuştur. 75 m² den küçük taban alan genişliğine sahip sobalı konutlar, gecekondular olarak değerlendirilmiş ve yakıt tüketimi birim konut için 1.250 tonlinyit/sezon, sobalı işyerleri için 1 tonlinyit/sezon olarak bulunmuştur. İkinci yöntemde, yakıt kullanımı meteorolojik parametrelerle ilişkilendirilmiştir. Buna bağlı olarak yakıt kullanım indisleri bulunmuştur. Dikkate alınan meteorolojik parametreler sıcaklık ve rüzgar hızıdır. Sıcaklıkla ilişkili YKİ1 8.69-16.61 kg yakıt /daire.gün arasında değişmektedir. Sıcaklık-rüzgar ilişkili YKİ2 3.8-38.8 kg yakıt/daire.gün arasında değişmektedir. Konut taban alan genişliğine göre çıkarılmış olan yakıt tüketim miktarları kullanılarak, 2001-2002 kış sezonu için toplam 124061 ton kömür, 17997 ton odun tüketildiği hesaplanmıştır. Bu kış sezonu için atmosfere 1740786 kg SO₂ salınmıştır. Kent alanı, 1.45*1.45 km² lik grid alanlara ayrılmış, gridlerdeki emisyon kuvvetlerinin 0-9.5 µg/m².sn arasında değiştiği hesaplanmıştır.

SO₂ kirleticisinin yer seviyesindeki konsantrasyon dağılımı , alan kaynaklara uygulanan ATDL kompleks dispersiyon modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. QBASIC dilinde yazılmış program, Visual Basic de çalıştırılmıştır. Modelin giriş verisi her bir grid kare için emisyon kuvvetleri, ortalama rüzgar hızı ve yönü, atmosferik stabilite değeridir. Model her bir grid için günlük, aylık ve sezonluk zaman dilimlerinde tahmin yapabilmektedir. Model tahminleri, altı grid karede yerleştirilen , ölçüm istasyonu verilerine göre kıyaslanmıştır. Modelin sezonluk ortalama için %86, aylık ortalamalarda %94 güvenilirlikle tahmin yaptığı bulunmuştur. Günlük tahminlerde en iyi sonuçlar nötr stabilite ve rüzgar hızının 1m/s den yüksek olduğu günler için bulunmuştur. Modelin çalışma sınırları belirlendikten sonra, hava kirliliği kontrol senaryolarının uygulanmasında kullanılmıştır. Kontrol planları yakıt kalitesinin düzenlenmesi çerçevesinde düşünülmüştür. Bunun için kent alanında kirliliğin yoğun olduğu bölgelere göre çeşitli yakıt kombinasyonları denenmiştir. Uzun vadede önerilen en iyi senaryo doğalgaz kullanımının şehrin geneline yayılmasıdır. Model hesapları kullanılarak doğalgaz uygulamasında öncelik verilmesi gereken bölgeler belirlenmiştir. Kontrol senaryolarının ekonomikliği de tartışılarak, gridlere göre en uygun yakıt kombinasyonu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hava Kirliliği, Yakıt Tüketimi, Isınma, Meteoroloji, Emisyon Envanteri, SO₂, ATDL, Hava Kalite Modelleri, Kutu Model, Verifikasyon, Hava Kalite Kontrolü

ABSTRACT

Air pollution is a result of modern living. Air pollution in our country have come to agenda due to different type source. Air pollution over Erzurum city is taken up due to heating source. Ground level concentration of SO_2 pollutant formed fuel combustion in Erzurum city has been calculated using ATDL model including Gauss formulation. Emission strengths as input data for the model study have been calculated with different types due to effecting parameters on fuel consumption. For this aim, two different methods have been developed. Seasonal fuel consumption for unit flat has been found in first method due to flat area and heating type of flat. The fuel consumption has been measured for flats with central heating and flat with stove heating during heating season in domain study. The fuel consumption amount has been collected according to only flat area for flat with central heating, flat area and the number of living person in flat for flat with stove heating. Flat area is divided seven class as small 40 m^2 , $40\text{-}59 \text{ m}^2$, $60\text{-}79 \text{ m}^2$, $80\text{-}99 \text{ m}^2$, $120\text{-}139 \text{ m}^2$ ve bigger 140 m^2 . The results has been shown that the number of living person in flat for flat with stove heating has no effect on the fuel consumption amount but flat area has affected on the fuel consumption amount. The fuel consumption amounts have not varied in flat area having 100 m^2 and bigger 100 m^2 . Namely flat area having 100 m^2 and bigger 100 m^2 have no effect on fuel consumption. It has been found that 2tone lignite/season for unit flat with stove heating and 2.5 tone lignite/season for flat with central heating. Flat area having smaller 75 m^2 is taken up squatter's house. It has been found that fuel consumption for the unit of squatter's house is 1.250 lignite/season and for small work is 1.000tone lignite/season. Fuel consumption have been related in the meteorological parameters in the second method. Fuel consumption indices have been developed due to this approach. It has been taken up meteorological parameters as temperature and wind velocity. YKI1 relating with temperature vary between 8.69-16.61 kg/flat.days. YKI2 relating with temperature and wind velocity vary between 3.8-38.8 kg/flat.day. Using fuel consumption amount for unit flat area, total coal consumption amount have been calculated respectively 124061 tone, 17997 tone at 2001-2002 winter season. SO_2 has been released to atmosphere 1740786 kg at this period. Urban area has been divided to $1.45 \times 1.45 \text{ km}^2$ grid square and calculated emission strength in this grid square vary $0\text{-}9.5 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{sn}$.

SO_2 pollutant ground levels concentration has been estimated using ATDL complex model applied for area sources. Model has been run in Visual Basic programme. Input data for each grid square are emission strength, average wind velocity, wind direction and atmospheric stability. Model predict SO_2 concentration for each grid squares for daily, montly and seasonal period. Model predictions have been compared with measured data from measuring stations at situated different six grids. It has been found that the model could predict %86 accurately in montly estimation and %94 accurately in seasonal estimation. The best result of daily prediction has been found in day having nötral stability and higher 1m/s wind velocity. After the model running limits determining, model has been used for applying air pollution control senarios. The control senarios as fuel quality regulation has been applied. For this purpose different fuel combination has been tried according to higher pollutant levels in urban area. Preferred the best senario at long-term period, using natural gas has been distributed to urban area. The primer domains has been choosen for natural gas distrubution with using model predictions. Control senarios has been discussed economically also and the fitting fuel combination has been evaluated at each grid squares.

Key Words: Air Pollution, Fuel Consumption, Heating, Meteorology, Emission Inventory, SO_2 , ATDL, Air Quality Models, Box Model, Verification, Air Quality Control

1. GİRİŞ

Çevre sorunları, 20.yüzyılın son çeyreği ve yüzyılımızın en önemli problemi olarak , kendini ekvatorlardan kutuplara kadar hissettirmiştir. Çevre kirlenmesi, insan faaliyetleri sonucu birtakım fiziksel, kimyasal veya biyolojik etkenlerle çevrenin doğal durumunun bozulması olarak ifade edilebilir. Her geçen gün büyüyen ve doğal kaynakları kullanılmaz hale getiren çevre sorunları çeşitli ölçeklerde tehdit edici etkilerini göstermektedir .

Dünya nüfusunun 1900 yılında 1.7 milyar, 1974'te 3.9 milyar olduğu ve 2000 li yıllarda ise 7 milyarı bulacağı hesaplanmıştır. Bu nüfusun %50-70 kadarının daha iyi yaşama kavuşmak için kentlere yerleşmekte olduğu bunun da kent büyümesini hızlandırdığı bilinmektedir. Halen ülkemiz nüfusunun yarısından fazlasının “kent” olarak sınıflanan 10000 nüfustan büyük yerleşimlerde yaşadığı bilinmektedir. Toplam arazinin %1'ini geçmeyen bu kent alanları toplamı, nüfusun yarıdan fazlasını taşıdığı için, sıkışık yerleşim düzeni ve artan yaşam standardı yüzünden yerel olarak kent atmosferindeki kirlenme oranı ve kirlenme çeşitlerini artırmaktadır. Hızlı ve plansız kentleşme ile beraber bölgesel olarak boyutlarının artması yanında, küresel ölçekte sera etkisi, ozon tabakası gibi sorunların oluşması, hava kirlenmesini günümüzün öncelikli çevre sorunu haline getirmiştir. Karmaşık ve çok boyutlu olmasının yanında , hava kirlenmesi su kirlenmesinden farklı olarak, kaçınılmaz bir kirlenme türüdür. Kirliliğin yayıldığı alıcı ortam terk edilmedikçe, kirli hava solunmak zorundadır.

1.1 Hava Kirliliğinin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi

Genel anlamda hava kirliliği , havada belirli fiziksel şekillerde bulunan kirlenmelerin insan sağlığı, diğer canlılara, ekolojik dengeye, yapı ve malzemelere zararlı etkiler meydana getirecek miktar ve sürede bulunması şeklinde tarif edilebilir (Wark K. et al, 1998). Kirlenme atmosferin doğal yapısında olmayan maddeler yanında doğal bileşen olupda normal olarak bulunduğu düzeylerin dışına çıkan maddeler olarak tanımlanabilir. Bazı kirlenmelerin kirli ve temiz havadaki miktarları Çizelge 1.1 de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Kirli atmosfer ile temiz atmosferin karşılaştırılması (Stern C, 1976)

Kirletici Miktarı (ppm)	Temiz Hava	Kirli Hava	Kirli/Temiz
CO ₂	320	400	1.3
CO	0.1	40-70	400-700
CH ₄	1.5	2.5	1.3
N ₂ O	0.25	?	?
NO ₂ (NO _x)	0.001	0.2	200
O ₃	0.02	0.5	25
SO ₂	0.0002	0.2	1000
NH ₃	0.001	0.02	2

Hava kirlenmesi oluşumu önemli ölçüde doğal kaynaklara (bataklıklar, yanardağlar, orman yangınları) dayanır. İnsan kaynağı yanma olayı ile başlamış, kömürün keşfi ve kentsel yerleşimlerde yaygın kullanımı ile kirlenmenin önemi artmış, endüstrileşme ile günümüzdeki boyutlara ulaşmıştır. Hava kirlenmesinin yarattığı çok sayıda olay ve buna karşı alınmış çeşitli önlemler hava kirlenmesinin tarihçesinde önem taşımaktadır. Bunlardan başlıcaları Çizelge 1.2 de verilmiştir.

Çizelge 1. 2 Hava kirlenmesinde önemli olaylar (Tünay O ve Alp K,1996)

Olay	Yer	Yıl	Etki/Önem
Kömür yakılması	Londra	1272	Kral I Edward kömür yakılmasını yasakladı
Artan kirlenme	Londra	1661	John Evelyn ilk hava kirlenmesi kitabını yazdı
Otomobil kirlenmesi	A.B.D	1895	Otomobillerden görünür duman çıkması yasaklandı
SO ₂ kirlenmesi	Meuse vadisi Belçika	1930	63'ten fazla ölüm ve solunum yolu ve göz tahrişi şikayetleri
SO ₂ ve PM kirlenmesi	Donora A.B.D	1948	20'den fazla ölüm ve çok sayıda hasta
H ₂ S kirlenmesi	Poza Rice	1950	222den fazla ölüm, 320 hastane vakası
SO ₂ ve PM kirlenmesi	Londra	1952	4000' den fazla ölüm
SO ₂ ve PM kirlenmesi	New York	1966	168 fazla ölüm

1.2 Hava Kirleticileri ve Kaynaklarının Sınıflandırılması

Kirleticiler havada gaz ve partikül maddeler olmak üzere başlıca iki şekilde bulunmaktadır. Gaz kirleticiler SO_2 , NO_x , HC, CO, troposferik O_3 gibi olarak sıralanabilir. Partikül maddeler şekil ve yapılarına göre aerosol, toz, duman, kurum, uçucu kül, is (füme), mist, damlacık ve sis olarak bulunmaktadır. Atmosferde bulunan gaz kirleticiler oluşum şekillerine göre birincil ve ikincil olarak ayrılmaktadır. Birincil kirleticiler, kaynaktan direk olarak atmosfere verilen, ikincil kirleticiler ise birincil kirleticilerin atmosferdeki birtakım kimyasal maddelerle verdiği reaksiyon sonucu ortaya çıkanlardır. Atmosferde bulunan birincil ve ikincil kirleticiler Çizelge1.3 de gösterilmiştir.

Çizelge 1. 3 Birincil ve ikincil hava kirleticilerinin ayrımı (Wark K. et al, 1998)

Sınıf	Birincil kirleticiler	İkincil kirleticiler
Kükürtlü bileşikler	SO_2 , H_2S	SO_3 , H_2SO_4 , sülfatlı bileşikler
Organik bileşikler	C_1 - C_5 bileşikleri	Ketonlar, aldehitler, asitler
Azot bileşikleri	NO, NH_3	NO_2 , NO_3 bileşikleri
Karbon oksitleri	CO, CO_2	Yok
Halojenler	HCl, HF	Yok
		Fotokimyasal (ozon, PAN, NO_2)

Hava kirletici kaynaklar çok çeşitlidir. Kullanım amaçlarına göre kaynak sınıflaması yapılmaktadır.

İnsan faaliyetleri (antropojenik) esas alındığında,

- Doğal kaynaklar
- İnsan faaliyetlerine dayalı(antropojenik) kaynaklar

Kaynak hareketine göre

- Hareketli(mobil) kaynaklar
- Durağan(stasyonere) kaynaklar

Kaynak yapısına göre

- Nokta kaynak
- Çizgisel kaynak
- Alan kaynak

Kaynak türlerine göre

- Yakıt yakılması
- Ulaşım
- Endüstriyel
- Diğer (katı atık yakılması, orman yangınları, inşaat vb)

olarak sınıflamak mümkündür. Kaynak türlerine göre yapılan sınıflandırma kirletici envanterlerinin yapılması ve kaynak kontrollerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, ısınma amacıyla yakıt tüketimine bağlı olarak alan kaynaklardan oluşan, SO₂ hava kirleticisi dikkate alınmıştır.

1.3 Kükürtdioksit ve Etkileri

Kükürtdioksit (SO₂) ve kükürttrioksit (SO₃), kükürtoksitlerin atmosferde en çok bulunan türleridir. SO₂ kaynakları Çizelge 1.4 de verilmiştir.

Çizelge 1. 4 A.B.D de antropojenik SO₂ kaynakları [1]

Kaynak	SO ₂ (milyon ton/yıl)
Endüstri	3.78
Ulaşım	1.05
Metal işleme	0.63
Elektrik santralleri	13
Diğer	1.47

Renksiz bir gaz olan SO₂ nin 0.3-1 ppm arasında keskin bir kokusu vardır. Atmosferde fotokimyasal veya katalitik reaksiyonlar neticesinde SO₂ kısmen SO₃ veya sülfürik aside ve bunların tuzlarına dönüşür. Partiküller ve atmosferik nem ile birlikte zarar verici etkileri artar. Kükürtoksitlerin atmosferik kimyası denklemsel olarak aşağıdaki şekildedir.



Kükürtlü gazların en önemli etkileri asit yağışları meydana getirmesidir. Asit yağışları CO_2 , SO_2 , NO_x gibi suyla birleşince asit oluşturan gaz kirleticilerin bulutlar içerisinde tutulup, asit yağmurları yağdırmasına verilen addır. Asit yağışlarının pH 2-6 arasında değişmektedir. Asit yağışlarının %60-70'inin SO_2 ; kalanının NO_x gazları etkisiyle oluştuğunu göstermiştir. Asit yağışlarının, özellikle yoğun endüstriyel/kentsel yerleşimlere sahip olan Avrupa'da;örneğin İsviçre göllerinde, İskandinavya'nın tarım alanlarında, Almanya'nın ormanlık bölümlerinde büyük zararlara yol açtığı belirlenmiştir (Müezzinoğlu A, 1987).

Kükürtlü gazların canlı hayatına ve malzemelere muhtelif etkileri bulunmaktadır.. Yapılan gözlemlerde SO_2 nin 1-2 ppm arasında boya filmlerinin kuruma sürelerini %50-100 arasında artırdığını göstermiştir. 7-10 ppm arasında ise bu süre 3 güne kadar çıkmaktadır. Bu ortamda kuruyan yüzeylerin ise daha az dayanıklı oldukları belirlenmiştir. Kükürtoksitler, atmosferde veya metal yüzeylerinde sülfirik asit oluşturmak suretiyle, metallerin korozyon hızının artmasına neden olmaktadır. Korozyon etkisi metal cinsine, SO_2 nin atmosferik konsantrasyonuna ve temas süresine göre değişim göstermektedir. A.B.D nin Pittsburg kentinde, SO_2 konsantrasyonunun 1926-1960 yılları arasında 0.15ppm den 0.05ppm e düşmesi neticesi, çinkonun korozyon hızında 4 kat azalma gözlenmiştir (Wark K et al, 1998).

Metallerin korozyonunda, SO_2 ' in etkisi yanında sıcaklık ve neminde etkisi bulunmaktadır. Örneğin alüminyum SO_2 ye karşı oldukça dayanıklı olmasına rağmen, yüksek SO_2 konsantrasyonlarında 280 ppm, nisbi nem %70'in üzerine çıktığında korozyon hızları önemli ölçüde artmaktadır.

SO_2 'in yapılar üzerine etkisi, kireçtaşı (CaCO_3) ile reaksiyona girerek suda çözünebilen ve dolayısıyla yapıların zamanla yıpranmasına yol açan, CaSO_4 ve $\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$ meydana getirmesidir. Bu yıpranma, mermer yapılarda da meydana gelmektedir.

Genelde hava kirleticilerin tekstil, kumaş ve dokumalar üzerinde yapısal bağları zayıflatıcı ve germe kuvvetini düşürücü etkileri vardır. SO_2 in seluloz elyaflar, naylon, rayon, pamuk üzerinde zarar verici etkileri bulunmaktadır. A.B.D nin St.Louis kentinde yapılan bir çalışmada, hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde, pamuklu malzemelerin germe kuvvetlerinde 1 yıl içinde %50 den fazla bir azalma gözlenmiştir (Ertürk F., 2002).

Kükürtdioksitin hava kalitesi kriterleri ve insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkiler Çizelge 1.5'de verilmiştir.

Çizelge 1. 5 Kükürtdioksitin hava kalitesi kriterleri ve insan sağlığı üzerind eyaptığı etkileri
(Boubel R.W. et al, 1994)

SO ₂ (ppm)	Süre	Etkiler
0.03	Yıllık ortalama	A.B.D 1971 hava kalitesi standardı
0.07	Yıllık ortalama	Yüksek partikül konsantrasyonu ile birlikte, çocuklarda solunum yolları hastalıklarında ilerleme
0.14	24 saat	A.B.D 1971 hava kalitesi standardı
0.19	24 saat	Yetişkinlerde kronik solunum yolları hastalıklarında ilerleme
0.5	10 dakika	Astım hastalarında egzersiz haline solunum güçlüğünün başlaması artması
5	10 dakika	Dinlenme halinde sağlıklı yetişkinlerde solunum güçlüğünün başlaması
10	10 dakika	Bronkospazm
20	-	Göz irritasyonu, sağlıklı yetişkinlerde öksürme
400	-	Akciğer ödemi, bronşal inflamasyon

Bu çalışmada incelemeye konu olan SO₂ konsantrasyonu sınır değerleri T.C Çevre Bakanlığı “Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği” nde, genel ortamlar için UVS değeri 150 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, KVS değeri 400 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, ve Kış Sezonu ortalama değeri 250 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ olarak verilmiştir. WHO sınır değerleri ise 10 dak. için 500 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, 24 saat için 125 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, yıllık ortalama değeri 50 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ olarak verilmiştir (Air Quality Guidelines, 1987).

1.4 Hava Kalitesi Modelleri ve Hava Kalitesi Kontrolü

Hava kalitesi kontrolü global, bölgesel ve mahalli olarak üç farklı düzeyde ele alınabilir. Hava kirlenmesi bilimsel olarak tanımı güç ve çeşitli olasılıklara dayandırılan bir oluşumdur. Pek çok kirleticinin etkileri ve bu etkilerin oluşum şekli iyi bilinmemektedir. Etkilerinin ortaya çıkması kişisel faktörlere, çevre şartları ve süreye bağlıdır. Hava kirlenmesinin oluşumunda, meteorolojik, topoğrafik yapı, endüstri yerleşimi, kent ve trafik planlaması, yapıların

özellikleri gibi, çeşitli faktörler etkili olmaktadır. Bu çok sayıda ve çeşitli yapıdaki faktörler hava kirlenmesini karmaşık ve çözümü güç olan bir sorun haline getirmektedir.

Hava kalitesi yönetimi sorunun tanımı ve kontrol planlarının yapılması olarak iki aşamada düşünülebilir. Hava kirlenmesinin tanımı, kirlenmede etkili olan bütün faktörlerin belirlenmesini ve bu faktörlerin değerlendirilmesi ile ilgili özelliklerinin ortaya konmasını kapsar. Bu çerçevede aşağıdaki çalışmalar yapılır:

- Bölgenin hava kirlenmesinin modellenmesi için gerekli meteorolojik ve topoğrafik özellikler belirlenir.
- Bölgedeki bina, yerleşim birimleri, bu birimlerin işlevleri, bina yoğunlukları, endüstriyel bölgeler gibi temel öğeler ile ilgili bilgiler derlenir.
- Kirletici kaynaklar belirlenir. Her kirletici kaynağın emisyonu zaman ve birim üretim bazında ortaya konarak emisyon envanterleri hazırlanır.
- Bölge dışından taşınabilecek kirleticiler tür ve miktar olarak belirlenir.
- Kirlenme model veya modelleri oluşturulur. Oluşturulan modellerin deneysel çalışmalar yardımıyla geçerlilikleri ve duyarlılıkları belirlenir.

Hava kirlenmesi modelleri bir kaynaktan atmosfere verilen kirleticilerin atmosferik koşullara ve verecekleri reaksiyonlara bağlı olarak nasıl dağıldığını belirlemeyi amaçlayan matematik modellerdir. Bu modeller bir kirletici kaynağın çevrede meydana getirebileceği etkilerin belirlenmesi, yer seviyesinde oluşacak kirletici konsantrasyonların hesabı ve bu verilerden hareketle kaynaklara getirilecek kısıtlamalar; örneğin baca yüksekliklerinin belirlenmesi, emisyon standartlarının ve arıtma sistemlerinin şekillendirilmesi, bir bölge veya kentte emisyon kısıtlamalarının planlanması, acil durum planlarının yapılması gibi hava kirlenmesi kontrolündeki bütün temel uygulamalara esas teşkil eder. Bu sebeple, dağılım modellemesi büyük önem taşımaktadır.

Modellemede atmosferik taşınım olaylarının son derece karmaşık olması, pek çok sabit ve katsayının tayinindeki güçlükler, kalibrasyon ve verifikasyonda ortaya çıkan sorunlar nedeniyle güçlükler yaşanabilmektedir. Bu nedenle genel (universal) bir model elde edilmesi mümkün değildir. Buna karşın temel model yaklaşımlarının uygulama yapılacak kaynak ve bölgenin özelliklerine bağlı olarak çeşitli kabul ve basitleştirmelerle ele alınması daha yaygındır (Schnoor J.L., 1996)

Modeller iki ayrı grupta değerlendirilebilmektedir. Bunlar

Fiziksel Modeller

Fiziksel modeller hava kirliliği olayının rüzgar tüneli, su tankı gibi küçük ölçekte laboratuvar

ortamında temsilinin yapılabilmesine dayanmaktadır. Bu tür modeller olayın mekanizmasını aydınlığa kavuşturarak matematik modellerin geliştirilmesi için geçerli veri sağlayan sonuçlar verir.

Matematik Modeller

Matematik modeller ise fiziksel modellerden farklı olarak problemin fiziksel ve kimyasal görünüşünü açıklayan bir dizi analitik ve nümerik algoritmalar içerir. Bunlar çoğunlukla kütlelerin korunumu, hareket eşitlikleri gibi matematik ifadeler içermektedir. Hava kalitesi modeli, endüstri ve yerleşim bölgelerinin hava kirliliği sorunlarının çözülmesi için gerekli kontrol seviyelerini değerlendirmek ve tanıtmak üzere kullanılır. Bu modellerin nümerik çözümleri için istenen denklem üzerinde, sonlu fark, sonlu eleman, spektral ve parçacık metotları gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Matematik modeller, atmosferik süreçlerin temel matematik ifadesine dayalı deterministik modeller olabildiği gibi ölçme ve veri tabanı arasındaki istatistik ilişkilere de dayalı olabilmektedir (Zannetti P,1990).

1950 li yılların sonuna doğru başlayan alan kaynak dispersiyon modellerinin sayısı her geçen yıl hızla artmıştır. Bu modellerdeki ifadeler gün geçtikçe daha da kompleks hale gelmiştir. ATDL model Gifford ve Hanna tarafından geliştirilen (Gifford F.A and Hanna S.R, 1973), Gauss huzme eşitliğine dayanan bir modeldir. Bu modelin basit versiyonu ($C=AQ/U$) olduğu gibi, bu tez çalışmasında, modelin kompleks versiyonu kullanılmıştır. 1981 yılında Türkiye’deki ilk ATDL model çalışması, İstanbul’un Haliç Bölgesi için uygulanmıştır. Bölge yerleşim, ticaret, ve endüstri alanları olmak üzere 3’ er km.lik grid alanlara bölünmüştür. Modelin işlerliği ortaya konduktan sonra, hava kirliliğini azaltmak ve kontrol etmek amacı ile çeşitli stratejiler uygulanmıştır (Ertürk F., 1981).

Genelde kirlenme kontrolü planlaması aşağıdaki aşamaları kapsamaktadır:

- Ayrıntılı emisyon envanterleri yapılarak kirlenmede önem taşıyan kaynakların ayrıntılı bir değerlendirilmesi yapılır.
- Arazi kullanım bina dizaynı, ısı izolasyonu, yerleşme birimi, ve kent dizaynı esasları belirlenir ve mevcut çevrenin ıslahına yönelik çalışmalar yapılır.
- Yakıt kalitesi ile ilgili değerlendirme ve düzenlemeler yapılır
- Endüstrilerde alınabilecek önlemler belirlenir (Nevers N, 1995).

1.5 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Bu tez çalışması, Erzurum il merkezinin hava kalitesi yönetimine katkıda bulunmak amacı ile hazırlanmıştır. Hava kalitesi yönetimi ısınma kaynaklı hava kirliliği sorununun tanımlanması ve kontrol planlarının oluşturulması olmak üzere iki aşamada düşünülmüştür. Bu çerçevede

kirletici kaynakların belirlenmesi, her kirletici kaynağın emisyonu zaman ve birim üretim bazında ortaya konarak emisyon envanterinin oluşturulması amaçlanmıştır. Emisyon envanterini giriş verisi olarak kabul eden hava kalitesi modeli kullanılarak, kirleticilerin yer seviyesi konsantrasyonlarının hesaplanması ve kirletici kaynaklara getirilecek kısıtlamaların bulunması hedeflenmiştir.

Erzurum il merkezi hava kalitesi yönetiminde kaynak olarak kullanılması düşünülen bu tez çalışmasında, ATDL modeli uygulanmıştır. Çalışma alanı $15*1.45*1.45\text{km}^2$ lik grid (karelere) ayrılarak, her bir grid için günlük, aylık ve sezonluk yer seviyesi konsantrasyon tahmini yapılmıştır. ATDL modelin alan kaynaklar için kullandığı eşitlik daha sonra EPA RAM modeline dahil edilmiştir (Zannetti P,1990; Arya, 1996). Modele veri teşkil eden emisyon envanterinin oluşturulmasında farklı yaklaşımlar denenmiş, meteorolojik (sıcaklık ve rüzgar hızı) parametrelere bağlı olarak geliştirilen yakıt tüketim indisleri kullanılarak, grid bazında emisyon kuvvetleri hesaplanmıştır. Modele giriş verisi olarak rüzgar hızı ve rüzgar esme frekansı , atmosferik stabilite değerleri, Erzurum Meteoroloji istasyonu ' günlük verilerinden elde edilmiştir. Modelin geçerliliği Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi ve T.C Sağlık Bakanlığı Hıfzısıhha Enstitüsü tarafından yapılan ölçümlerle karşılaştırılarak, onanmıştır. Modelin işlerliği belirlendikten sonra, hava kalite kontrol planları için uygulanmıştır. Bu amaçla özellikle yakıt kalitesi ilgili değerlendirme ve düzenlemeler dikkate alınmıştır.

2. ERZURUM KENTİ ÖZELLİKLERİ

Erzurum Doğu Anadolu bölgesinin kuzeydoğu kesiminde yer alan 25966 km² lik alanıyla bölgenin en büyük, Türkiye'nin ise 4.büyük ilidir. İlin deniz seviyesinden yüksekliği 1859m dir. Ülke topraklarının %3.2 sini kaplayan il, 40° 15' ve 42° 35' doğu boylamları ile 40° 57' ve 39° 10' kuzey enlemleri arasında yer alır. Erzurum paftasında yer alan ovalar, Aşkale ovası, Erzurum ovası, Pasinler ovası ve Hınıs ovası dır. Erzurum ili Erzurum ovası üzerinde kurulmuş olup, alanı yaklaşık 520km² dir. Çoruh, Fırat ve Aras havzalarının başlangıcında yer alan il kuzeyde Rize, Artvin, batıda Bayburt ve Erzincan, güneyde Bingöl ve Muş, doğuda Kars, Ağrı, kuzeydoğuda Ardahan, kuzeybatıda ise Trabzon ile komşudur.

İl yüzölçümünün %64 nü dağlar oluşturmaktadır. Bunu sırası ile % 20 platolar, % 12 yaylalar, %4 ovalar takip etmektedir. Erzurum tamamen volkanik kütlelerden ibaret dağlarla çevrilidir. Güneyinde 2700-3000m arasında uzanan Palandöken dağları, kuzeyinde 2800-3000m yükseklikte Dumlulu Dağı, doğuda ise Kargapazarı dağları bulunmaktadır. Şehir merkezinin çanak şeklindeki bu topoğrafik durumu sadece Deveboynu geçidi ile Pasinler ovasına ve Karasu oluğu ile Aşkale havzasına açılmaktadır.

İklim olarak Erzurum Doğu Anadolu Yüksek Bölge İklimi Erzurum-Kars Bölümüne girmektedir. Bu sebeple Erzurum' da kışlar uzun süreli olup soğuk ve kar yağışlı, yazlar ise kısa ve serin geçer. Yıllık güneşlenme süresi 2200-2400saat, yıllık bulutluluk 4.5-5/10, yıllık ortalama açık günler sayısı 60-90 gün, yıllık ortalama kapalı günler sayısı 60-90 gün, yıllık ortalama sıcaklık 0-8°C, yıllık ortalama yağış dağılımı 300-500kg, yıllık en yüksek kar örtüsü 101-200 cm, yıllık ortalama karla örtülü günler sayısı 90-120 gün, yıllık ortalama sisli günler sayısı 20-50 gün, yıllık ortalama donma süreleri (0°C nin altındaki gün sayısı) 101-120 gün, toprak donma derinliği 100cm, yıllık ortalama kuraklık indisi %23-40 yare nemli, ilkbahar,kış, sonbahar mevsimlerinde hakim rüzgar yönü SSW, yaz mevsiminde NNE dir. Kış aylarındaki nem oranı (%79-83), yaz aylarındaki nem oranından (%56-70) daha yüksek, hava kirliliğinin yoğun olduğu kış aylarındaki rüzgar hızının (2.2 m/sn) da yaz aylarına (2.9m/sn) nazaran daha düşük olduğu gözlenmiştir (T.C Çevre ve Orman Bak. Meteoroloji İş. Gn .Md, 2003).

2.1 Meteorolojik Özellikler

Hava kirliliği kaynakları, konumları itibariyle yeryüzeyinin birkaçyüz metre üzerinde bulunurlar. Hava kirleticiler bu kaynaklardan atmosfere terk edilerek atmosferin yapısal özelliklerinin kontrolüne girer ve bu suretle hava kirliliği problemi yüzey topoğrafyası ve

meteorolojik değişkenlerin kontrolünde gelişir. Hava kirliliğini kontrol etmek amacıyla model kurmak, gelecekte alacağı değerleri kestirmek ve sonuç olarak da emisyonlara müdahale edebilen bir kontrol ortamı oluşturmak, incelenen zaman dilimi içinde o bölgenin meteorolojik şartlarını bilmeyi gerektirmektedir. Modellerde kullanılacak meteorolojik veri seti, kullanılacak model programının meteorolojik veri içeriğine göre değişmektedir. Hava kirliliği açısından önemli parametreler, rüzgar yönü, rüzgar hızı, sıcaklık, Pasquill kararlılık sınıfı, bağıl nem, yağış, güneşlilik, karışma yüksekliği, rüzgar profili eksponenti ile potansiyel dikey ısı farkı olarak özetlenebilir.

Karışma yüksekliği genellikle atmosferin yere yakın türbülanslı bölgesinin derinliği olarak tanımlanır. Tam bir karışmanın göz önüne alındığı bölge, kirleticilerin türbülanslı karışım yolu ile dağılabileceği atmosfer hacmini belirleyen önemli bir parametredir. Hava kalite modelleri karışma yüksekliğine duyarlıdır. Hava kirliliği modellenmesinde, karışma yüksekliği kompleks bir problemdir.

3D fotokimyasal hava kirliliği modelleri için en önemli meteorolojik parametrelerden biri karışma yüksekliğidir. Karışma yüksekliğinin düşey difüzyon katsayısı ve buna bağlı olarak birincil ve ikincil kirleticilerin zemin konsantrasyonları üstünde güçlü etkileri bulunmaktadır. Bu sebeple farklı durumlar (gündüz saatleri veya gece saatlerindeki kararlı atmosferik durumlar) için farklı algoritmalar geliştirilmiştir (Lena F. and Desiato F., 1999). RAMMET-X, MIXEMUP ve CALMET karışma yüksekliği algoritmaları, OZIP-R fotokimyasal dispersiyon modeli birleştirilerek ozon konsantrasyonları hesaplanmıştır. Ozon konsantrasyonu hesaplayan fotokimyasal modeller, karışma derinliğine oldukça duyarlı modellerdir. Gün boyu ve özellikle öğleden sonra oluşan karışma derinlikleri için CALMET ve MIXEMUP daha güvenilir sonuçlar ürettiği görölmüştür. OZIP-R modelinde farklı kimyasal mekanizmalardan çok karışma yüksekliğindeki belirsizliklerin, ozon konsantrasyonunu etkilediği belirlenmiştir (Berman S. et al, 1997).

Buenos Aires havzasında hava kalitesi üzerine karışma yüksekliği ve stabilitenin etkileri araştırılmıştır. Karışma yüksekliğinin gün içerisindeki en düşük değerin sabah saatlerinde olduğu, saat 14-15 e kadar sürekli arttığı, maksimum değerine bu saatlerde ulaştığı ve bu saatlerden gün batışına kadar sürekli bir düşüş kaydettiği belirlenmiştir. Karışma yüksekliği için ortalama ve standart sapma değerleri kış aylarında yaz aylarına nazaran daha düşük bulunmuştur. En yüksek karışma derinliğinin yaz ayları için ortalama 1170 m, kış mevsimi için 592 m olduğu yaz ve kış mevsimleri için en düşük ortalama karışma derinliği sırasıyla 547 m ve 261m olduğu belirlenmiştir. En sık rastlanılan stabilite kategorisinin nötral, az

kararlı ve kararsız olduğu ifade edilmiştir (Ulke A.G. and Mazzeo N. A, 1998).

Hong-Kong da 1990-1992 peryodunda, nitrat, sülfat amonyum, potasyum aerosollerinin ve meteorolojik parametrelerin görüş derecesine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada, özellikle kış mevsiminde görüş derecesinin azaldığı ve bu durumu etkileyen en önemli meteorolojik parametrenin karışma yüksekliği olduğu vurgulanmıştır (Sequeira R. and Lai K-H, 1998).

1983-1990 yıllarında Atina'da gözlenen 80 hava kirliliği episodü (toplam 210 gün), hava kalitesi karakteristikleri, meteorolojik faktörlere göre yorumlanmıştır. Bu faktörler karışma yüksekliği, ventilasyon katsayısı, sıcaklık inversiyonu olarak belirlenmiştir. Sonuçlar hava kalitesinin bu meteorolojik faktörlerden güçlü bir şekilde etkilendiğini göstermiştir (Kassomenos P. et al, 1995). Atina' da yapılan başka bir çalışmada duman konsantrasyonlarının kış mevsiminde maksimum değerlere ulaştığı ve duman konsantrasyonları ile rüzgar hızı ve yönü, bulutluluk ve karışma yüksekliği arasında negatif bir korelasyon olduğu bulunmuştur (Paliatsos A.G. and Amanatidis G.T, 1994).

Karışma yüksekliği, atmosferin farklı stabilite koşulları için farklı değerler almaktadır. Bu değer kararlı, nötr ve kararsız ortamlar için sırasıyla 200, 500 ve 1000m olarak alınmıştır (Hanna S.R, 1973; Ertürk F., 2002).

Hava kirliliği modellerinde, dispersiyon katsayılarının değişiminin bağlı olduğu parametrelerden biri de atmosferik stabilite kategorileridir. Dispersiyon katsayılarının formüllerde kullanılabilmeleri için atmosferik stabilite kategorilerinin bilinmesi gerekmektedir. Pasquill ve Gifford tarafından geliştirilen stabilite kategorileri Çizelge 5.2 de verilmiştir.

Bu çalışmada, Erzurum il merkezi grid karelere bölünerek, her bir bölgenin emisyon kuvvetleri hesaplandı. Çizelge 5.2 kullanılarak , rüzgar hızı ve bulutluluğun fonksiyonu olarak, günlük stabilite sınıfı belirlendi (Çizelge 5.4 - Çizelge 5.9). Modelde hava kirletici emisyon kuvvetleri, günlük (Şekil2.1) , aylık (Çizelge2.2) ve sezonluk (Çizelge 2.1) ortalama rüzgar hızı ve frekansları, stabilite sınıfı değerleri kullanılarak bulunan yatay ve düşey dispersiyon katsayı değerleri ile, yer seviyesindeki kirletici konsantrasyonları hesap edildi. Erzurum ili için uygulanan hava kirliliği modelleme çalışmasında, Erzurum Meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır.

Çevre sıcaklığının düşük olması, ısınma ihtiyacı duyulan kış mevsimlerinde tüketilecek yakıt miktarını ve buna bağlı olarak çalışma bölgelerindeki kirlilik emisyonunu artırmaktadır.

Atmosferik durağan (rüzgar hızının düşük, kararlı stabilitenin hakim olduğu) şartlar, mevcut kirliliği artırıcı yönde etki yapmaktadır. Erzurum ili merkezinde sıcaklık ve rüzgar hızının düşmesi ile SO_2 seviyelerinin arttığı görülmüş ve bu ilişkiye ait regresyon katsayısı 0.71 bulunmuştur (Ocak S., 1997). Çalışma periyodu için ortalama rüzgar hızına göre SO_2 değerleri Şekil 2.2-2.7 arasında ve maksimum sıcaklığa göre SO_2 değerleri Şekil 2.8-2.15 verilmiştir. Şekil 2.2-2.7 ve Şekil 2.8-2.15 incelendiğinde, rüzgar hızı ve sıcaklık düştükçe, SO_2 miktarında artışlar olduğu görülmektedir.

2.2 Hava Kalitesi ve Ölçüm Metodu

Modelden alınan veriler, ölçüm değerlerine göre test edilmektedir. Ölçüm noktalarının seçiminde hava kalitesi açısından en kötü bölgeler öncelikle dikkate alınmaya çalışılmalıdır (Öztürk M, 1999). Numune alma yerleri bina yoğunluğu, trafik yoğunluğu, topoğrafik yapı dikkate alınarak belirlenmiştir. Ölçüm değerlerinin bölgenin hava kalitesi seviyesini temsil edici yerde ve ölçüm ağı içinde diğer istasyonlardan elde edilen verilerle karşılaştırılabilir olması istenmektedir. Ölçüm cihazları sonuçlarından özellikle belirli bir kirletici kaynak etkisinden çok, o bölgede mevcut tüm kirletici kaynakların bölgenin genel hava kalitesi üzerine etkisi elde edilmelidir (Tayanç M, 1995). Çalışma bölgesi için SO_2 ölçümü altı farklı noktada (altı grid karede) yapılmıştır. Ölçüm yerleri Ek-5 de Erzurum ili haritasında gösterilmiştir.

ATDL model verilerinin kıyaslanacağı SO_2 kirleticisinin ölçümünde, İngiliz Volumetrik yarı-otomatik ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yöntemin ilkeleri İngiliz Standartlar Enstitüsünce kabul edilmiştir. Ölçümde havadaki SO_2 , 24saat boyunca seyreltik H_2O_2 çözeltisi içinde absorblanarak, H_2SO_4 şekline dönüştürülmüştür. Çözeltinin asiditesi alkali (Na_2CO_3) ile titrasyon sonucu saptanmış ve sonuç SO_2 olarak hesaplanmıştır (Kara S. vd,1991).

Kullanılan bu metod, hava kalitesi izleme metodolojileri arasında aktif örnekleyiciler grubuna girmektedir. Hava numunesini bir pompa aracılığı ile kimyasal bir ortamdan geçirebilmesi için, elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır. Örneklenen hava hacmi yüksek olduğu için, hassasiyeti yüksektir. Günlük ortalama ölçümler elde edilir. Düşük maliyetli olması, işletilmesinin kolay olması gibi avantajlara sahiptir (Yeşilyurt C. ve Akcan N., 2001).

Ölçüm sonuçları hassasiyeti yüksek olmakla beraber, farklı metodlarla yapılan ölçümlerle karşılaştırıldığında zaman zaman yüksek farklılıklar izlenmiştir. Çevre havasında sürekli ölçüm alabilme (dakikalık) özelliğine sahip, istasyonier hava kalitesi izleme cihazları kıyaslanarak ölçüm metodları arasında değerlendirmeler yapılmıştır. UV Fluorescent SO_2

Analizörü AF22M ile alınan sonuçlar [3], H₂O₂ metodu ile alınan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. İzlenen 15 günlük süre için, sonuçlar arasında $r^2=0.45$ lik bir ilişki bulunmuştur. AF22M ile alınan 24 saatlik ortalama sonuçlar, genelde volümetrik olarak alınan sonuçlardan daha düşük çıkmıştır.

2001-2002 kış sezonu volümetrik yöntemle belirlenen SO₂ ölçümlerinin maksimum sıcaklık ve ortalama rüzgar hızına göre grafikleri Şekil 2.2-2.15 gösterilmiştir.

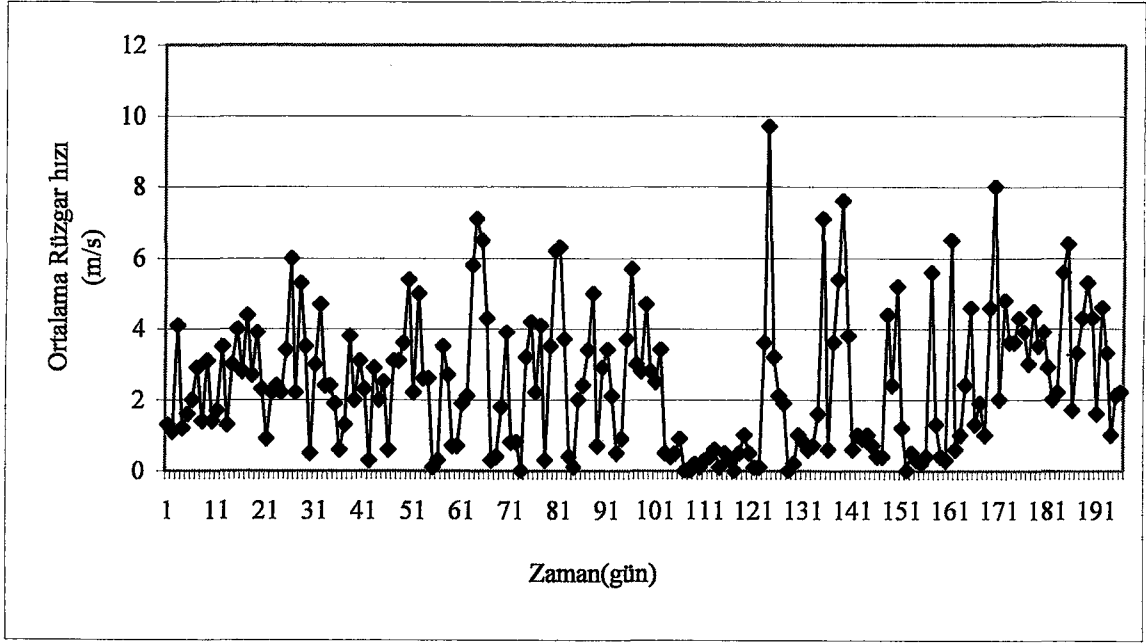
Aylara göre rüzgar yönü ve esme sayıları Çizelge 2.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Esas Alınan Sekiz Yön İçin Kasım2001-Nisan2002 arasındaki Rüzgar Yönü ve Esme Sayıları

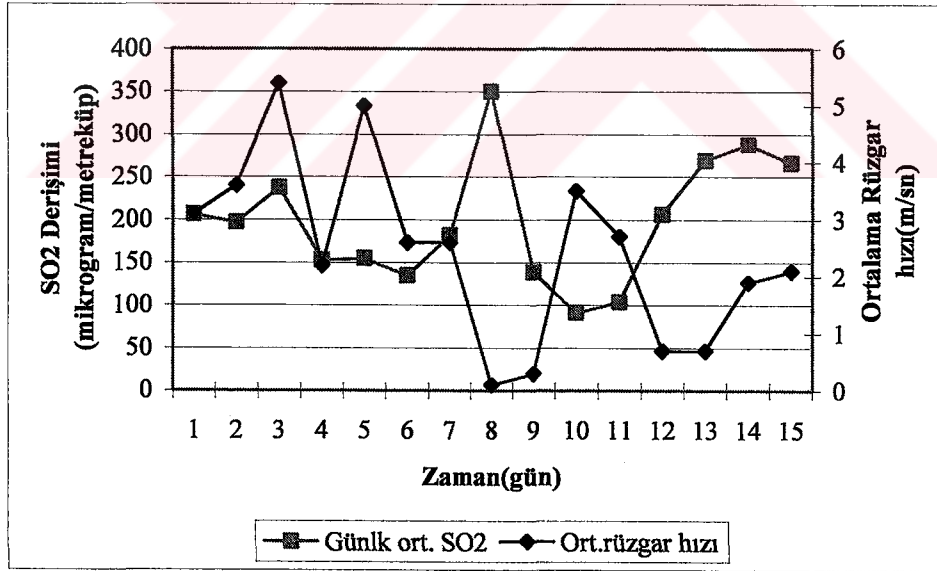
Yönler	Frekans Değeri
N	0,07
NE	0,12
E	0,21
SE	0,07
S	0,09
SW	0,15
W	0,23
NW	0,06

Çizelge 2.2 7-14-21 Rasatları için rüzgar hızının sekiz yöne göre aylık esme frekansları ve aylık ortalama rüzgar hızı değerleri

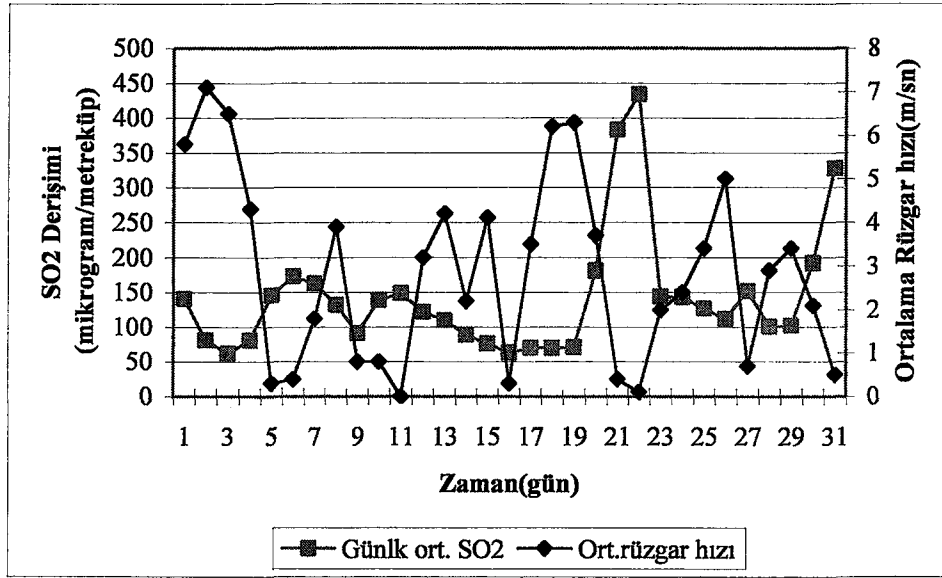
Aylar	Maksimum Esen Rüzgar Hızı Yönleri ve Frekans Değerleri(%)								Ortalama Rüzgar hızı (m/sn)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Kasım	5	18	13	5	13	23	21	3	2,47
Aralık	5	4	32	14	5	7	23	10	2,85
Ocak	7	19	12	5	15	20	19	3	1,61
Şubat	6	13	16	8	6	10	35	6	2,08
Mart	12	11	28	5	9	12	18	5	2,71
Nisan	2	10	17	2	10	27	24	7	3,09



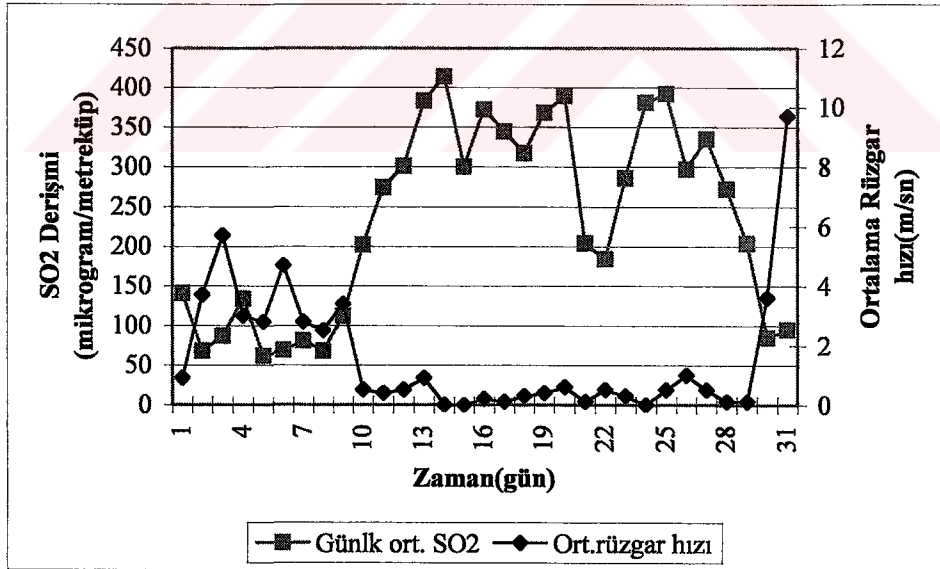
Şekil 2.1 Kasım 2001-Nisan 2002 günlük ortalama rüzgar hızı



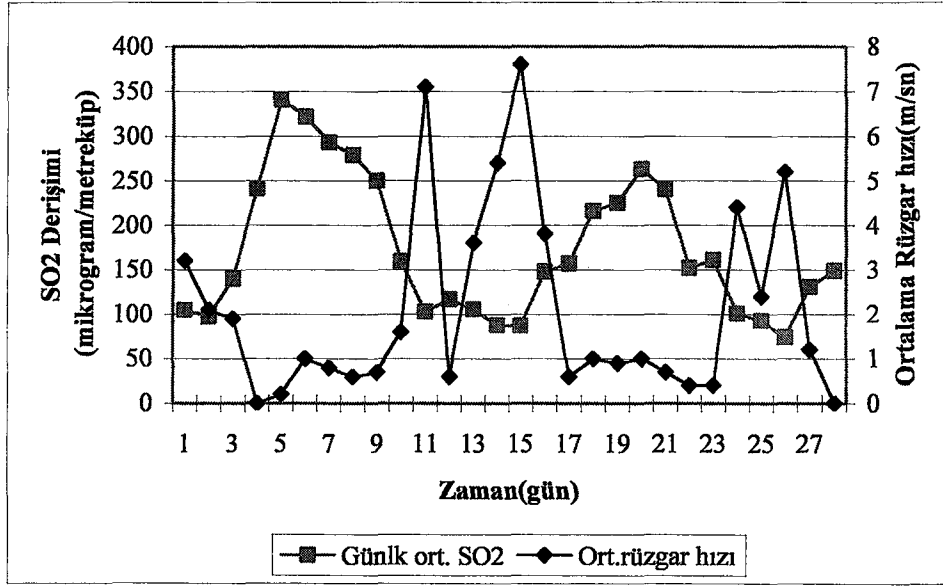
Şekil 2.2 Kasım ayı günlük SO₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi



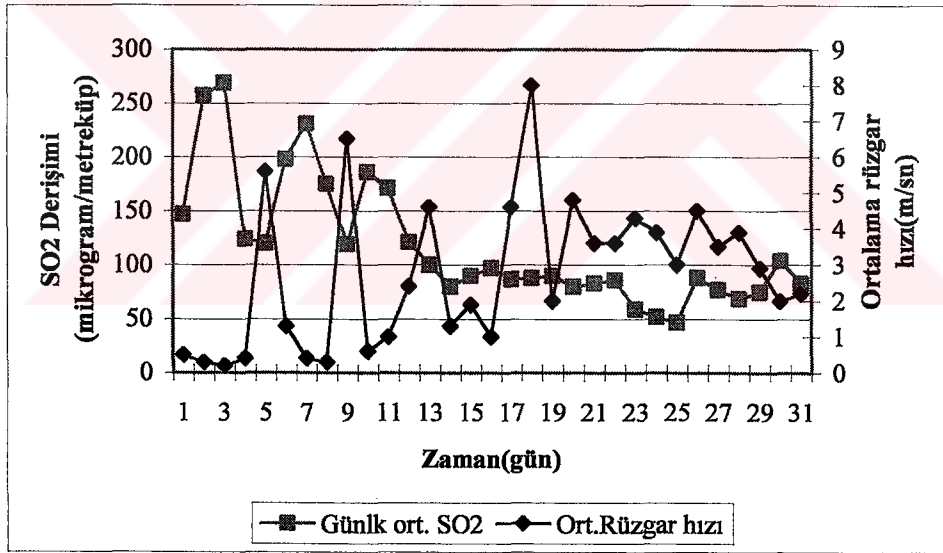
Şekil 2.3 Aralık ayı günlük SO₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi



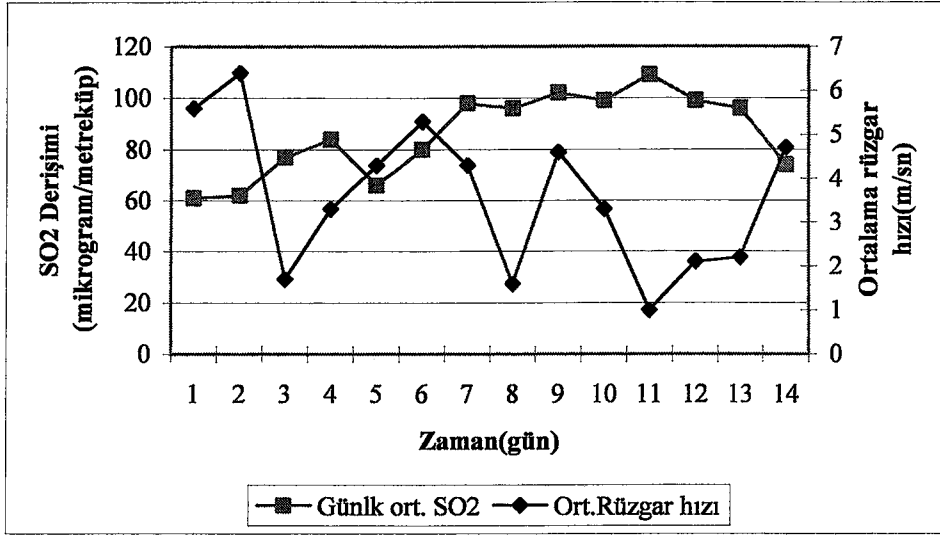
Şekil 2.4 Ocak ayı günlük SO₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi



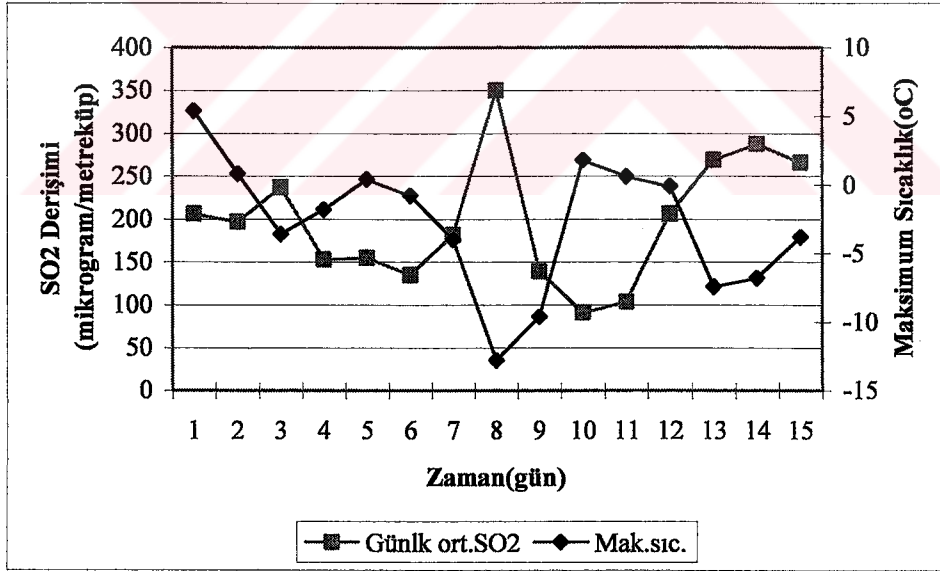
Şekil 2.5 Şubat ayı günlük SO₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi



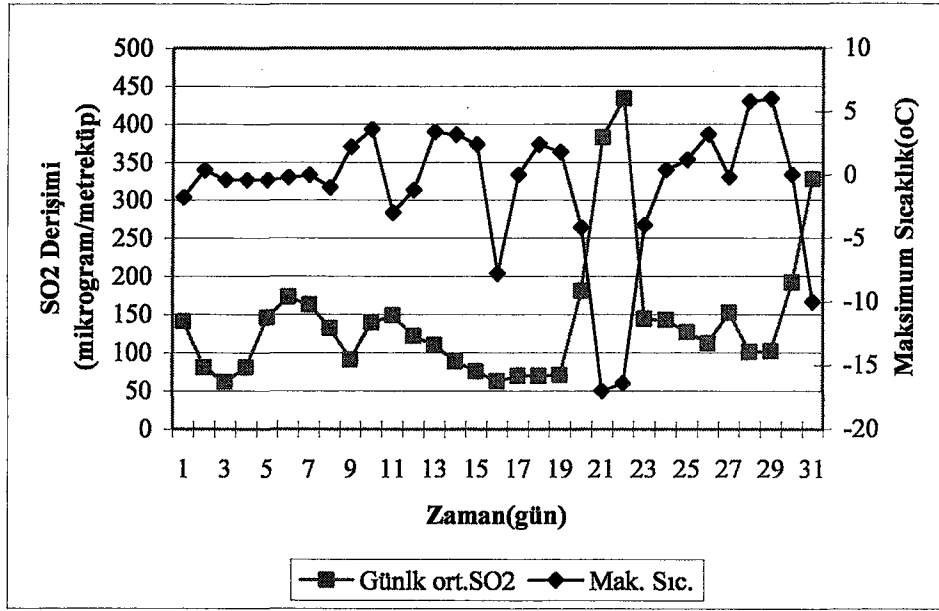
Şekil 2.6 Mart ayı günlük SO₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi



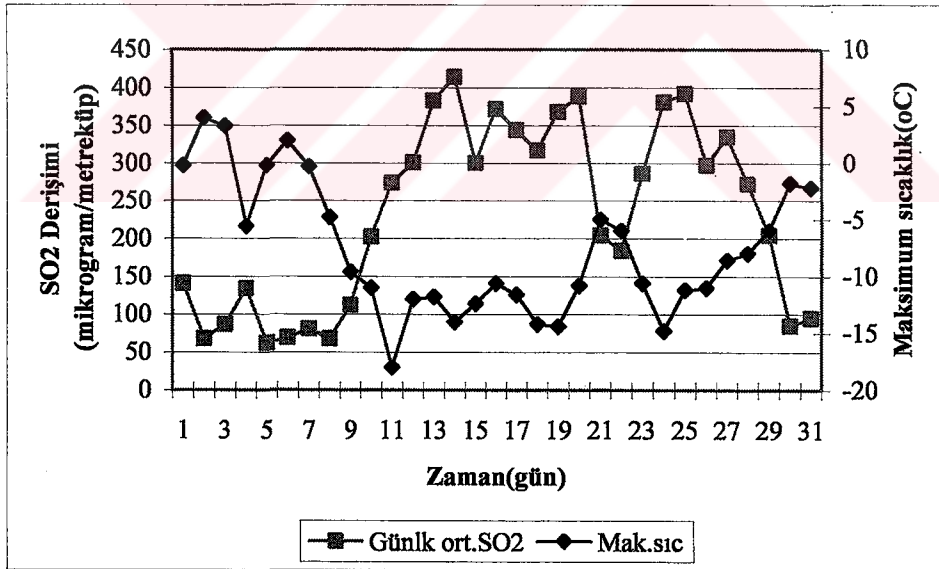
Şekil 2.7 Nisan ayı günlük SO₂ değerlerinin rüzgar hızına göre değişimi



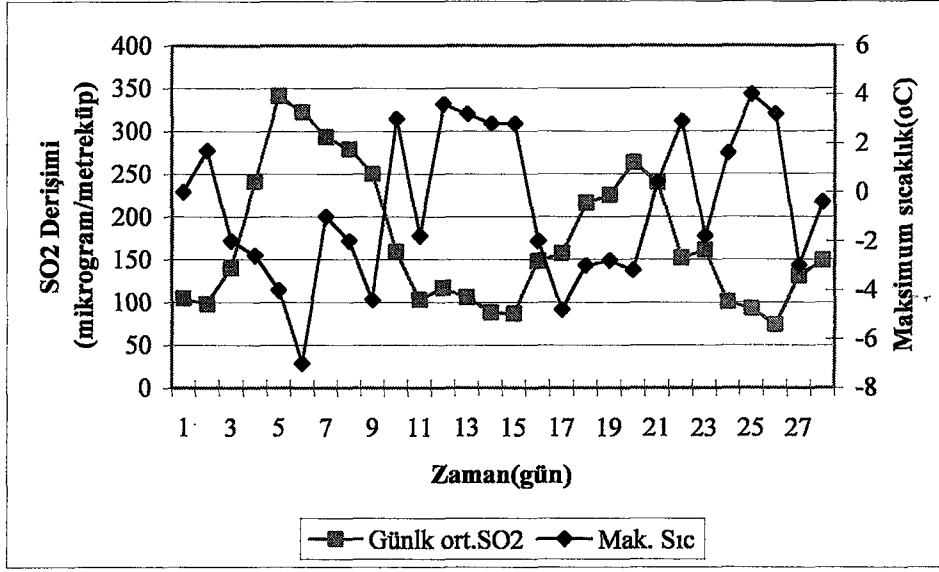
Şekil 2.8 Kasım ayı günlük SO₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi



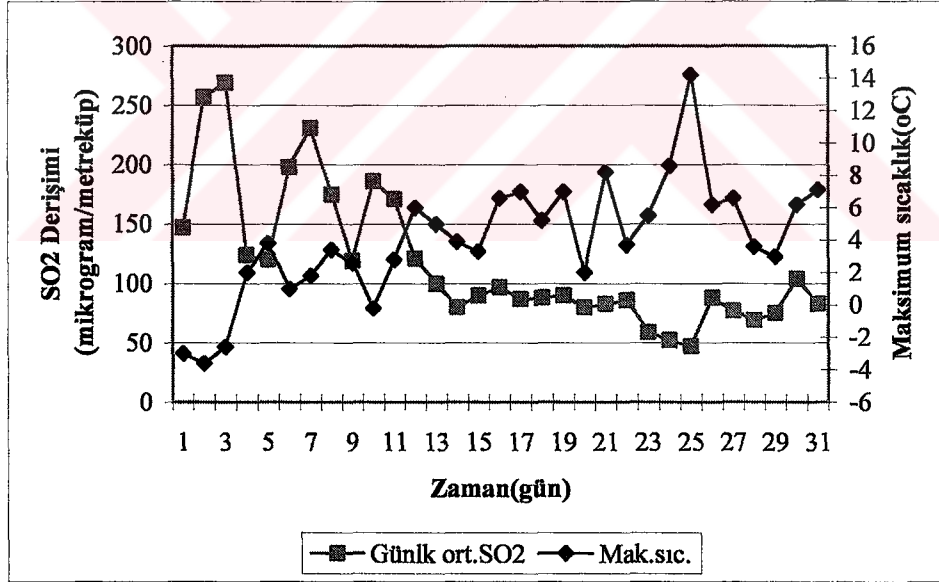
Şekil 2.9 Aralık ayı günlük SO₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi



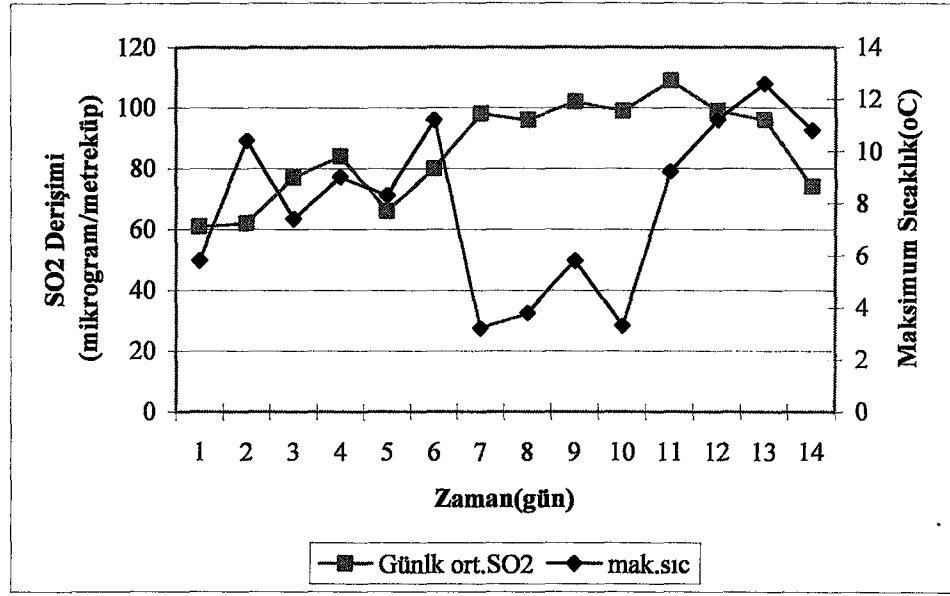
Şekil 2.10 Ocak ayı günlük SO₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi



Şekil 2.11 Şubat ayı günlük SO₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi



Şekil 2.12 Mart ayı günlük SO₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi



Şekil 2.13 Nisan ayı günlük SO₂ değerlerinin maksimum sıcaklıkla değişimi

3. ERZURUM İLİ ISINMA KAYNAKLI YAKIT TÜKETİMİ VE EMİSYON ENVANTERİ

Kış sezonu için yakıt tüketimine dayalı emisyon envanterinin oluşturulması iki aşamalı olarak hazırlanmıştır:

1. Yakıt tüketimini etkileyen parametreler
2. Yakıt tüketimine dayalı emisyon envanterinin oluşturulması

3.1 Yakıt Tüketimini Etkileyen Parametreler

Yakıt tüketimini etkileyen parametreler

1. Yapısal parametreler (konut taban alan genişliği ve konutta yaşayan kişi sayısı)
2. Meteorolojik parametreler (sıcaklık)

olarak iki kısımda irdelenmiştir.

3.1.1 Yapısal Parametreler

Isınma amaçlı yakıt tüketim miktarı, konut sakinlerinin gelir durumu, konutun yapısal özellikleri (taban alan genişliği, ısıtma sistemi, bina izolasyonu gibi) ve konutta yaşayan aile yapısı gibi özelliklere bağlı olarak incelenmiştir (Doutthit A.R, 1989). Yakıt tüketimini konut büyüklüğü ve tipi, merkezi ısıtmanın olup olmaması ve kazanç faktörlerinin etkisinin dikkate alındığı ulusal ölçekteki çalışmada; gelir düzeyindeki değişimlerin daha düşük bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Hutton S, 1984). Güney Afrika’da kırsal bölgede ev sahipleri ile yapılan araştırmada , gelir düzeyi ile yakıt seçimi ve enerji tüketimi arasındaki ilişki ortaya konulmuştur (Davis M, 1998). Ürdün’ de toplam enerji tüketiminin %14’ ü ısıtma için kullanıldığı açıklanmıştır. Isıtma için popüler yakıtın kerosen olduğu ve evlerin %83 ünün kazançlarından dolayı bu yakıtı tercih ettiği bildirilmiştir (Jaber J.O. and Probert S., 2001). Ülkede’ki toplam enerji tüketiminin %60 ının konut ısıtmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Pencere ve duvar izolasyonlarının sağlanması ile tüketilen yakıtın %50 azalacağı gösterilmiştir (Jaber J.O, 2002). Hong Kong da enerji çalışmaları, enerji tüketiminde, fosil yakıtların diğerlerine göre (elektrik, güneş enerjisi gibi) daha fazla kullanıldığını göstermiştir. Konut sakinlerinin gelirlerinin maksimum %3’ nü yakıt tüketimi için harcadığı belirlenmiştir (Hills P., 1994). Konut tipi ve kullanım amacı (ev, pansiyon, işyeri vs), konutu kullanan sakinlerin ev sahibi, kiracı olmaları ve konuttaki aile tipi (çekirdek aile, geleneksel aile

olmaları) de yakıt tüketimi üzerinde etkili olmaktadır. Kış sezonu için pansiyon evlerdeki konfor ve yakıt tüketimi için yapılan çalışmada oturma odasında ısıtmanın öğleden sonra ve akşam saatleri için 17-24°C arasında olduğu, ama dinlenme ve uyuma odaları için ısıtmanın pansiyonerlerin haftalık gelirlerine bağlı olarak 12°C den az olduğu ve en az 2°C ye kadar ısıtıldığı belirlenmiştir (Rose T et al, 1989).

Kullanılan yakıt türü ve miktarı bölgenin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bölgesel olarak kullanılan yakıt türünde değişimler olmaktadır. Meksika kırsalında, enerji elde etmek amacıyla %91, kent bölgelerinde ise %11 odun sobaları kullanıldığı ve iskan bölgelerinde kullanılan toplam enerjinin %50 sinin odun sobaları ile karşılandığı bildirilmiştir (Masera O.R and Navia J, 1997).

Isınma amacı ile fosil yakıtların kullanılması hava kalitesinde değişimlere neden olmaktadır. Fosil yakıtların yakılması, atmosfere yüksek miktarlarda CO₂ emisyonu verilmesine neden olmaktadır. Isınma amacıyla kış sezonunda düşük nitelikli yakıtların kullanılması artan enerji ihtiyacı doğrultusunda hava kalitesinde kötüleşmelere neden olmaktadır. Binalardaki ısı kayıpları enerji ihtiyacını artırmaktadır. Erzurum ili için yapılan araştırmada, optimum izolasyon kalınlığının belirlenmesi ve uygulanması ile tüketilen fosil yakıt miktarının azalması ile CO₂ emisyon miktarında %50 azalma olduğu belirlenmiştir (Çomaklı K. ve Yüksel B., 2003).

Güney Afrika iskan bölgelerinde yakılan dumansız yakıt ve kömürlerden kaynaklanan partikül madde ve kaynakları irdelenerek; PM_{2.5} miktarının %62.1 kömür , %13.8 biyokütle ve PM₁₀ miktarının %42.6 kömür , %19.9 biyokütle kaynaklı olduğu belirlenmiştir (Engelbrecht J. P. et al, 2002). Kore’de Atmosferik Hg için ana kaynağın kömür tüketimi olduğu, miktarının 20ng/m³ ü aştığı bildirilmiştir (Kim Ki-Hyun and Kim Min-Young, 2000). Kuveyt’ de yerleşim bölgelerinden toplanan toz örneklerinde PAHs seviyeleri takip edilmiştir. Petrol yangınlarının olduğu bölgelerden alınan bölgelerde PAHs seviyeleri 11.1-16.6 g/g olarak belirlenmiştir (Saeed T. et al, 1998). Meksika’da kırsal kesimden şehirleşmenin yoğun olduğu bölgelere doğru PAH seviyelerinde 31-563 ng/g aralığında değişme izlenmiştir (Hwang H-M. et al, 2003). Atina’da hem endüstri hemde yerleşim bölgelerinde takip edilen duman örneklerinde limit seviyeleri aştığı görülmüştür. Duman seviyelerinde mevsimsel değişimler olduğu, soğuk mevsimlerde maksimum seviyelere ulaştığı belirlenmiştir (Paliatsos A.G and Amanatidis G.T, 1994). Hong-Kong da yerleşim bölgelerinden sonbahar ve kış aylarında toplanan örneklerde PM_{2.5} ve PM₁₀ miktarları sırasıyla 47.0 and 69.5 µg m⁻³ bulunmuştur (Chao C.Y and Wong K.K, 2002).

Yapısal parametrelerle ilgili çalışmanın tanımlanması ve sonuçların değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında, Erzurum ili için ısınma amacıyla kış aylarında tüketilen yakıt miktarı üzerine, bina özellikleri (daire genişliği) ve dairede yaşayan insan sayısının etkileri araştırılmıştır. Çalışma alanında ısınma kaloriferli ve sobalı sistemlerle gerçekleştirilmektedir. Binanın yaşı ve bulunduğu bölgeye göre ısınma şekli değişmektedir. İlk şehirleşmenin olduğu bölgelerde ve gecekondü tipi yapılaşmanın olduğu bölgelerde genellikle sobalı ısınma türü hakimdir. Toplu konutlaşma ile yapılaşmanın arttığı son yıllarda, merkezi ısıtma sistemi yaygın olarak kullanılmıştır. Merkezi ısıtma sistemi ile ısınan konutlarda, yakıt tüketimi nüfustan bağımsız olarak düşünülmektedir. Konutlarda yaşayan insan sayısının yakıt tüketimine direk etkisi yoktur. Ancak ısıtılacak konut alanı tüketim miktarını etkilemektedir. Bu sebeple merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılan konutlar için konut alan genişliği dikkate alınmıştır. Soba ile ısıtılan konutlarda ise, konutta yaşayan insan sayısı ve ısıtılması gereken oda ve genişliği dikkate alınmıştır. Bu amaçla şehrin muhtelif bölgelerinden rasgele belirlenen konutlarda, anket çalışması yapılmıştır. Buna ilişkin anket formu ekte verilmiştir. Anket sonuçları,

1. merkezi ısıtma ile ısıtılan evler için konut genişliği dikkate alınarak,
2. sobalı konutlar için konut genişliği ve konutta yaşayan kişi sayısı dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Erzurum'da toplam 80 mahalle bulunmaktadır. Bu mahallelerden 17 tanesi ile anket çalışması yapılmış, envanter sonuçları bunların üzerinden değerlendirilmiştir. Mahalle seçimi ve mahalleye ilişkin konut seçimi tamamen rastgelelikle belirlenmiştir. Anket sayısı ise mahalle büyüklüğü ile orantılı olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında kaloriferli ve sobalı toplam 65 konuttan alınan bilgiler tablolar halinde verilmiştir. Kaloriferli konutlar için daire genişliği ve birim daire başına düşen yakıt miktarı verilmiştir. Sobalı konutlar için daire genişliği, dairede yaşayan kişi sayısı ve daireye düşen yakıt miktarı verilmiştir. Yakıt olarak ithal linyit ve odun kullanılmıştır. Kaloriferli konutlarda odun tutuşturucu olarak kullanılmaktadır. Ama bazı sobalı evlerde odun asıl yakıt olarak kullanılmıştır. Merkezi ısıtma ile ısıtılan konutlar için, ısıtılan daire sayısı da bilgi olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1 Mahallelerdeki konut taban alanı ve konut nüfusuna göre yakıt kullanımı

Mahalle	Konutun yüzölçümü (m ²)	Konutta yaşayan kişi sayısı	Kaloriferli birim konut için tüketilen yakıt miktarı (ton kömür-kg odun)		Sobalı konut için tüketilen yakıt miktarı (ton kömür-kg odun)	
			Kömür (ton)	Odun(kg)	Kömür (ton)	Odun(kg)
ŞükrüPaşa 1	110	4			2,250	300
ŞükrüPaşa 2	90	5			3	1000
ŞükrüPaşa3	90	4			2	500
Şükrü Paşa 4	90	2			1,5	1500
ŞükrüPaşa5	90	5			1,5	500
ŞükrüPaşa6	90	5			2	500
ŞükrüPaşa7	140	4			2,750	500
ŞükrüPaşa8 (işyeri)	40	2			1	500
ŞükrüPaşa10	100	5			2,5	1000
ŞükrüPaşa11	70	5			1,5	500
ŞükrüPaşa12	110	3			1,5	1000
ŞükrüPaşa13 (işyeri)	30	1			1	250
ŞükrüPaşa15	70	3			1	500
ŞükrüPaşa16	100	4			1,5	500
ŞükrüPaşa17	138		2,25	32		
Şeyhler1	110		2,7	25		
Şeyhler2	120	3			2,5	1000
Şeyhler3	80	3			2,5	1250
Şeyhler4	80	2			2	700

Çizelge 3.2 Mahallelerdeki konut taban alanı ve konut nüfusuna göre yakıt kullanımı

Mahalle	Konutun yüzölçümü (m ²)	Konutta yaşayan kişi sayısı	Kaloriferli birim konut için tüketilen yakıt miktarı (ton kömür-kg odun)		Sobalı konut için tüketilen yakıt miktarı (ton kömür-kg odun)	
			Kömür (ton)	Odun (kg)	Kömür (ton)	Odun (kg)
Yukarı Sanayi 1	120	7			2	500
Yukarı Sanayi2	90	6			1,5	500
Yukarı Sanayi4	90	5			1	1000
Yukarı Sanayi5	100	5			2	100
Yukarı Sanayi6	120	7			2	500
Yukarı Sanayi7(işyeri)	100	2			1,5	750
Yukarı Sanayi8	18	2				
Yukarı Sanayi9(işyeri)	120	2			1,5	500
Yukarı Sanayi10 (işyeri)	40	2			1,250	500
Yukarı Sanayii 11(işyeri)	75	1			1,750	500
Yukarı Sanayii 12 (işyeri)	85	4				750
Yukarı Sanayii 13 (işyeri)	85	5				
Yukarı Sanayii 14 (işyeri)	86	6				
Yukarı Sanayii 15 (işyeri)	86	6				
Yukarı Sanayii 16 (işyeri)	86	6				
Şehitler1	22	4			2	500
Şehitler2(işyeri)	80	1			1	500
Şehitler3	70	4			2,5	1000
Şehitler4	60	7			1,5	500
Şehitler5		8			1,5	1000

Çizelge 3.3 Mahallelerdeki konut taban alanı ve konut nüfusuna göre yakıt kullanımı

Mahalle	Konutun yüzölçümü (m ²)	Konutta yaşayan kişi sayısı	Kaloriferli birim konut için tüketilen yakıt miktarı (ton kömür-kg odun)		Sobalı konut için tüketilen yakıt miktarı (ton kömür-kg odun)	
			Kömür (ton)	Odun(kg)	Kömür (ton)	Odun (kg)
A.Sanayi2	140	6			4	1000
A.Sanayi 4	85	6			1	500
Bakırcı 1	135	4			1,5	500
Bakırcı 2(apr+işyeri)	150		2	100		
Bakırcı3	100	7			2	500
Bakırcı4	130	5			2	500
Bakırcı5	140		3,5			
A.Yoncalık1	160		2,5	75		
A.Yoncalık2	70	2			2	500
A.Yoncalık3	90	4			2	500
A.Yoncalık4	80	6			2	500
A.Yoncalık5	110	7			3	500
A.Yoncalık6	180(21daire)		2,85			
A.Yoncalık7	180(20daire)		3			
VaniEfendi1	100	2			1,5	500
VaniEfendi2	100		2,7	25		
Adnan Menderes1	100(35daire)		1,7	14		
Adnan Menderes2	100(35daire)		2	14		
Adnan Menderes3	100(90daire)		2,6	11		
Adnan Menderes4	100(35daire)		2	14		
Adnan Menderes5	100(34daire)		2,2	14		
Adnan Menderes6	100(34daire)		2,2	14		
H.A.Ulaş1	250		4	200		
H.A.Ulaş2	240(40daire)		4,5	75		
H.A.Ulaş3	150(40daire)		3	50		
H.A.Ulaş4	135(20daire)		2,75	50		
H.A.Ulaş5	135(40daire)		2,75	10		
H.A.Ulaş6	155(50daire)		3,1	20		
H.A.Ulaş7	135(23daire)		3,4	21		
H.A.Ulaş8	145(23daire)		3,5	7		
Gez Mah1	120(42daire)		2,6	10		

Çizelge 3.4 Sobalı Konutlar için Konut Taban Genişliğine Göre Yakıt Tüketimi

Mahalle	Hanede kişi sayısı	Konut Taban Genişliği-Yakıt Tüketimi													
		40m ² den küçük		40-59m ²		60-79m ²		80-99m ²		100-119m ²		120-139m ²		140m ² den büyük	
		K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)
Ş.P.1	4									2,250	300				
	5							3	1000						
	4							2	500						
	2							1,5	1500						
	5							1,5	500						
	5							2	500						
	4													2,750	500
	2	1	500												
	5									2,5	1000				
	5					1,5	500								
	3									1,5	1000				
	1	1	250												
	3					1	500								
	4									1,5	500				
A.Sanayi	6													4	1000
	6							1	500						
Y.Sanayi	7											2	500		
	6							1,5	500						
	5							1	1000						
	5									2	100				
	7											3	500		
	2									1,5	750				
	2											1,5	500		
	2	1,250	500												
	1					1,750	500								
Bakırcı	4											1,5	500		
	7									2	500				
	5											2	500		
	2									1,5	500				
Şeyhler	3											2,5	1000		
	3							2,5	1250						
	3							2	750						
Şehitler	4							2	500						
	1	1	500												
	4							2,5	1000						
	7					1,5	500								
	8					1,5	1000								
A.Yoncalık	2					2	500								
	4							2	500						
	6							2	500						
	7									3	500				

K*=Sezonluk ton cinsinden bir daire için tüketilen kömür miktarı, O**=Sezonluk kg cinsinden bir daire için tüketilen odun miktarı

Çizelge 3.3'den görüldüğü gibi 41 sobalı, 24 kaloriferli konut için anket çalışması yapılmıştır. 41 sobalı konut taban alan genişliği ve konutta yaşayan kişi sayısı dikkate alındığında, Çizelge 3.4 deki bilgilere ulaşılır. Konut taban alan genişlikleri 40 m², 40-59 m², 60-79 m²,

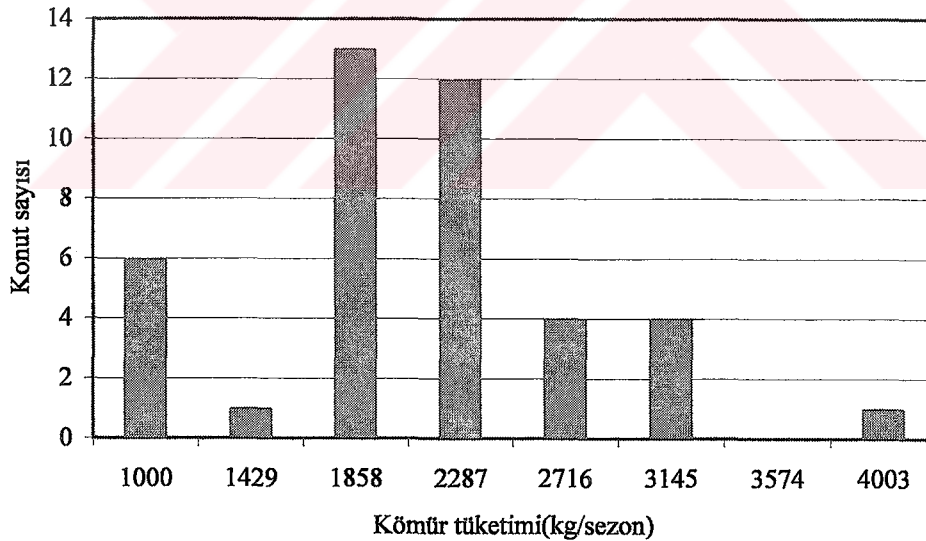
80-99 m², 100-119 m², 120-139 m² ve 140 m²' den büyük olmak üzere 7 gruba ayrılmıştır. 40m² den küçük 4 sobalı konut, 60-79 m² taban genişliğinde 6 sobalı konut, 80-99 m² taban genişliğinde 14 sobalı konut, 100-119 m² taban genişliğinde 9 sobalı, 9 kaloriferli konut, 120-139 m² taban genişliğinde 6 sobalı ,4 kaloriferli konut, 140 m² den büyük 2 sobalı, 11 kaloriferli konut bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Önerilen veri aralığı sayısı 6-20 arasındadır (Akkurt,1999).

Her grup için yaklaşık ortalama tüketim değerleri Çizelge 3.5 de verilmiştir.

Çizelge 3.5 Konut Taban Genişliğine Göre Ortalama Yakıt Tüketimi

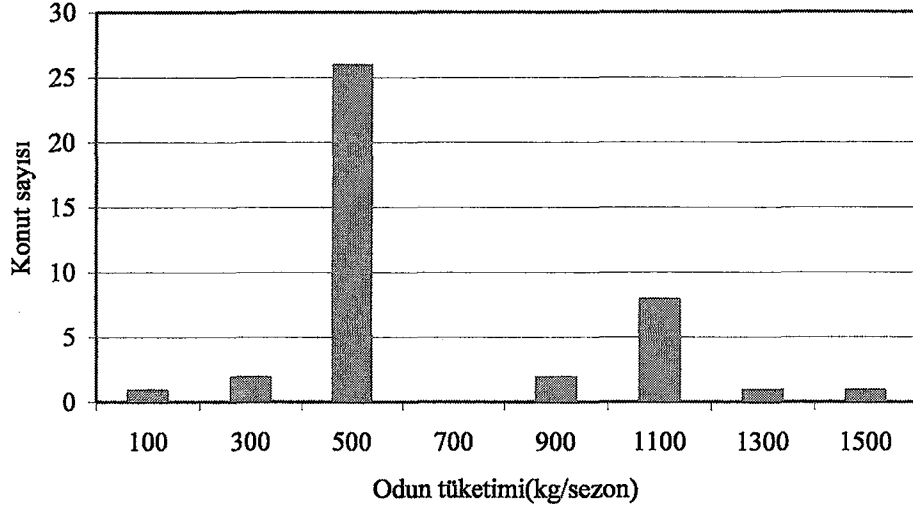
	60-79m ²	80-99m ²	100-119m ²	120-139m ²
Kömür ort.değeri(ton/sezon)	1,50	1,9	2	2
Odun ort.değeri(kg/sezon)	580	750	570	580

Çizelge 3.5 de görüldüğü üzere 100 m² ve daha büyük konutlarda yakıt tüketiminde yaklaşık aynı değerlere ulaşılmıştır. Yani konut genişliği 100 m² ve daha yukarısı için yakıt tüketiminde etkili olmamaktadır.



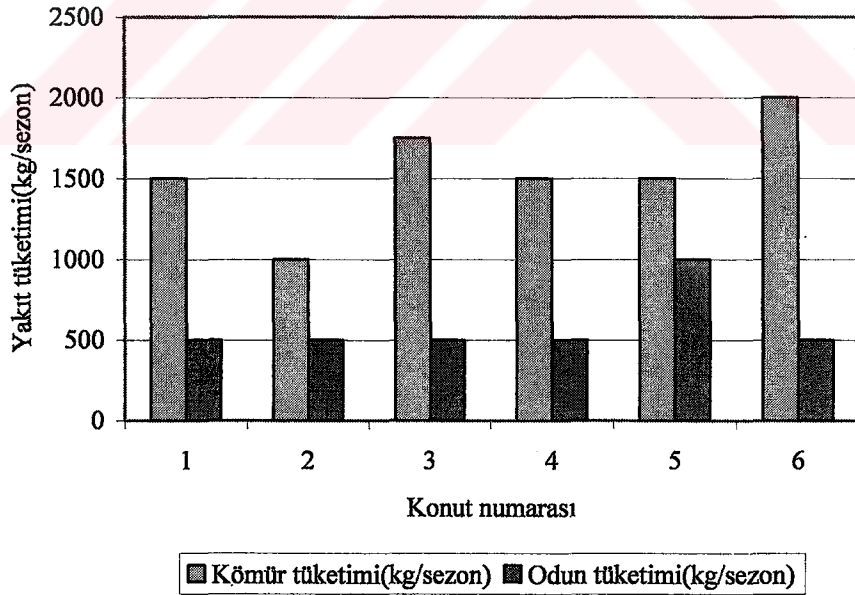
Şekil 3.1 2001-2002 kış sezonu sobalı konutlar için yakıt (kömür) tüketimi

Şekilde sobalı konutlar için kömür tüketimi 1000-4000 kg/sezon olarak görülmektedir. 41 sobalı daireden alınan verilere göre hazırlanan histogramda, pik yapan değer 1858 kg kömür/sezon dur. Hesaplamalarda ortalama kömür miktarı, 2 ton kömür/sezon, kullanılacaktır.



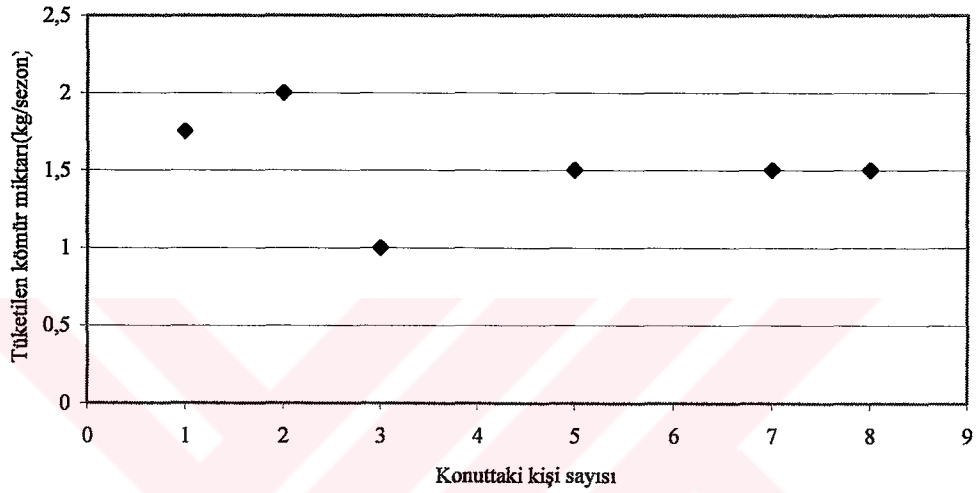
Şekil 3.2 2001-2002 kış sezonu sobalı konutlar için yakıt (odun) tüketimi

41 sobalı konuttan alınan odun tüketimi grafiğine göre, odun tüketimi 500 kg/sezon değerinde pik yapmıştır. Ortalama odun tüketimi 600 kg/sezon olarak hesaplanmıştır.



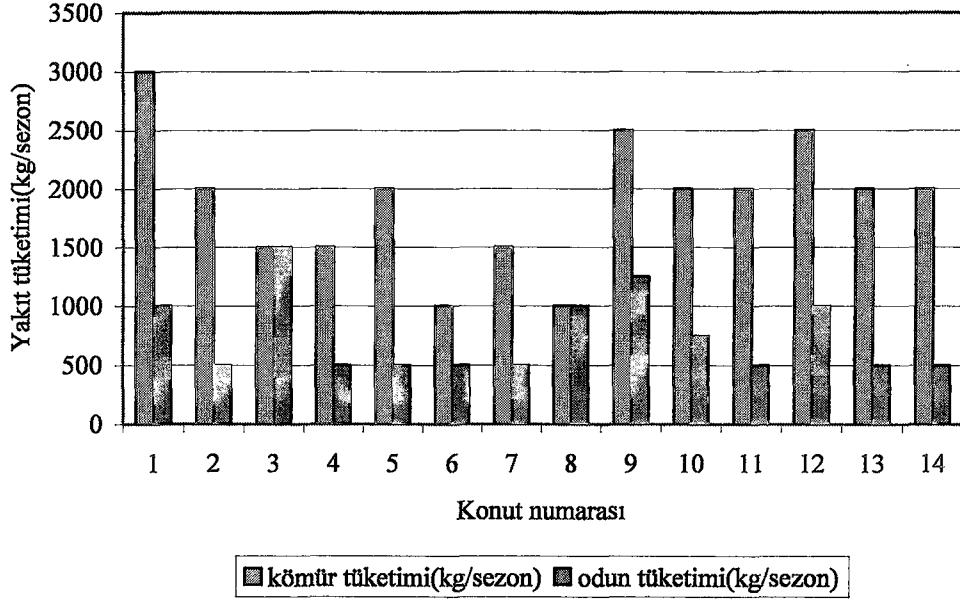
Şekil 3.3 60-79 m² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için sezonluk kömür -odun tüketimi

60-79 m² taban grubunda toplam 6 sobalı ev bulunmaktadır. Bunlardan 3 konut için yakıt tüketimi 1.5ton kömür/sezon, 1 konut için 2 ton kömür /sezon , 1konut için 1 tonkömür/sezon olarak görülmektedir. Şekilde 5 konut için 500 kg/sezon, 1 ev için 1000 kg/sezon odun tüketimi görülmektedir. Bu farklılık odunun bazı konutlar için asıl yakıt olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Kömür tüketimindeki farklılıklar, taban alan genişliğinin değişmesi, konutun ev yada işyeri olarak kullanılması, bina izolasyonu, rüzgara açık cephelerin olması gibi yapısal farklılıklardan kaynaklanmaktadır.



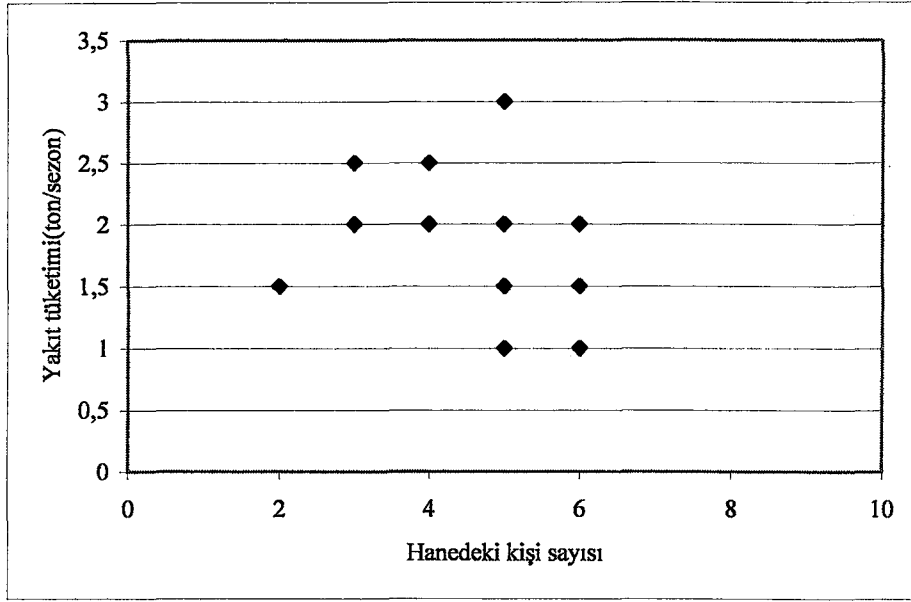
Şekil 3.4 60-79 m² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için kişi sayısına göre yakıt (kömür) tüketimi

En fazla yakıt miktarı, kişi sayısı 2 iken gözlenmiştir. Konutta kişi sayısı 5-8 iken yakıt tüketiminde değişiklik olmamaktadır. Bu aralıkta birey sayısı yakıt tüketimini etkilememektedir. Ortalama olarak 4 kişi 1.5 ton/sezon yakıt harcamaktadır.



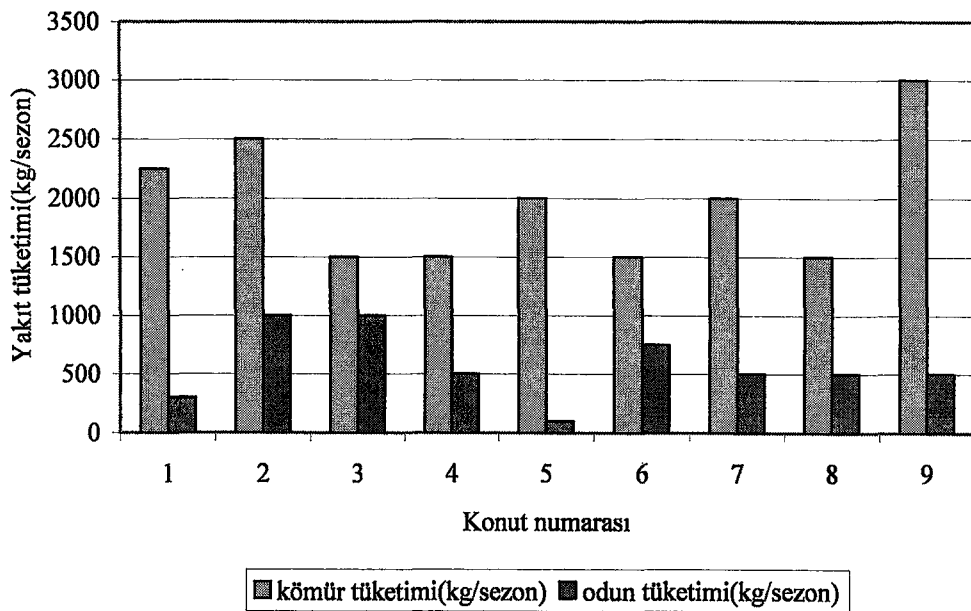
Şekil 3.5 80-99 m² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için sezonluk kömür-odun tüketimi

Şekil 3.5 den de görüldüğü gibi 6 konut 2 ton kömür/sezon, 1 konut 1 ton kömür/sezon, 2 konut 2,5 ton kömür/sezon, 3 konut 1.5 ton kömür/sezon tüketmiştir. Toplam 12 sobalı ev 80-99 m² arasında değerlendirilmiştir. Farklılıklar evlerin taban alanının farklı olması, konutun kaçınca kat olduğu, cam ve çatı izolasyonunun olup olmaması gibi, binanın rüzgara dik cephelere sahip olması gibi yapısal sebeplerden kaynaklanmaktadır. Sobalı evlerin büyük çoğunluğunda ve kaloriferli evlerde, odun yakma işlemin başlatmak için, tutuşturucu olarak tüketilmektedir. Odun tüketimi 500-1500 kg/sezon arasında değişmektedir. Bu farklılık, odunun bazı konutlarda tutuşturucu olarak, bazılarında ise asıl yakıt olarak kullanılmasından ileri gelmektedir. Odun tüketiminde en çok tekrarlanan miktar 8 konut için 500 kg/sezon dur . Kömür tüketimi için pik yapan miktar ise 6 konut için 2 ton/sezon dur.



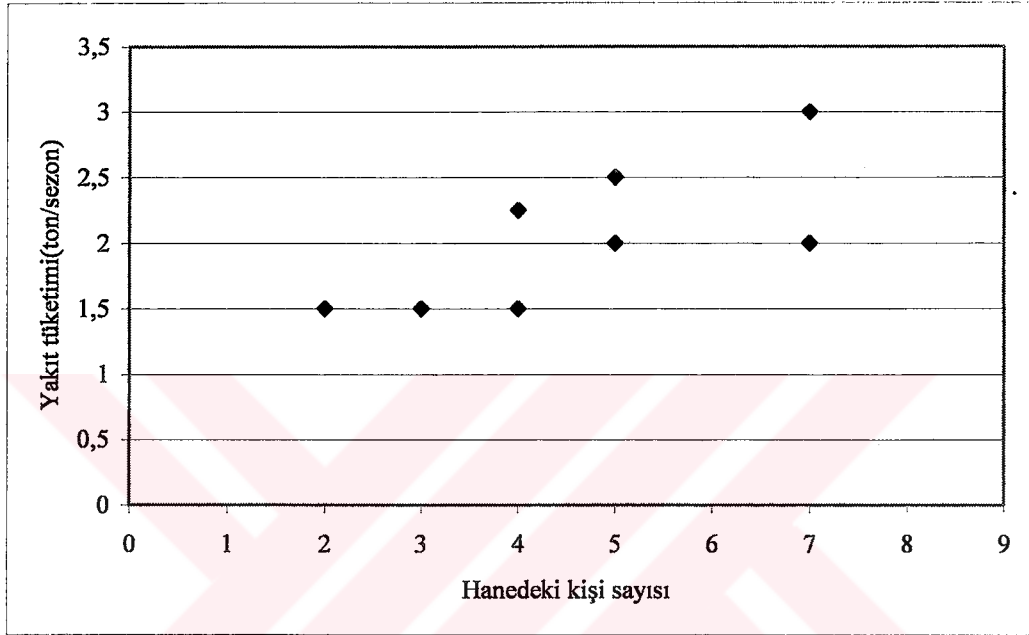
Şekil 3.6 80-99 m² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için kişi sayısına göre yakıt (kömür) tüketimi

Kişi sayısında değişiklik olmamasına rağmen, yakıt tüketiminde farklılıklar görülmektedir. Kişi sayısı 5 ve 6 iken yakıt miktarı 1-2,5 ton kömür/sezon olarak değişmektedir. 1.5 ton/sezon altındaki değerler işyerleri ve gecekondü bölgelerindeki konutlara aittir. Konutta kişi sayısı 3-6 iken, yakıt tüketimi 2 ton/sezon kaydedilmiştir. Burada kişi sayısının yakıt tüketimini etkilemediği görülmektedir. 80-99 m² taban alan genişliğine sahip konutlar için ortalama 4 kişiye ortalama 1.9 ton/sezon yakıt tüketimi hesap edilmiştir.



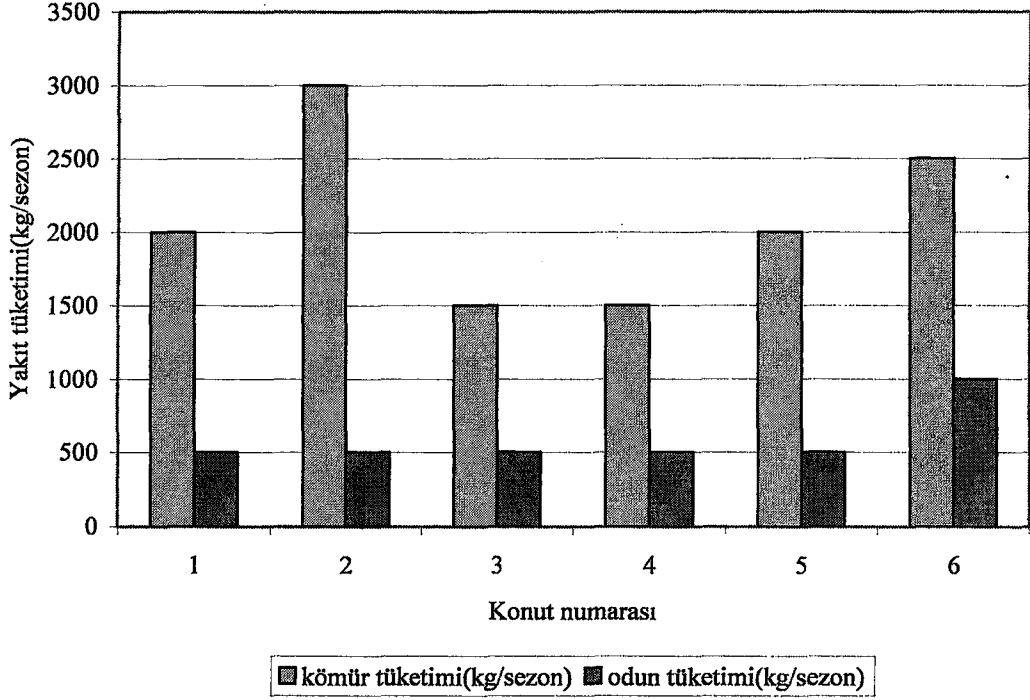
Şekil 3.7 100-119 m² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için sezonluk kömür-odun tüketimi

Şekilde 3.7 konut için 1.5 ton kömür/sezon, 2 konut için 2 ton kömür/sezon, 1 konut için 2.250 ton kömür/sezon, 1 konut için 2.5 ton kömür/sezon, 1 konut için 3 ton kömür/sezon değerleri kaydedilmiştir. Pik yapan değer 1.5 ton kömür/sezon dur. Odun için 500 kg/sezondur. Yakıt miktarındaki değişiklikler, binanın yapısal durumu (daire genişliği, apartman yada müstakil olması, izolasyon durumu, kullanım amacı vs.) ve çevresel faktörlerle (rüzgara açık cephesi gibi) ilişkilendirilmektedir.



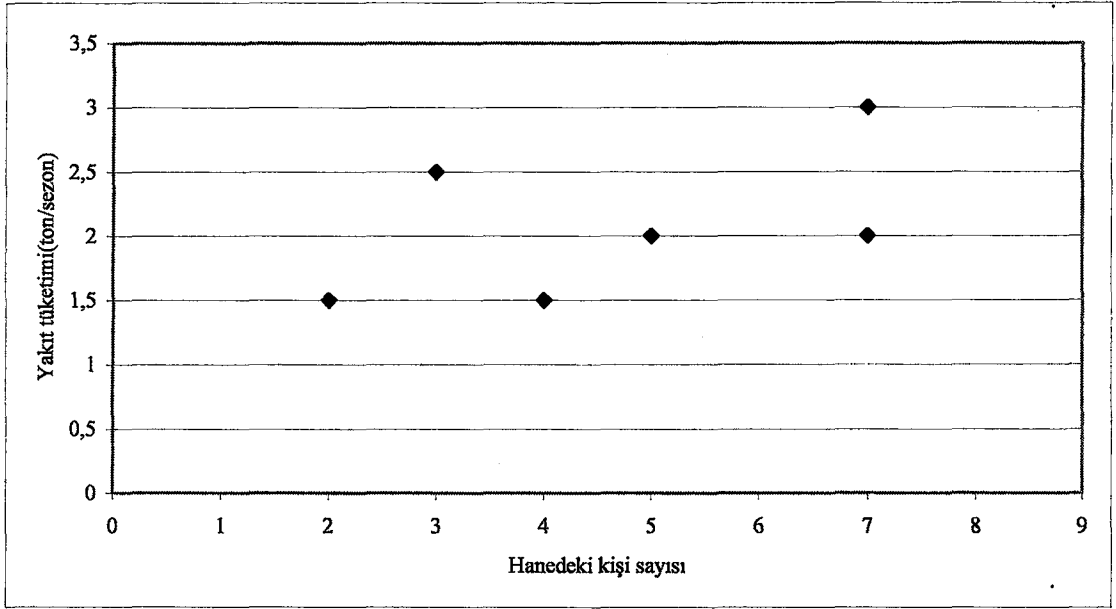
Şekil 3.8 100-119 m² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için kişi sayısına göre yakıt (kömür) tüketimi

Kişi sayısı 2,3,4 iken 1.5 ton kömür/sezon, 5,6 iken 2 ton kömür/sezon tüketim değerleri görülmektedir. Kişi sayısı değişmesine rağmen yakıt tüketiminde değişiklik olmamaktadır. Burada yakıt tüketimini konutun kullanım amacı, taban alan genişliği, binanın yapısal durumu gibi diğer faktörlerin daha etkin faktörler olduğu düşünülmektedir. Ortalama 4 kişi için ortalama 2 ton kömür/sezon yakıt tüketilmektedir.



Şekil 3.9 120-139 m² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için sezonluk kömür-odun tüketimi

Kömür tüketimi 1.5-3 ton/sezon arasında değişmektedir. Bu farklılık küçük işyerleri ile evlerin beraber değerlendirmeye alınmasından kaynaklanmaktadır. İşyerlerinde yakılan miktar evlere nazaran daha düşüktür. Isıtılan alanın sadece çalışılan alanın olması ve çalışma saatleri arasında ısıtılmanın yapılması yakıt tüketimini değiştirmektedir. Evlerde ise ihtiyaca göre evin her bölümü ısıtılmaya çalışılmaktadır. Gün boyu ısınma ihtiyacını karşılamaya çalışmak, yakıt miktarını artırmaktadır.



Şekil 3.10 120-139 m² taban genişliğine sahip sobalı konutlar için kişi sayısına göre yakıt (kömür) tüketimi

Ortalama 5 kişi için ortalama 2 ton kömür/sezon yakıt tüketim değeri bulunmuştur.

24 kaloriferli konut için konut taban alan genişliğine göre, Çizelge 3.6 da verilmiştir. Yakıt tüketimi birim daire başına hesaplanarak verilmiştir.

Çizelge 3.6 Kaloriferli binaların taban alanı grubuna göre yakıt kullanımı

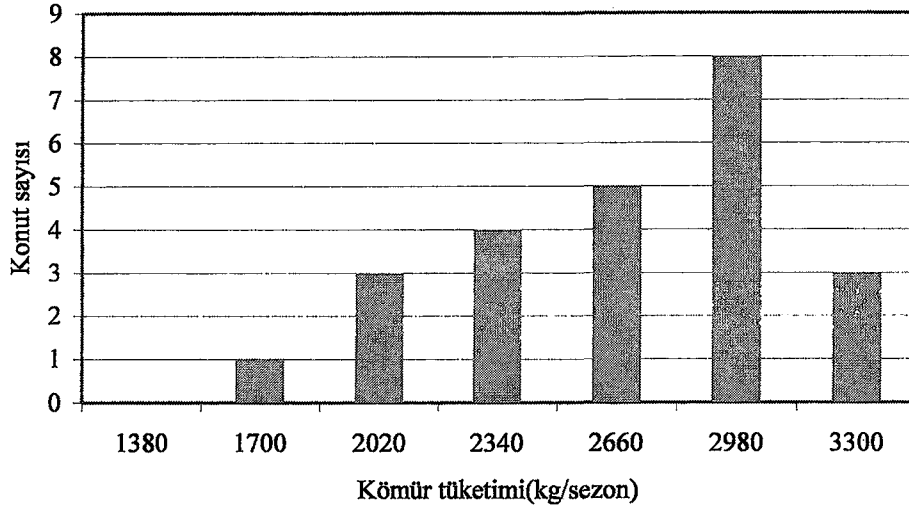
Mahalle	Daire sayısı	Konut Genişliği-Yakıt Tüketimi													
		40m2 den küçük		40-59m2		60-79m2		80-99m2		100-119m2		120-139m2		140m2 den büyük	
		K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)	K* (ton)	O** (kg)
Ş.P	90													2,4	1000
	3									2,3	500				
	62													2,3	2000
Şeyhler	16									2,7					
V.Efendi	20									2,7	500				
Bakırcı	40													2,9	
	2													2	500
A.Yoncalık	40													2,5	3000
H.A.Ulaş	40													3	2000
	20											2,75	1000		
	40											2,75	500		
	50													2,8	1000
A.Menders	35									1,7	500				
	35									2	500				
	35									2	500				
	34									2,2	500				
	34									2,2	500				
	90									2,6	1000				
Yıldızkent	23													3,3	500
	23											2,5	150		
Gez	21													2,9	
	20													3	
	42											2,6	400		
	60													2,8	1000

K*=Sezonluk ton cinsinden bir daire için tüketilen kömür miktarı, O**=Sezonluk kg cinsinden kooperatif başına tüketilen odun miktarı

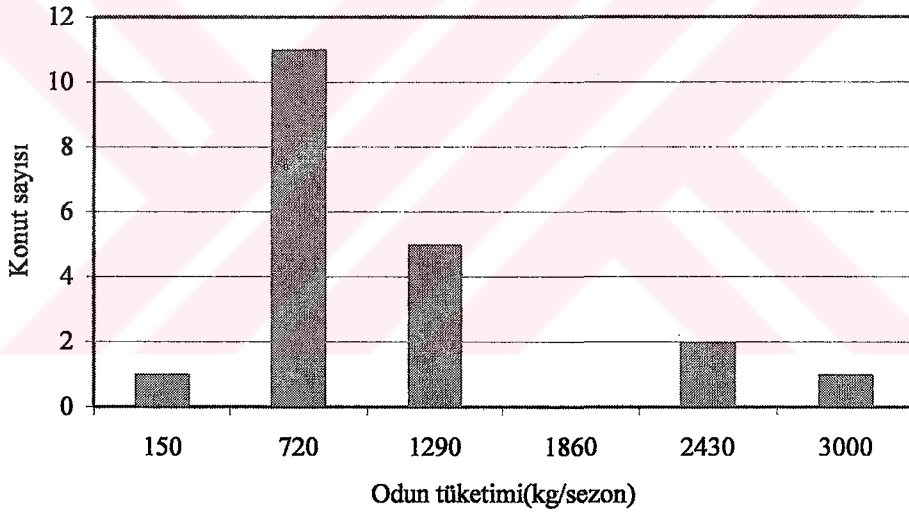
Toplam 24 kaloriferli binanın 9 tanesi 100-119 m², 4 tanesi 120-139 m², 11 tanesi 140 m²'den büyük taban genişliğine sahiptir.

Çizelge 3.7 Taban alanı genişliğine göre kaloriferli konutlar için ortalama yakıt tüketimi

	110-119m ²	120-139m ²	140m ² den büyük
Ortalama Kömür mik(ton)	2,3	2,6	2,7
Ortalama odun miktarı (kg)	560	510	1375

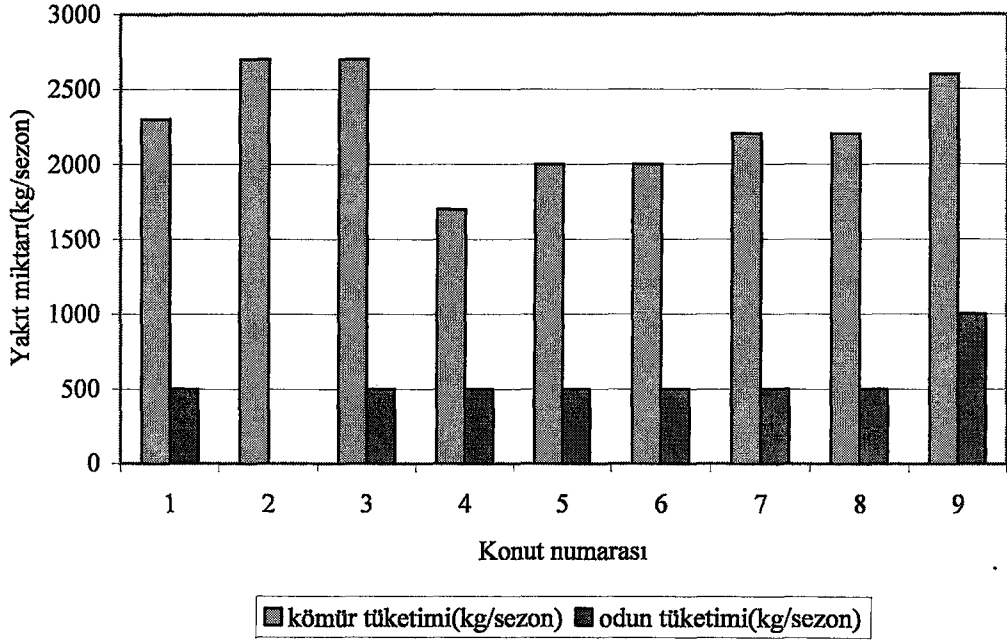


Şekil 3.11 2001-2002 kış sezonu kaloriferli konutlar için kömür tüketimi

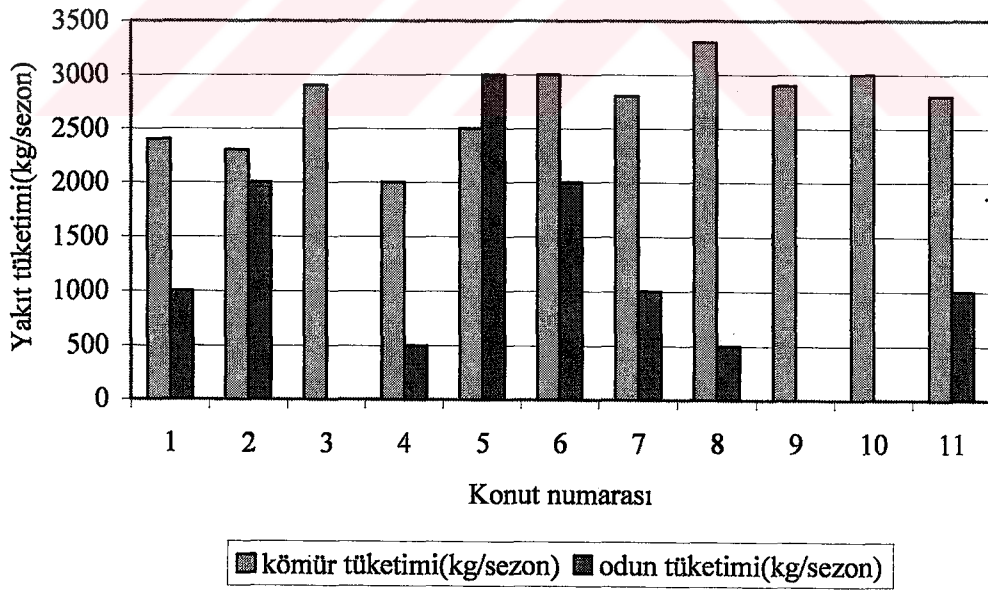


Şekil 3.12 2001-2002 kış sezonu kaloriferli konutlar için odun tüketimi

Şekilde kömür tüketiminin konut sayısına göre dağılımı verilmiştir. Kömür tüketimi 2660-2980 kg kömür/sezon değerinde pik vermiştir. Aynı değeri 8 konuttan alınmıştır. Ancak hesaplamalarda pik yapan değer yerine ağırlıklı ortalama tüketim değeri kullanılmıştır. 24 konuttan elde edilen ortalama kömür tüketimi 2.5 ton /sezondur. Odun tüketimi için pik değer 720 kg/sezon değeridir. Hesaplamalarda kullanılacak ağırlıklı ortalama odun tüketim değeri ise 1000 kg/sezon dur.



Şekil 3.13 100-119 m² taban genişliğine sahip kaloriferli konutlar için sezonluk kömür-odun tüketimi



Şekil 3.14 140 m² den büyük taban genişliğine sahip sobalı konutlar için sezonluk kömür-odun tüketimi

Yukarıdaki şekillerde görüldüğü gibi kömür tüketim farklılıklar bulunmaktadır. Bu sonuç, konutun taban alanındaki değişimler, binanın izolasyonu ve rüzgara açık cephesinin olup olmaması gibi faktörlerle ilişkilendirilmektedir.

2001-2002 kış sezonu emisyon envanterinin çıkarılmasında uygulanan anket çalışması sonuçlarından elde edilen yakıt tüketim miktarları Çizelge 3.7 de verilmiştir.

Sobalı konutlar için 2ton/sezon kömür , 600 kg/sezon odun, gecekondular için 1.250ton kömür/sezon, 500kgodun/sezon , işyerleri için 1ton kömür/sezon, 500kg odun/sezon, kaloriferli konutlar için 2,5 ton/daire.sezon, 1000 kg/kooperatif.sezon değerleri bulunmuştur.

Çizelge 3.8 2001-2002 Kış sezonu için kaloriferli- sobalı birim konut başına düşen yakıt tüketim miktarları

	Kaloriferli Konutlar	Sobalı Konutlar	Sobalı İşyerleri	Gecekondular
Kömür miktarı(kg/sezon)	2500	2000	1000	1250
Odun miktarı(kg/sezon)	1000	600	500	500

75-99 m² taban grubundaki konut sayısı 14287, 100-149m² taban grubundaki ev sayısı 17474 adettir. 49 m² den küçük konutlar 2350, 50-74 m² arası 9402 dir. Toplam bina sayısının %16 sını oluşturan 75 m² ye kadar olan sobalı konut grubu gecekondular olarak değerlendirilmiştir (T.C. Başbakanlık DİE, 2000).

3.1.2 Meteorolojik Parametrelerin Yakıt Tüketimine Etkisi

Genelde bir binada yakıt tüketimi, bölgenin meteorolojisi, binanın mimari yapısı ve kullanılan malzemenin tipi ve bölgedeki nüfusa bağlı olarak değişmektedir. Isınma amacıyla bir binada ve şehirde enerji gereksinimi, belli süreler (saatlik, aylık, yıllık) için ısınma derece-saat metodu denilen bir metodla hesaplanmaktadır. Derece-saat metodunda dış ortam sıcaklığı ve baz alınan iç ortam sıcaklığı arasındaki fark saatlik, aylık yada yıllık periyot için hesaplanarak, toplam sayı olarak verilmektedir (Lutgens F.K and Tarbuck E.J, 1998).

Isınma sezonu için toplam ısınma derece-saat sayısı(number of heating degree-days), aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

$$DH = \sum_{j=1}^N (T_i - \bar{T}_o)_j \quad (3.1)$$

(3.1) eşitliği için $(\bar{T}_o \leq T_b)_j$ şartlarında hesaplama yapılmaktadır. Burada T_i ,içortam sıcaklığı; $\bar{T}_o$ hergün için ortalama saatlik dış ortam sıcaklığı; N $(\bar{T}_o \leq T_b)_j$ şartını sağlayan, saat sayısıdır. T_b baz sıcaklık olup, binalarda insanların rahatça yaşamalarını sağlayacak konfor sıcaklığıdır. Konfor sıcaklığı 15-20°C arasında değişmektedir. Isınma sezonunun başlama ve bitiş tarihlerini etkilemektedir. Isınma derece-saat sayısı belirlendikten sonra, binalardaki yakıt miktarları hesaplanabilmektedir.

Isınma derece-saat metodu kullanılarak İstanbul için toplam ısınma derece-saat sayısı (DH) , baz sıcaklık 20°C için 51601 olarak hesaplanmıştır. Şehir merkezinde ısınmanın tamamen doğal gazla yapıldığı düşünülerek, birim saatteki hava değişim hızı (0.5ACH), pencere alanının toplam alana göre yüzdesi (%20), binada yaşayan insan sayısı(30 kişi) ve pencerelerdeki cam sayısı(tek cam) dikkate alınarak, doğal gaz tüketimi İstanbul, Ankara ve Bursa için sırasıyla 3.7Gm³, 1.8 Gm³, 0.5 Gm³ olarak hesaplanmıştır (Durmaz A. ve Kadioğlu M, 2003).

Yakıt Kullanım İndeksinin Bulunması

Hava kalitesi tahminlerinde kullanılmak üzere, meteorolojik parametrelere bağlı olarak indeks geliştirilmiştir. Hava kirliliği dispersiyonu, rüzgar hızı ve öğleden sonra karışma yüksekliği dikkate alınarak sınıflandırılmıştır. Hava kirliliği dispersiyonu, atmosferik ventilasyona göre değerlendirilmiştir. Karışma yüksekliği ve rüzgar hızına bağlı olarak düşünülen atmosferik ventilasyon, m²/sn birimindedir. Atmosferik ventilasyon 0-2000m²/sn olduğunda hava kirliliği dispersiyonu kötü, 2001-4000m²/sn arasında dispersiyon zayıf, 4001-6000m²/sn arasında kirlilik dispersiyonu iyi, 6001 m²/sn üzerinde çok iyi olarak sınıflandırılmıştır (Eagleman J.R. ,1991)

Bu tez çalışmasında, şehir merkezindeki yakıt kullanımını etkileyen rüzgar hızı ve sıcaklık gibi meteorolojik parametrelere bağlı olarak, yakıt kullanım indisleri geliştirilmiştir. Şehir merkezindeki yakıt kullanımı ile rüzgar hızı ve sıcaklık arasında sayısal olarak bir ilişki saptanmıştır. Böylece farklı kış sezonlarında aynı meteorolojik şartlara sahip muhtelif günler için yakıt tüketimi hesaplanabilecektir. Bu amaçla rastgele olarak, şehir merkezinden dört farklı mahallesinde, belirlenen sobalı 20 konut ve kaloriferli 4 bina için günlük yakıt miktarı

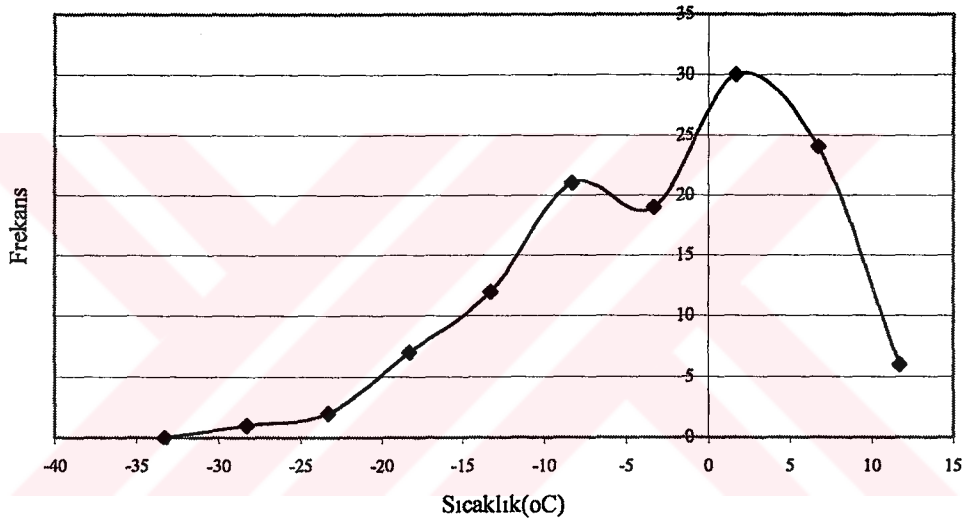
takip edilmiştir. Toplam 17 hafta boyunca (23.12.2002-28.4.2003) yakıt tüketimi rapor edilmiştir. Bu peryod için ortalama sıcaklık ve ortalama rüzgar verisi de takip edilmiştir.

Yakıt kullanım indisleri için (kg/daire.gün)

1. Sıcaklık
2. Rüzgar hızı ve sıcaklık

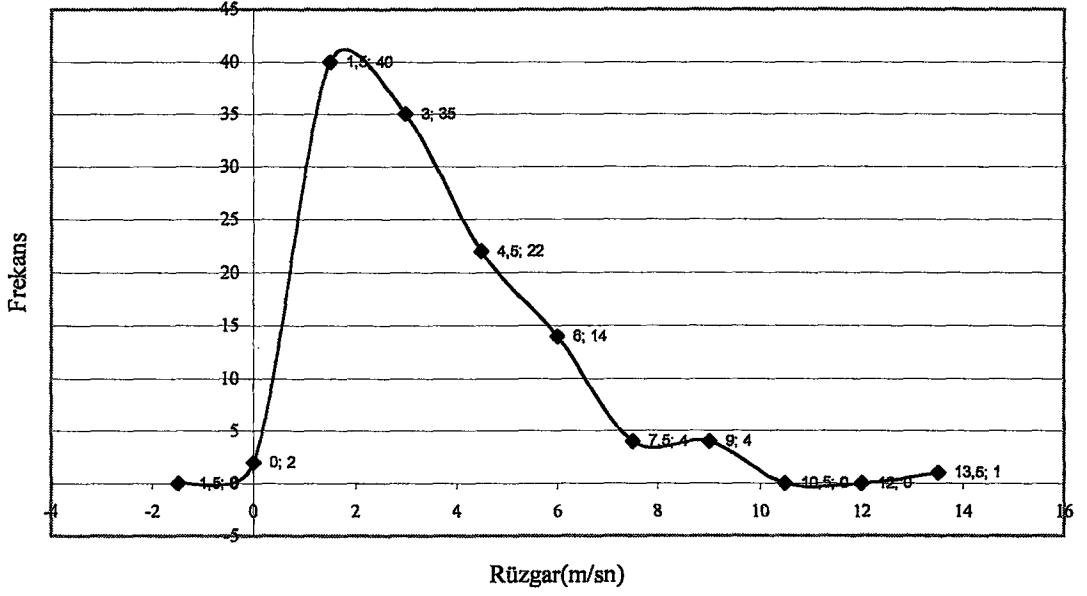
dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Burada aynı işlem her iki durum içinde yapılmıştır. 23Aralık-28 Nisan arasında 20 sobalı konut ve 4 kaloriferli bina, (toplam 85 konut) için günlük olarak yakılan kömür miktarı takip edilmiştir. Toplam 24 bina için, günlük yakıt tüketimi Ek-4 de verilmiştir.

2002-2003 Kış Sezonu Sıcaklık Verisi Dağılımı



Şekil 3.15 2002-2003 Kış Sezonu Ortalama Sıcaklık verisi dağılım grafiği

2002-2003 Rüzgar Verisi Dağılım Grafiği



Şekil 3.16 2002-2003 Kış sezonu rüzgar verisi dağılım grafiği

Ek-4 de verilen çizelgelerden görüldüğü gibi, günlük yakıt kullanımında ilgili konutlar için fazla değişiklik yoktur. Bu durum kontrolsüz yakma sistemlerinin kullanılması ile ilişkilendirilmektedir. Ortamın sıcaklığına göre, ısıtma sistemi yakma işlemini kontrol edemediğinden yakılan miktarlarda fazla bir değişme olmamaktadır.

Sıcaklığın Yakıt Kullanım Miktarına Etkisi

2002-2003 kış sezonunda sıcaklık (-28°C) ile (8°C) arasında seyr etmiştir. Sıcaklık aralıkları istatistiksel olarak gözlem sayısı, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir (Akkurt, M,1999). Buna göre 9 sıcaklık grubu oluşturulmuştur. Kasım 2002-Nisan2003 periyodunda, belirlenen sıcaklık aralıklarına giren gün sayısı ve toplam yakıt miktarı belirlenmiştir. Sıcaklık grupları ve her aralığa düşen gün sayısı Çizelge3.9 de verilmiştir.

Çizelge 3.9 Sıcaklık grupları ve bu aralıklardaki gün sayısı

Gruplar	Sıcaklık aralıkları(°K)	Gün sayısı	Toplam yakıt(ton)
1	245' den küçük	1	1412
2	245-249	2	2603
3	249-253	2	2667
4	253-257	12	13628
5	257-261	12	14253
6	261-265	15	17460
7	265-269	14	15348
8	269-273	28	31747
9	273-277	11	8373
10	278-281	16	11828

Çizelgede toplam yakıt miktarı olarak gösterilen değerler, ilgili aralığa düşen günlerdeki toplam miktardır. Mesela 3.sıcaklık aralığı olan 249-253(°K) sıcaklık grubunda, toplam 12 gün belirlenmiş olup, bu 12 güne ait toplam yakıt miktarı 13628 kg kömürdür.

Yakıt kullanım indeksi (YKİ), daire başına günlük tüketilen yakıt miktarı olarak ifade edilebilir. Bu ifadeyi formülize edersek,

Yakıt kullanım indeksi (YKİ)=Toplam yakıt miktarı/(daire sayısı*gün sayısı)

Şeklinde olur. Buna göre sıcaklığa bağlı olarak hesaplanacak yakıt kullanım indisi değerleri Çizelge3.10 de verilmiştir.

Çizelge 3.10 Yakıt Kullanım İndeksi 1 (YKİ1) Hesabı

Gruplar	Sıcaklık aralıkları(°K)	Gün sayısı	Toplam yakıt(kg)	Yakıtkullanım indeksi (YKİ1)= Toplamyakıt (kg)/daire.gün
1	245' den küçük	1	1412	1412/85*1=16,61
2	245-249	2	2603	2603/85*2=15,31
3	249-253	2	2667	2667/85*2=15,68
4	253-257	12	13628	13628/85*12=13,36
5	257-261	12	14253	14253/85*12=13,97
6	261-265	15	17460	17460/85*15=13,69
7	265-269	14	15348	15348/85*14=12,89
8	269-273	28	31747	31747/85*28=13,34
9	273-277	11	8373	8373/85*11=8,96
10	278-281	16	11828	11828/85*16=8,69

Yukarıda çizelgede gösterildiği üzere hesap edilen yakıt kullanım indeksi değerlerini test etmek amacıyla, 2001-2002 kış sezonu için kullanarak, tüketilen kömür miktarı hesaplandı.

2001-2002 kış sezonu envanter çalışması ile, yakıt tüketimi daha önceden bulunmuştur. Aynı dönem için bulunan kömür tüketim miktarları karşılaştırılmıştır.

Bu amaçla 2001-2002 kış sezonunda, yukarıdaki çizelge sınıflamasına göre, ilgili aralıklara düşen gün sayısı ve toplam yakıt tüketimi aşağıda Çizelge 3.11 de verilmiştir. 2001-2002 emisyon envanteri çalışmasında il çapında 63282 adet konut işleme alınmıştır. Aşağıdaki hesaplamada, şehir genelinde tüketilen yakıt miktarı bulunurken, bu sayı dikkate alınmıştır.

Çizelge 3.11 Toplam Yakıt Miktarının Belirlenmesi

Gruplar	Sıcaklık aralıkları (°K)	Gün sayısı	Yakıt kullanım İndeksi1 (kg/daire.gün)	Toplam yakıt(ton)= Yakıt kul.indeksi1 *Daire*Gün
1	245' den küçük	0	16,61	
2	245-249	0	15,31	
3	249-253	11	15,68	15,68*63282*11= 10915
4	253-257	8	13,36	13,36*63282*8= 6763
5	257-261	21	13,97	13,97*63282*21= 18565
6	261-265	13	13,69	13,69*63282*13= 12262
7	265-269	28	12,89	12,89*63282*28= 22840
8	269-273	25	13,34	13,34*63282*25= 21105
9	273-277	29	8,96	8,96*63282*29= 16643
10	278-281	17	8,69	8,69*63282*17= 9349
Sezon için tüketilen Toplam linyit miktarı(ton)				118442

Sıcaklık Ve Rüzgar Hızının Yakıt Kullanım Miktarına Etkisi

Aralık 2002- Nisan 2003 periyodunda takip edilen sıcaklık ve rüzgar hızı verisi kullanılarak,

U =rüzgar hızı (m/s)

$T(^{\circ}K)=t(^{\circ}C)+ 273$ olmak üzere,

U/T parametresi oluşturulmuştur. Rüzgar hızının, sıcaklık verisine oranı şeklinde olan bu değerlendirmede, sınıf aralıkları sıcaklığın düşük, rüzgar hızının yüksek olduğu değerlere göre belirlenmiştir. Teorik olarak sıcaklığın en düşük, rüzgar hızının en yüksek olduğu şartlar, yakıt tüketiminin maksimum olacağı şartlardır. Yakıt kullanımında, takip edilen meteorolojik şartlara göre maksimum miktardan-minimum miktara doğru yakıt tüketimini bulmak amacıyla bu tip bir sınıflama yapılmıştır. Sınıf aralıkları bu çerçevede

bulmak amacıyla bu tip bir sınıflama yapılmıştır. Sınıf aralıkları bu çerçevede oluşturulmuştur. Mesela 1. grupta sıcaklık verisinin en düşük olduğu 245-249°K, rüzgar verisinin en yüksek olduğu 8.56-9.53 m/sn aralığı dikkate alınarak $(9.53/245)-(8.56/249)$ şeklinde oranlama yapılmıştır. Rüzgar verisi 0 - 9.53 m/s arasında olup, sınıf aralığı 1,07 olarak belirlenmiştir (Akkurt M, 1999). Sıcaklık ve rüzgar verisi için oluşturulan gruplamalar, aşağıda Çizelge 3.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.12 Sıcaklık ve Rüzgar hızı sınıf aralıkları ve U/T parametre değeri

Gruplar	Sıcaklık Aralıkları (oK)	Rüzgar Hızı (U) Aralıkları (m/s)	U/T	1000*U/T	
1	245-249	0-1,07	0,0388-0,0343	38,8-34,3	Çok yüksek
2	249-253	1,07-2,14	0,0343-0,0296	34,3-29,6	Yüksek1
3	253-257	2,14-3,21	0,0296-0,0249	29,6-24,9	Yüksek2
4	257-261	3,21-4,28	0,0249-0,0205	24,9-20,5	Orta1
5	261-265	4,28-5,35	0,0205-0,0162	20,5-16,2	Orta2
6	265-269	5,35-6,42	0,0162-0,0122	16,2-12,2	Küçük1
7	269-273	6,42-7,49	0,0122-0,0078	12,2-7,8	Küçük2
8	273-277	7,49-8,56	0,0078-0,0038	7,8-3,8	Çok küçük
9	277-281	8,56-9,53	0,0038-0	3,8-0	Çokçok küçük

Yukarıdaki gruplamaya giren gün sayısı, o günlere ilişkin toplam yakıt miktarı Çizelge 3.12 de verilmiştir.

Çizelge 3.13 YKİ2 Hesabı

Gruplar	1000*U/T	Gün sayısı	Toplam yakıt(kg)	Yakıt kullanımindeksi(YKİ2)= Toplamyakıt/daire.gün
1	29,6-24,9	4	3586	$3586/85*4=10,54$
2	24,9-20,5	4	3996	$3996/85*4=11,75$
3	20,5-16,2	11	11447	$11447/85*11=12,24$
4	16,2-12,2	11	11477	$11477/85*11=12,26$
5	12,2-7,8	20	20787	$20787/85*20=12,22$
6	7,8-3,8	22	23918	$23918/85*22=12,79$
7	3,8-0	30	34449	$34449/85*30=13,51$

YKİ2 değerleri kullanılarak 2001-2002 kış sezonu için bulunan toplam yakıt miktarı, aynı dönem envanter sonuçlarına göre test edildi. Bunun için yukarıdaki sınıf aralıklarına düşen 2001-2002 kış dönemi gün sayısı ve toplam yakıt miktarı Çizelge 3.13 de verilmiştir.

Çizelge 3.14 Toplam yakıt miktarının belirlenmesi

Gruplar	1000*U/T	Gün sayısı	YKİ2	Toplam yakıt(ton)= Toplam daire sayısı*YKİ2*gün sayısı
1	29,6-24,9	4	10,54	63282*10,54*4=2668
2	24,9-20,5	8	11,75	63282*11,75*8=5649
3	20,5-16,2	15	12,24	63282*12,24*15=11618
4	16,2-12,2	25	12,26	63282*12,26*20=19359
5	12,2-7,8	26	12,22	63282*12,22*26=20105
6	7,8-3,8	13	12,79	63282*12,79*13=10521
7	3,8-0	58	13,51	63282*13,51*58=49587
Sezon için tüketilen Toplam linyit miktarı(ton)				119842

2001-2002 kış sezonu için envanterden bulunan toplam kömür miktarı **124061 ton** dur. YKİ1 kullanılarak hesaplanan miktar **118442 ton**, YKİ2 kullanılarak hesaplanan miktar **119842 ton** dur. YKİ1 %4.4, YKİ2 %3.4 lük bir hata ile hesaplama yapmıştır. Birbirine yakın bir hassasiyette sonuç vermiştir.

3.2 Emisyon Envanterine Giriş

Herhangi bir bölgede kirletici kaynakların, hava kirlenmesine katkılarının belirlenmesi amacıyla, bu kaynaklarla ilgili bilgilerin sistematik olarak toplanması emisyon envanteri olarak isimlendirilmektedir. Emisyon envanterleri başka bir ifade ile, incelenecek bölgede belirli bir zaman diliminde hava kirletici kaynaklardan atmosfere verilen kirleticilerin listesidir. Lokal, bölgesel ve ulusal çaptaki emisyon envanterleri aşağıda sıralanan hususlar için temel işlem basamaklarıdır;

- Ulusal emisyon azaltma stratejileri
- Kirleticilerin dispersiyonu, atmosferik dönüşüm ve taşınım proseslerinin çalışılmasında
- Sınır ötesi taşınımların belirlenmesinde
- Yüksek kirlilik içeren bölgelerde emisyon kontrol senaryolarının geliştirilmesi

Emisyon envanterleri çalışma hızı ve çalışma alanı ile bağlantılı olarak sırasıyla genel, hızlı ve karşılaştırmalı envanter olmak üzere üç sınıfta incelenebilir. Genel ve hızlı envanter metodları yıllık, sezonluk, günlük veya saatlik ortalama emisyon sonuçları verebilmektedir. Genel tahmin büyük alanlar için işlenen, harcanan malzeme veya tüketilen yakıt miktarı esas alınarak ilgili referans dökümanlar ve istatistiki bilgiler kullanılarak hazırlanmaktadır. Hızlı tahmin envanterde arazi kullanım özelliklerine göre alt bölgelere ayrılmaktadır. Arazi kullanım özellikleri yakıt kullanımı topoğrafya, nüfus yoğunluğu ve içerdiği nokta kaynaklar

şeklinde sıralanabilmektedir. Karşılaştırmalı envanter, arazi gözlemleri, tesis tetkikleri, anketler ve baca gazı örneklemelemlerini içermektedir. Bütçe ve personel sınırlamaları dikkate alındığında hızlı tetkik veya brüt tahmin metotları envanterlemede tercih edilmektedir (Painter D.E, 1974).

Emisyon envanterleri kesin bilgi üretmemekle birlikte, hava kalitesi modelleme çalışmalarında ve kontrol çalışmalarında yeterli doğrulukta sonuçlar verebilmektedir. Envanterden elde edilen data, planlamada, kontrol stratejilerinin oluşturulmasında, emisyon standartlarının geliştirilmesi ve gelecek için gerekli düzenlemelerde önemlidir. Genellikle bu aktiviteler yüksek doğrulukta bilgi istemez, emisyon envanterlerinden çıkartılan bilgi yeterlidir.

3.2.1 Emisyon Faktörleri

Hangi tip emisyon envanteri kullanılırsa kullanılsın, envanterdeki en önemli parametre emisyon faktörleridir. Emisyon faktörü, üretilen ürün veya tüketilen birim yakıt miktarının emisyon miktarı ile ilişkisini belirlemektedir. Emisyon faktörleri bir kirletici kaynağın birim faaliyeti başına atmosfere vermiş olduğu kirletici kütlesi olarak tanımlanabilir. Emisyon faktörleri, atmosfere yayılan kirlilik miktarının, kaynak tarafından tüketilen birim yakıt miktarına kütleli oranı yada birim zamanda endüstriyel kaynaktan çıkan birim ürün miktarına oranıdır (www.epa.gov)

Emisyon tahmini için genel denklem

$$E = A * EF * (1 - ER / 100)$$

Burada; E=emisyon, A=aktivite oranı, EF=emisyon faktörü, ER=emisyon azaltma verimi (%)

Günümüzde özellikle Avrupa'da pek çok (CEC-CORINAIR, OECD-MAP, PHOXA, TNO-LOTOS, ECE-EMEP gibi) emisyon faktörü veri tabanı bulunmaktadır. Bu çalışmada AP-42 veri tabanı kullanılacaktır.

Bu araştırmada emisyon envanteri çalışması sırasıyla aşağıdaki kademeleri içermektedir:

- Kirletici sınıfların belirlenmesi
- Herbir kirletici kaynak grubunda kullanılan yakıt çeşitlerinin ve yakıt kullanım miktarının belirlenmesi
- Kirletici kaynaklardan oluşan emisyon parametrelerinin ve toplam emisyon miktarlarının herbir grid ve yakıt bazında belirlenmesi

3.2.2 Emisyon Envanteri Çalışmaları

Chrischurh için kış mevsiminde günlük odun ve kömür tüketimi sırasıyla 592.000kg ve 132.000kg olarak kaydedilmiştir. PM₁₀ için hazırlanan emisyon envanterinden, tipik bir kış günü için, toplam emisyonun %82 sinin ısıtma, %10 nun taşıtlardan, %8 nin endüstriden geldiği tahmin edilmiştir (Barna M.G. and Ginson N.R.,2002).

Atina için 1989 yılı itibarı ile duman, SO₂, NO_x, CO, VOC emisyonları sırasıyla 2621 ton/yıl, 10.614 ton/yıl, 24.894 ton/yıl, 329 ton/yıl, 61.054 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda USEPA emisyon faktörleri kullanılmıştır. 1992 yılı için söz konusu kirletici miktarları duman için 2489 ton/yıl, SO₂ için 9787 ton/yıl, NO_x için 23664 ton/yıl, CO için 307.7 ton/yıl, VOC için 65575 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. 1992 yılı için 1989 göre SO₂ emisyonunda %50 artış olduğunu ve bu miktarın 3984ton ulaşım, 5340 ton ısıtma, 840 ton küçük endüstri faaliyetleri olduğu açıklamıştır (Economopoulos A., 1997).

Tayvan için PCDD/PCDF emisyonları ana kaynaklarına göre USEPA emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır. Kaynaklar ve katkı payları atık yakma tesisleri(evsel, endüstriyel, tıbbi, tehlikeli atıklar için) %23.7, kömür yakan enerji santralleri %5.01, endüstriyel %5.02, çimento fabrikaları %10.30, elektrik ark ocakları %10.26, ikincil alüminyum eritme işlemleri %6.53, ikincil bakır eritme işlemleri %39.36 olarak kaydedilmiştir (Chen C-M., 2004).

İspanya Barselona metropolitan bölgesinde PM₁₀ için ana kaynağın doğal (toz fırtınaları) ve ulaşım olduğu, sonbahar ve kış aylarında daha yüksek seviyelere ulaştığı belirlenmiştir. Ortalama PM₁₀ değeri 40.6 µg/m³, maksimum değeri 50 µg/m³ aştığı kaydedilmiştir. PM_{2.5} için ortalama değer 27.7 µg/m³, PM₁₀ için ortalama değer 19 µg/m³ olarak kaydedilmiştir (Querol X. et al, 2001).

Kuzey Karolayna' da eyalet çapında NH₃ emisyonlarının %80.4 nün hayvancılık uygulamalarından, %1 endüstriyel faaliyetlerden, %6 sının motorlu araçlardan, %18.6 zirai faaliyetlerden kaynaklandığı bulunmuştur. Emisyon hesabında USEPA veri tabloları kullanılmıştır (Battye W et al, 2003).

NO_x ve CO emisyonlarına ulaşım tipinin (karayolu, demiryolu, denizyolu, havayolu) katkıları CORINAIR metodolojisi kullanılarak hesaplanmıştır. NO_x için karayolu taşımacılığının %26, demiryolu taşımacılığının %15, denizyolu taşımacılığının %8, havayolu taşımacılığının %39, diğer aktivitelerin %11 katkıda bulunduğu; CO için karayolu taşımacılığının %36, demiryolu taşımacılığının %22, denizyolu taşımacılığının %1, havayolu taşımacılığının %11, diğer

aktivitelerin %5 katkıda bulunduğu kaydedilmiştir. Toplam NO_x emisyonu 415kt/yıl, CO emisyonu 1182kt/yıl olarak hesaplanmıştır (Symeonidis P. et al, 2004).

Hiroşima' da 23 endüstri kolu dikkate alınarak hazırlanan envanterde, yakıt tipine göre toplam yakıt tüketimi ve yüzdesi kaydedilmiştir. Kömür %91, fuel-oil %7-8, gaz %2 olarak belirlenmiştir. 1990-2000 yılları arasındaki süreçte yakıt tüketim hızındaki artma kömür için %1.93, fuel-oil için %0.88, gaz için %17.59 olarak bulunmuştur. Kömür genellikle demir, çelik, seramik ve çimento fabrikalarında, fuel-oil ise gıda ve diğer endüstri kollarında kullanılmaktadır. Gaz ise elektrikli makine endüstrisinde tüketilmektedir. 1990- 2000 yılları dikkate alındığında toplam yakıt tüketiminin %90'nı demir-çelik endüstrisinde, %2 kağıt endüstrisinde, %3 kimya endüstrisinde, %5 yakıt tüketimi diğer endüstri dallarına ait olduğu belirlenmiştir. 1990 yılı için endüstri kaynaklı SO₂ ve NO_x miktarı sırasıyla 1.5kt ve 14.2kt olarak hesaplanmıştır (Nurrohim A. and Sakugawa H, 2004).

Avrupa'da 1985 ve 2005 yılları temel alınarak iki aşamalı olarak PCDD/PCDF emisyon envanteri hazırlanmıştır. İlk aşamada Portekiz, Yunanistan ve merkezi avrupa ülkelerinden elde edilen emisyon ölçümleri kullanılarak hazırlanmıştır. İkinci safhada 17 batı avrupa ülkesinde önemli PCDD/PCDF emisyon kaynakları kullanılarak güncelleştirilmiştir. Emisyon envanterinin güncelleştirilmesi için durum çalışmaları ve üye ülkelerin mevcut envanter programlarına ilave olunan bilgiler dikkate alınarak yapılmıştır. Emisyon tahminleri, aktivite hızlarına karşılık gelen emisyon faktörleri ile çarpılarak oluşturulmaktadır(buna tavan-taban; top-bottom yaklaşımı da denilir). Envanter sonuçları , PCDD/PCDF emisyonları için ana kaynağın evsel atık yakma tesisleri olduğu ve bunu demir ve sinterleme tesislerinin takip ettiği; İspanya ve İtalya'da özellikle metal endüstrisinde çok sayıda kaçak olduğu; baca gazı konsantrasyonu 100 ng I-TEQ/m³ ü geçen atık yakma tesislerinin olduğu; endüstriyel emisyon kaynaklarında etkili bir şekilde emisyon azaltma tekniklerinin uygulandığı ancak endüstriyel olmayan kaynaklarda bu kontrol işlemlerinin yapılamadığı; yakın gelecekte endüstriyel olmayan emisyon kaynaklarının endüstriyel olan kaynakları geçeceği şeklinde sıralanmıştır (Quab U., 2004).

Graz'da 1988 ve 1995 yılları dikkate alınarak NO_x ve SO₂ emisyonları için konut ısıtması, trafik ve endüstri kaynaklı emisyon envanteri güncelleştirilmiştir. 1988 yılında hazırlanan envanter, 1995 yılı verileri(emisyon faktörleri ve metodolojisi kullanılarak) kullanılarak güncelleştirilmiştir. 1988 yılı için uygulanan eski ve yeni (1995 yılı) metodoloji ile emisyon miktarlarında farklılıklar ortaya çıkmıştır. Buna göre NO_x emisyonu 1988 yılı için hazırlanan ilk emisyon envanterinde hesaplanan değerinden %30 daha az, SO₂ ise %20 daha fazla olarak

hesaplanmıştır. Hesaplamalar Corinair metodolojisi kullanılarak yapılmıştır (Sturm P.J et al, 1999).

Asya kıtasındaki SO₂ emisyonun 1990 yılında 33 ton olduğu bunun sektörel dağılımının ise 15 ton endüstri, 7 ton evsel, 10 ton enerji santralleri, 1 ton diğer(ulaşım vs) şeklinde olduğu ifade edilmiştir (Streets D.G. et al, 2000).

Hindistan'da SO₂ emisyonunun 1990 da 3,5 ton, 1995 de 4,6 ton olarak belirlemişlerdir. 1995 yılı için sektörel dağılım %46,1 enerji santralleri, %7,8 ulaşım, %34,4 endüstri, %5,2 biyokütle yakılması, %2,7 endüstri, %3,7 diğer olarak hesaplanmıştır (Garg A.. et al, 2001).

Global ölçekte 2000 yılı SO₂ emisyonu için hazırlanan envanterde toplam miktarın 68ton olduğu, bunun %15ABD den, %19 Avrupa' dan, %46 Asya ve%20 diğer bölgelerden kaynaklandığı belirlenmiştir (Smith S.J. et al, 2001).

Asya' da SO₂ emisyonuna 31,6 ton antropojenik kökenli, 3,8ton volkanik kökenli katkının olduğu açıklanmıştır (Arndt R.L. et al, 1997).

SO₂ emisyonuna %50konut, %15ulaşım, %35 endüstrinin katkıda bulunduğunu ve endüstrinin %10 nun demir, çelik, ve gübre fabrikalarının oluşturduğunu açıklanmıştır (Reddy M.S, 2002).

1994 yılı için İngiltere' de ulaşımdan 2514 ton, endüstriden 92315 ton ve ısınmadan 95170 ton SO₂ emisyonunun yayıldığı açıklanmıştır (Lindley S.J, 2000)

SO₂ emisyonunun %61 nin konut ısıtmasından ve %49 nun endüstriden kaynaklandığı belirtilmiştir (Li Y.F, 1999).

3.2.3 Erzurum İli Emisyon Envanterinin Çıkarılması

Isınma kaynaklı emisyon envanteri için kış sezonunda yakılan yakıt türleri ve miktarları belirlenmiştir. Şehir 1450m*1450m lik gridlere bölünerek, her griddeki emisyon miktarı AP-42 emisyon faktörü grubu kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Aşağıda grid sistemine düşen şehrin fiziksel yapılaşması verilmiştir. Kentin grid karelere ayrılmış haritası Ek-5 de verilmiştir.

Çizelge 3.15 Şehrin Konut Sayısının Gridlere Göre Dağılımı

Grid no	Kaloriferli	Sobalı	Gecekond	İşyeri	TOPLAM
A1					
A2	112	69	40	135	356
A3	132	1276	1906	413	3727
B1					
B2	577	367	213	159	1316
B3		1384	2956	663	5003
C1	3286	560	494	73	4413
C2	2621	1892	978	1298	6789
C3	368	1820	1705	1064	4957
D1	2298	633	4	655	3590
D2	4616	3619	1188	2124	11547
D3	991	2717	227	97	4032
E1	10785			491	11276
E2	4737	356	25	165	5283
E3	237	592	269	15	1113
TOPLAM	30760	15265	10085	7232	63282

Çizelge 3.16 Isıtma sistemi yüzdelerik dağılımı

Grid no	Konut sayısı	Isıtma sistemi	
		Kalorifer(%)	Soba(%)
A1			
A2	1725	59	41
A3	3727	4	96
B1			
B2	1316	0	100
B3	5003	74	26
C1	4413	39	61
C2	6789	7	93
C3	4957	64	36
D1	3590	40	60
D2	11547	25	75
D3	4032	96	4
E1	11276	90	10
E2	5283	21	79
E3	1113	49	51
TOPLAM	63282		

A2 ve A3 gridlerinin çoğunluğu gecekondu bölgesidir ve çok küçük bir kısmında (%1 den az) hayvancılıkla da uğraşmaktadır. A3 de ayrıca küçük ölçekli işletmeler (oto tamircisi, demir işletmeleri vs.) bulunmaktadır. Bunları ekserisi kepek (odun kırıntısı) ve yanmış yağ kullanmaktadırlar. D1 gridinde bulunan Askeri birimler ve Üniversite yerleşkesi özel

kalorifer yakıtı kullanmaktadır. Konut sayısı itibarı ile gridin %40 nı oluşturmaktadırlar.

Şehir bünyesinde yaklaşık %4 sıvı yakıt, %96 katı yakıt kullanılmaktadır . Ekonomik tedbirler dolayısıyla, sıvı yakıt kullanımı azalmıştır. Bu sebeple 2001-2002 kış sezonu için tamamen katı yakıt (ithal linyit) kullanıldığı düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır.

Her bir grid bölmedeki tüketilen yakıt miktarı, Çizelge 3.7 değerleri; sobalı konutlar için 2 ton/sezon kömür, 600 kg/sezon odun, kaloriferli konutlar için 2,5 ton/sezon kömür ve 1ton/sezon odun değerleri, gecekondü konutları için 1.250 ton/sezon kömür, 500kg odun/sezon, işyerleri için 1ton/sezon kömür, 500kg/sezon odun, kullanılarak hesaplanmıştır. Grid bazında yakıt tüketimi Çizelge 3.17 de verilmiştir.

Çizelge 3.17 Yakıt Tüketiminin Gridlere Göre Dağılımı(ton/sezon)

Grid no	Kaloriferli	Sobalı	Gecekondü	İşyeri	TOPLAM
	kömür	kömür odun	kömür odun	kömür odun	kömür odun
A1					
A2	280	138 45	54 22	135 68	607 135
A3	330	2552 840	2573 1048	413 207	5868 2095
B1					
B2	1443	734 241	288 117	159 80	2624 438
B3		2768 898	3990 1626	663 332	7421 2856
C1	8215	1120 368	667 272	183	10185 640
C2	6553	3784 1245	1320 538	1298 7	12955 1790
C3	920	3640 1198	2302 938	1064 532	7926 2668
D1	5745	1266 416	5 2	1638	8654 418
D2	11540	7238 2381	1604 653	2124 1168	22506 4202
D3	2478	5434 1788	306 125	97 49	8315 1962
E1	21843				21843 0
E2	11843	712 234	34 14	413	13002 248
E3	593	1184 389	363 148	15 8	2155 545
TOPLAM	71783	30570 10043	13506 5503	8202 2451	124061 17997

2001-2002 kış sezonunda kentte dağıtılan yakıtların kükürt içeriği %0.3-1.2 olarak tayin edilmiştir (T.C. Sağlık Bak. Hıf.Böl.Müd, 2001). Ancak kent genelinde, en çok satılan (%90) yakıt %1S içerikli ithal linyit olduğundan, hesaplamalarda bu yakıt türü dikkate alınmıştır. Kent genelinde kullanılan yakıt türleri Çizelge 3.18 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.18 2001-2002 kış sezonunda kullanılan ithal linyit ve daha düşük kükürtlü ithal linyit özellikleri (T.C. Sağlık Bak. Hıfzısıhha Bölge Enst. Md, 2001)

	İthal Linyit I	İthal Linyit II
Nem	%10	%5.51
Uçucu madde	%36	%21.19
Yanar kükürt	%1	%0.34
Üst ısı değeri (kuru bazda)	6350kcal/kg	7505 kcal/kg
Kül	%14	%10

SO₂ emisyonunun belirlenmesinde AP-42 emisyon faktörleri kullanılmıştır. Linyit için 13,6S(kg/ton), kalorifer yakıtı için 20,1S (kg/ton) ve odun için 0,18S (kg/ton) değerleri alınmıştır [1]. SO₂ emisyon miktarı ve emisyon kuvvet değeri Çizelge 3.19 da verilmiştir. Kalorifer yakıtı değerleri , tüm site için toplam tüketilen yakıt miktarı olarak alınmıştır. SO₂ miktarı µgSO₂/m².sn birimine dönüştürülerek, her grid için emisyon kuvveti hesaplanmıştır. A3 gridi için SO₂ emisyon kuvveti aşağıdaki gibi hesaplanır:

Toplam harcanan kömür tüketiminden kaynaklanan SO₂ miktarı

$$5868 \text{ (ton/sezon)} * 13.6 \text{ (kg/ton)} SO_2 = 79805 \text{ kg } SO_2$$

Toplam harcanan odun miktarından kaynaklanan SO₂

$$2095 \text{ (ton)} * 0,18 = 377 \text{ kg } SO_2$$

$$\text{Toplam } SO_2 \text{ emisyon kuvveti} = \frac{80183 \text{ (kg / sezon)} SO_2 * 10^9 \text{ (} \mu\text{g / kg)}}{6 * 30 * 86400 \text{ (sn / sezon)} * 1450 * 1450 m^2} = 2.5 \mu\text{g / m}^2 \text{ sn}$$

Diğer gridler için emisyon kuvvetleri benzer şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 3.19 SO₂ Emisyonlarının Gridlere Dağılımı

Grid no	Kaloriferli	Sobalı		Gecekondü		İşyeri		TOPLAM	
	kömür	kömür	odun	kömür	odun	kömür	odun	SO ₂ (kg)	SO ₂ (µg/m ² .sn)
A1									0
A2	3808	1877	8	734	4	1836	918	9185	0,3
A3	4488	34707	151	34994	189	5617	37	80183	2,5
B1								0	0
B2	19618	9982	43	3911	21	2163	14	35752	1,1
B3	35752	37645	162	54272	293	9017	6	137147	3,3
C1	111727	15232	66	9070	49	2482		138626	4,2
C2	89114	51462	224	17956	97	17653	129	176635	5,4
C3	12512	49504	216	31304	169	14470	96	108271	3,3
D1	78132	17218	75	73		22270		117768	3,6
D2	156944	98437	429	21812	118	28886	210	306836	9,4
D3	33694	73902	321	4168	22	1319	9	113435	3,5
E1	297058					13634		310692	9,5
E2	161058	9683	42	459	3	5610		176855	5,4
E3	8058	16102	70	4939	26	204	2	29401	0,9
TOPLAM								1740786	

Yakıt Kullanım İndeksi Kullanılarak Günlük Emisyon Miktarlarının Hesaplanması

Yakıt tüketimi iki farklı meteorolojik parametre (sıcaklık ve sıcaklık+rüzgar hızına) bağımlı olarak geliştirilmiştir. Ancak hem rüzgar hızı hemde sıcaklığın fonksiyonu olarak geliştirilen yakıt kullanım indeksi 2 (YKİ2), günlük ve toplam yakıt tüketimini daha büyük bir hassasiyetle hesapladığı için(%3.4), YKİ2 dikkate alınarak günlük emisyon kuvvetleri hesaplanmıştır. Rastgele belirlenen 10 gün için (4aralık-26 mart) , günlük yakıt miktarı ve emisyon şiddeti Çizelge 3.19 de verilmiştir.

Çizelge 3.20 Yakıt Kullanım İndeksi Kullanılarak SO₂ Emisyon

Kuvvetinin Hesaplanması

Günler	U/T(°K) *1000	YKİ2 (kg/daire.gün)	Yakıt Miktarı (kg)	SO ₂ Emisyon Şiddeti (µg/m ² sn)	Ortalama sıcaklık (°C)	Ortalama rüzgar hızı (m/s)
04.Ara	15,91	12,26	775837	58,1	-2,8	4,3
10.Oca	1,97	13,51	854940	64	-20	0,5
18.Oca	1,18	13,51	854940	64	-20,7	0,3
05.Şub	0,77	13,51	854940	64	-12,2	0,2
15.Şub	27,79	10,54	666992	49,9	0,4	7,6
16.Şub	14,38	12,26	775837	58,1	-8,9	3,8
24.Şub.	16,44	12,24	774572	58	-5,3	4,4
01.Mar	1,89	13,51	854940	64	-9	0,5
05.Mar	20,58	11,75	743564	55,7	-1	5,6
26.Mar	16,29	12,24	774572	58	3,1	4,5

Çizelge 3.20 incelendiğinde YKİ2 değerleri çok çok küçük-orta2 grubunda dağılmaktadır. En yüksek yakıt miktarı 10,18 ocak, 5 şubat, 1mart günleri için bulunmuştur. Bu günlerde ortalama sıcaklık (-9°C) ve (-20.7°C) arasınada değişmektedir. Çizelgedeki yakıt miktarı, YKİ2 değerleri ile şehirdeki toplam konut sayısı çarpılarak bulunmuştur. 26mart günü için yapılan hesaplama, örnek olması açısından aşağıda gösterilmiştir.

26Mart günü için ortalama rüzgar hızı 4.5m/s, ortalama sıcaklık değeri 3.1°C dir.

$$U/T(^{\circ}K)*1000= 4.5/(3.1+273)=16.29 \text{ (kg/daire.gün)}$$

$$\text{Kentteki toplam konut sayısı}=63282$$

$$\text{Toplam günlük yakıt}= 63282*12,24=774572 \text{ kg linyit}$$

$$\text{SO}_2 \text{ emisyon şiddeti}= \frac{774.572(\text{ton/gün}) * 13.6(\text{kg/ton}) * 10^9 (\mu\text{g/kg})}{86400(\text{sn/gün}) * (1450 * 1450\text{m}^2)} \cong 58 \mu\text{g} / \text{m}^2 \text{ sn}$$

Yakıt kullanım indeksi kullanılmadan hesaplanan emisyon kuvveti 52.4µg/m²sn dir. Günlük meteorolojik duruma göre, emisyon şiddetlerinde 0.95-1.22 oranında değişme olmaktadır.

4. MATEMATİK MODELİN GELİŞTİRİLMESİ VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

4.1 Matematik Modelleme

Hava kalitesi modellemesi, birçok hava kirliliği çalışmasında gerekli bir araçtır. Modeller aşağıdaki gibi iki gruba ayrılabilir.

- Fiziksel modeller; doğal olayların küçük ölçekte laboratuvar ortamında gösterilmesidir(su tankı,rüzgar tüneli gibi)
- Matematiksel modeller; problemin fiziksel ve kimyasal yönünü tanımlayan analitik/numerik algoritmalar setinden oluşmaktadır.

Fiziksel modeller matematik modelleri geliştirenlere değerlendirme verisi sağlayacak mekanizmaların aydınlatılmasını sağlamıştır (Zannetti P, 1990).

Matematik modeller model yapısına bağlı olarak aşağıdaki gibi olabilir:

- Deterministik modeller; atmosferik süreçlerin matematiksel tanımlamasına dayanmaktadır.
- İstatistiksel modeller; mevcut veriler ve ölçümler arasındaki istatistiksel ilişkilere dayanmaktadır.

4.2 Matematik Modelin Amacı

Hava kalitesi modelleri aşağıdaki faaliyetler için önemli bir araçtır (Seinfeld J.H,1975):

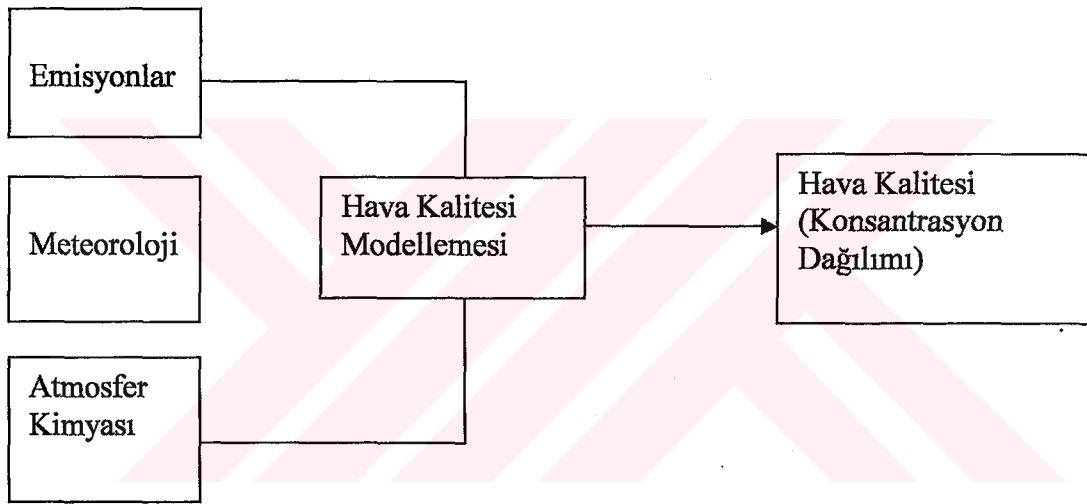
- Emisyon kontrol yönetmeliklerinin oluşturulması; hava kalite standartlarını sağlayacak, izin verilen maksimum emisyon hızlarını belirlenmesi
- Önerilen emisyon kontrol tekniklerinin değerlendirilmesi; gelecekteki kontrol etkilerinin değerlendirilmesi
- Kirleticilerin çevresel etkilerini minimize edebilmek için gelecekteki kaynak yerlerinin seçilme
- Hava kirliliği episodlarının kontrolünün planlanması; anlık uygulanabilen stratejilerin tanımlanması (uyarı sistemleri, kısa vadeli emisyon azaltma stratejilerinin belirlenmesi)
- Hava kirliliği seviyelerinde sorumluların değerlendirilmesi; mevcut kaynak-alıcı ilişkisinin değerlendirilmesi

Model, herhangi bir bölgede çeşitli emisyon kaynakları ve meteorolojik şartlara göre, gerçek kirleticili konsantrasyonlarını tahmin etmek için geliştirilen ve çeşitli varsayımlardan hareketle

basitleştirilen matematik ifadedir.

Matematik model, herhangi bir hava kirliliğinin optimum fayda-maliyet esasına göre kontrolünde, kirleticilerin atmosferde difüzyonu ve taşınmasını ifade eden modeldir.

Bir model, genelde iki çeşit veri gerektirir. Bunlardan birincisi kirletici kaynaklardaki emisyon miktarları, diğeri rüzgar hızı ve türbülans gibi meteorolojik verilerdir. Bunun yanında gerekirse atmosfer kimyası ile ilgili verilerde girdi olarak kullanılabilir. Modelde kullanılan matematiksel ifadelerle kirleticilerin atmosferdeki taşınım ve dispersiyonu, kimyasal ve fiziksel dönüşümleri, uzaklaştırma prosesleri simule edilebilmektedir. Modelin çıkış parametresi ise belli bir zaman aralığı için, belirli alıcı noktalardaki kirletici konsantrasyonlardır. Tipik bir model elemanları Şekil 4.1 gösterilmiştir (Ertürk F,1993).

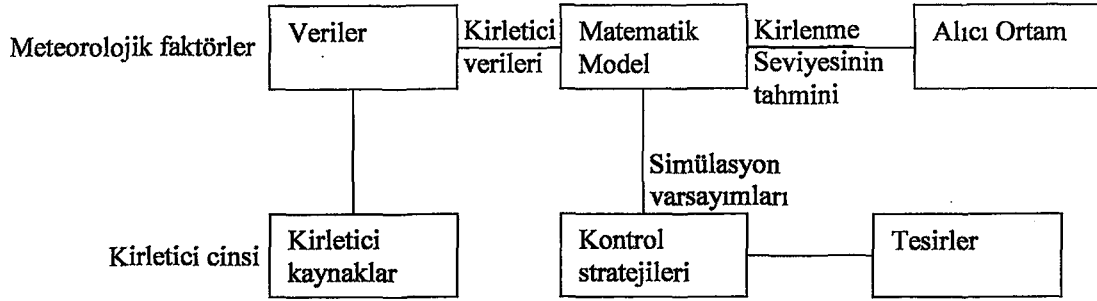


Şekil 4. 1 Hava Kalitesi Model Elemanları

Bu tez çalışması kapsamında hava kirliliğinin kontrol edilmesi ve azaltılması amacıyla uygun stratejilerin, hava kirlenmesi kontrolünde uygulanması şematik olarak Şekil 4.2 de gösterilmiştir. Modelin giriş parametrelerini, meteorolojik veriler, kirletici kaynakları ve cinsleri; çıkış parametrelerini, kirletici konsantrasyon dağılımı oluşturmaktadır. Kirletici konsantrasyon seviyelerinin alıcılar üzerinde(insan, hayvan, bitki, yapı malzemeleri). etkisini azaltmak; özellikle insan sağlığı açısından standartlara göre uygun kontrol stratejisinin saptanması da modelin feed-back(dönüt) kısmını oluşturmaktadır.

Kentsel bir bölgede hava kirliliğinin izlenmesi için geliştirilen bir model, aşağıdaki sıralanan konular yol gösterici olacaktır

- Yeni emisyon kaynağının yerleştirilebileceği bölgeler,
- Hava kalitesi standartlarını sağlamak için emisyonların azaltılmasına olan gereklilik,
- Nokta kaynakların ve yerleşim alanlarından gelen kirleticilerin, yer seviyesi konsantrasyonlarına olan bağıl etkisi,
- Gelecekte emisyon kaynağının büyüklüğü,
- Herhangi bir nokta kaynaktan çıkan kirleticilerin atmosfere verilmeden önce alınması gereken önlemler.



Şekil 4.2 Hava Kirlenmesi Kontrol Modeli

Hava kirliliği kontrolüne bir başka yaklaşım basit olarak mevcut en iyi teknolojiyi kullanarak her kaynağı mümkün olan maksimum noktaya kadar kontrol etmektir. Bu metod efektif olmasına karşılık, sermaye ve kaynakların maliyeti bakımından efektif değildir. Azami kontrol genel olarak maksimum harcamayı gerektirmektedir. Matematik modelin uzun süredeki amacı, hava kalitesi standartlarını en az kontrol maliyeti ile sağlamaktır. Bu kontrol ile ilgili fayda-maliyet hesapları optimizasyon teknikleri ile yapılabilir, ancak modelin kalibrasyonu ve hava kirliliği seviyesinin standartlara uygunluğunun temin edilmesinden sonra mümkün olabilmektedir.

4.3 Modelleme Konuları

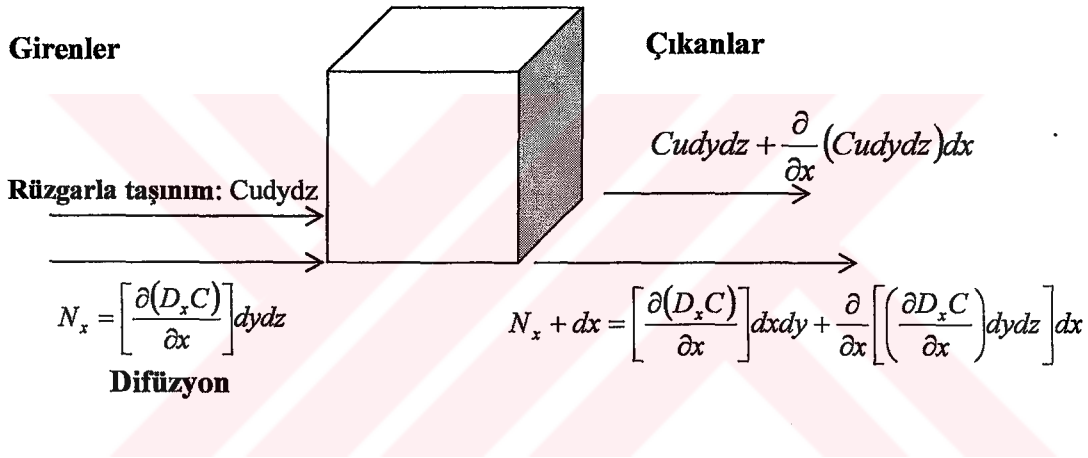
Simulasyon modelleme teknikleri, hava kirliliği probleminin tüm yönlerine uygulanabilir. Bunlar; (1) emisyon hızlarını değerlendirme, (2) atmosferde gerçekleşen olayları açıklama, (3) belirli bir bölgede istenmeyen kirletici etkilerinin büyüklüğünü belirleme. Bu tez kapsamında ikinci kategori dikkate alınmıştır. Bu da aşağıdaki konuların matematiksel modellenmesini ihtiva etmektedir:

- Atmosferik taşınım
- Atmosferik difüzyon
- Atmosferik dispersiyon

4.4 Matematik Modelle Hava Kirliliğinin İncelenmesi ve Literatür Çalışması

Matematik modeller yapısına bağlı olarak deterministik ve istatistiksel olarak sınıflandırılmaktadır. Deterministik modellerin tümü, hava kirliliği konsantrasyon hesaplamalarında, kütle korunumu kanununa dayalı difüzyon ve adveksiyon eşitliğini kullanmaktadır. Bu modeller, kirlenici maddelerin zaman ve konuma göre dağılımlarını noktasal olarak belirleyebilirler. Dispersiyon modellerinin dayandığı temel matematiksel ifadeler, Şekil 4.3 de gösterilen kontrol hacminde kütle bilançosu yapmak suretiyle çıkarılabilir.

Gaz halindeki kirlenicinin x yönündeki kütleli difüzyon hızı aşağıdaki gibi ifade edilir:



Şekil 4.3 Kütle bilançosunun yapıldığı kontrol hacmi

Gaz halindeki kirlenicinin x yönündeki kütleli difüzyon hızı aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$N_x = - \left[\frac{\partial(D_x C)}{\partial x} \right] A \quad (4.1)$$

Bu ifadede,

D_x = x yönündeki difüzyon hızı(türbülanslı karışım katsayısı)(alan/zaman),

C =konsantrasyon(kütle/hacim),

A =x yönünde hareket yönüne dik olan kesit alan olmaktadır.

$$\text{Rüzgarla Taşınım} = C u A \quad (4.2)$$

Bu ifadede,

C =konsantrasyon(kütle/hacim),

A =x yönünde hareket yönüne dik olan kesit alan olmaktadır.

u =rüzgar hızı(m/sn)

Kontrol hacmindeki maddenin(kirleticinin) konsantrasyonundaki değişimin taşınım ve dispersiyondan dolayı meydana geldiği varsayılırsa, herhangi bir i maddesi için kütle korunumu prensibi uygulandığı takdirde:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} C_i dx dy dz = & -\frac{\partial}{\partial x} (C_i u dy dz) dx - \frac{\partial}{\partial y} (C_i v dx dz) dy - \frac{\partial}{\partial z} (C_i w dx dy) dz \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial (D_x C_i)}{\partial x} \right] dx dy dz + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\partial (D_y C_i)}{\partial y} \right] dx dy dz + \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{\partial (D_z C_i)}{\partial z} \right] dx dy dz + \phi_i dx dy dz \end{aligned} \quad (4.3)$$

Yukarıdaki denklemin her iki tarafı $dx dy dz$, bölünürse:

$$\frac{\partial}{\partial t} C_i = -\frac{\partial}{\partial x} (C_i u) - \frac{\partial}{\partial y} (C_i v) - \frac{\partial}{\partial z} (C_i w) + \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial (D_x C_i)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\partial (D_y C_i)}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{\partial (D_z C_i)}{\partial z} \right] + \phi_i \quad (4.4)$$

Burada,

C_i : i kirleticisinin konsantrasyonu, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

u : x yönündeki ortalama konvektif hız(rüzgar hızı), (m/s)

v : y yönündeki ortalama konvektif hız, (m/s)

w : z yönündeki ortalama konvektif hız, (m/s)

D_x : x yönündeki kütlelesel difüzyon katsayısı, m^2/s

D_y : y yönündeki kütlelesel difüzyon katsayısı, m^2/s

D_z : z yönündeki kütlelesel difüzyon katsayısı, m^2/s

ϕ_i : kirletici maddenin oluşumu veya giderimi ile ilgili terim $\mu\text{g}/\text{s}$ olmaktadır.

Kütlelesel difüzyon katsayılarının sabit olduğu varsayılırsa, süreklilik

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4.5)$$

uygulandığında, denklem (4.4) temel difüzyon denklemine dönüşür (Ertürk F.,1993):

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -u \frac{\partial C_i}{\partial x} - v \frac{\partial C_i}{\partial y} - w \frac{\partial C_i}{\partial z} + D_x \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C_i}{\partial z^2} + \phi_i \quad (4.6)$$

Difüzyon eşitliği (4.6), sadece nümerik metodlarla çözülebilir. Bununla birlikte, kabul edilen basitleştirmeler ile, eşitliğin analitik çözümü sağlanabilir. Sürekli bir kaynaktan rüzgar yönündeki kararlı durum konsantrasyonu için ilk formül Sutton tarafından sunuldu ve Pasquill ve Gifford tarafından da geliştirildi. Bu çözüm genellikle Gauss huzme modeli olarak bilinir (Juda-Rezler K.,1989)

Gauss modeli, denklem (4.6) da gösterilen temel difüzyon denkleminde, aşağıdaki varsayımlar yapılmak üzere ortaya çıkar:

1. Kararlı durum halinde, yani kirletici konsantrasyonun zamanla değişmediği ve kaynaktan üniform bir hızla (Q_i) çıktığı,

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = 0$$

2. y ve z yönlerindeki rüzgar hızı sıfır, $v=w=0$ ve x yönündeki rüzgar hızı u sabit, zamana göre değişmediği
3. x-yönündeki taşınım(adveksiyon) rüzgar tarafından kontrol edildiği (rüzgar ile taşınım difüzyon ile taşınımına göre çok daha etkin):

$$u \frac{\partial C_i}{\partial x} \gg D_x \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2}$$

4. Kirleticinin atmosferde herhangi bir reaksiyonla oluşumu veya giderimi olmadığı, $\phi = 0$ olduğu kabulleri yapılır.

Etkin baca yüksekliği H olan sürekli nokta kaynak için standart Gauss modeli aşağıdaki gibidir (Ertürk F., 1993):

$$C(x, y, z; H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (4.7)$$

Burada, C, kirletici konsantrasyonu; Q nokta kaynak emisyon hızı; z alıcı yüksekliği; x ve y kaynaktan alıcı noktaya rüzgar altı yönde ve yanal mesafedeki uzaklıklar; u ortalama yatay rüzgar hızı; H etkin baca yüksekliği; σ_y, σ_z yatay ve düşey dispersiyon katsayısı olarak gösterilmiştir.

H, etkin baca yüksekliği, aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$H = h + \Delta h \quad (4.8)$$

h =gerçek baca yüksekliği

Δh =bacanın tepmesinden sonraki huzme yüksekliğidir.

Genellikle huzmenin atmosferdeki yükselişini etkileyen 3 faktör:

- bacanın geometrik yapısı
- meteorolojik parametreler
- baca gazının fiziksel ve kimyasal özellikleridir.

Hüzme yüksekliği (Δh) ifadelerinin çoğunda momentum ve termal kaldırma terimleri bulunmaktadır. Momentum terimi, baca gazının kendi hızından (V_s) dolayı meydana gelen dikey yöndeki momentumu, termal kaldırma terimi de baca gazı sıcaklığı (T_s) ile atmosfer sıcaklığı (T_a) arasındaki farktan ileri gelen yükselmeyi temsil eder. Carson-Moses, Holland, Concawe, Briggs ifadeleri hüzme yükselmesinin bulunmasında kullanılmaktadır (Ertürk F.,1993; WarkK and Warner C.F, 1998).

Gauss huzme denklemini kullanan EPA modellerinden bazıları BLP, CALINE-3, CDM 2.0, RAM, ISC3, UAM, OCD, EDMS, CTDMPLUS dır. CTDMPLUS fiziksel modelleri(rüzgar tüneli) kullanarak, stabil olmayan şartlarda tahmin yapan bir modeldir. Kompleks arazi, alıcı noktanın-bölgenin baca yüksekliğinden daha yukarıda olduğu durumlar için kullanılmaktadır. Model meteorolojik verileri ve arazi özelliklerini kullanarak, hesaplama yapmaktadır. OCD, denizde nokta kaynaklardan, alıcı (kara veya denizde) noktalara huzme dispersiyonu ve taşınımını simüle eden bir modeldir. Model su üstündeki dispersiyonu, salınım yapılan noktada düşey ve yatay rüzgar değişimi istatistiklerini kullanarak, tahmin etmektedir. Bu verilerin olmadığı durumlarda su-hava arasındaki sıcaklık farklarını kullanmaktadır. RAM Novak ve Turner tarafından tanımlanan bir bilgisayar programıdır. Nokta ve alan kaynaklar için günlük ve daha uzun süreler için ortalama konsantrasyon tahmin yapmaktadır. Meteorolojik giriş verileri rüzgar hızı ve yönü, stabilite sınıfı ve karışma yüksekliğidir. Program belli bir karışma yüksekliği için Gauss huzme modelini kullanmaktadır (Zannetti P.,1990; Arya S.P,1999).

CDM zemin seviyesinde sezonluk veya yıllık tahmin yapan, klimatolojik dispersiyon modelidir. Geniş kapsamlı emisyon envanteri ve uygun klimatolojik frekans matrisleri, gerekli giriş verileridir. Nokta ve alan kaynaklar için konsantrasyon tahmini yapmaktadır (Dobbins R.A, 1979).

Yaygın olarak kullanılan UAM-IV, UAM-V fotokimyasal grid modellerdir. UAM-V, prognostik CALRAMS meteorolojik modelini kullanmaktadır. UAM-IV, ROM modellerinin düzenleme modu sınır şartlarda çalıştırılmıştır. Günlük pik ozon tahminlerinde, iki model arasında küçük bir fark görülmüştür. Relatif ortalama yanlışlık $\pm \%5 - 10$ olarak belirlenmiştir. UAM-V , prognostik meteorolojik model kullanımının, performans istatistiklerinde küçük bir etkiye sebep olduğu ve ROM/UAM-IV model çiftinin, ozon konsantrasyonlarını %20 daha az hesapladığı ifade edilmiştir (Hanna S.R et al, 1996).

CALINE, Gauss yaklaşımına dayalı, çizgi-kaynak modelidir. CALINE-2 belirlenen bir karışma yüksekliğinde kirleticilerin iyi bir şekilde karıştığını kabul eden kutu modelidir. CALINE ve CALINE-2 anayollarda, CO konsantrasyonu tahmininde kullanılmıştır. Meyilli arazi ve rüzgara karşı olan bölgelerde daha düşük, rüzgara paralel olan bölgelerde daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir (Sharma P. and Khare M., 2001).

Gauss modeline dayanan IIT ve CALINE-3 çizgi-kaynak modelleri, yol kenarlarındaki muhtelif kirleticileri tahmin etmek için kullanılmıştır. CALINE-3 modelinin kaynak gücü, meteorolojik bilgiler, site geometrisi ve site karakteristikleri bilindiği zaman, 150m(mikroskalada) içindeki alıcı noktalarda, kirletici konsantrasyonlarını tahmin edebildiği görülmüştür . Gözlem ve model sonuçları arasında iyi bir uyum olduğu belirlenmiştir. Her iki modelin istatistiksel hata analizleri yapılarak, model performanslarının karşılaştırılabilir olduğu gözlenmiştir (Goyal P. vd, 1999). CALINE-4 ve HIWAY çizgi-kaynak model sonuçları karşılaştırılmıştır. Kararsız atmosferik şartlarda HIWAY NO_x tahmin değerlerinin daha iyi olduğu bulunmuştur (Marmur A. and Mamane Y., 2003).

CALINE-3 ve CAL3QHC anayol modelleri kullanılarak zemin seviyesinde Pb konsantrasyonları tahmin edilmiştir. Tahmin edilen değerlerle kavşaklarda alınan ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, CAL3QHC model sonuçlarının daha iyi olduğu belirlenmiştir (Mishra V.K. and Padmanabhamutry B, 2003).

NN(neural network) modeli, CAL3QHC , OSPM ve standart lineer regresyon modelleri kullanılarak, anayollarda CO konsantrasyonu hesaplanmıştır. Spesifik trafik bilgileri, rüzgar bilgileri kullanılarak, 1 dakikalık süreler için ortalama CO tahmini yapılmıştır. Ortalama 1 dakikalık gözlem sonuçları ile model sonuçları karşılaştırıldığında, en iyi uyumun NN modelinin sağladığı ($R^2=0.69$) bulunmuştur. Diğer modellerin yeterince güvenilir sonuçlar vermediği görülmüştür (Moseholm M. et al, 1996).

ISCLT özellikle uzun vadeli(1 yıl ve daha fazla) süreler için düzenleme ve planlama amaçlı

kullanılan bir modeldir. Her tip kaynak, tüm stabilite sınıfı için hesaplama yapmaktadır. ISCST de yine düzenleme-planlama amaçlı kullanılan bir modeldir (Boubel R.W. et al, 1994).

Gauss huzme yaklaşımını kullanan IIT ve ISCST modelleri kullanılarak, saatlik Pb konsantrasyonu; CDM ve ISCLT modelleri kullanılarak üç aylık ortalama Pb değerleri tahmin edilmiştir. Model sonuçları, üç aylık ortalama değerlerin EPA standartlarını aştığını göstermiştir (Goyal P et al, 1995). ISCST modelinin NO_x emisyonları için kullanımında, model performansının iyi olduğu, %68 doğrulukla hesaplama yaptığı bulunmuştur (Sivacoumer R., 2001).

CALGRID, kırsal alanlarda uygulanabilen bölgesel ölçekli, kirleticilerin kimyasal dönüşüm ve taşınımını tahmin eden modeldir. CALGRID ve UAM modelleri ozon tahminlerinde kullanılmış ve her iki modelin tahmin sonuçlarının gözlem değerlerinden daha düşük çıktığı bulunmuştur. Sınır şartları için iki modelin de yüksek hassasiyete sahip olduğu belirlenmiştir (Kumar N. et al, 1994).

Bölgesel ölçekli, RAMS3b/UAM-V ve MM5/MAQSIP(SMRAQ) hava kalite modelleri farklı zaman skalalarında, ozon konsantrasyon tahminleri yapılarak, modellerin performans analizi araştırılmıştır. Zaman ölçeği, saatlik, günlük, sinoptik ve uzun- vadeli olarak belirlenmiştir. Model sonuçları ile gözlem sonuçları karşılaştırıldığında, en düşük korelasyonun saatlik değerlerden bulunduğu, günlük değerler için daha yüksek ve sinoptik değerler için en yüksek korelasyon elde edildiği açıklanmıştır (Hagrefe C., 2001).

RADM modelinin SO₂ ve O₃ kirleticileri için yüksek yanlılık(sistemik hata) verdiği ortaya çıkarılmıştır. Model tahminleri ile O₃ ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması, yüksek yanlılık nedeniyle, günlük değerlerde, farklar meydana getirmiştir. Bu model çözünürlüğünün düşük olması ile açıklanmıştır (Byun W.D. and Dennis R., 1995).

HD-RADM modelinin farklı grid çözünürlüğünün ozon tahminlerine etkisi araştırılmıştır. Yatay grid uzunlukları 20,40,80km olarak seçilerek, farklı grid çözünürlüklerinde maksimum ve minimum ozon seviyeleri tahmin edilmiştir. Sonuçlar daha büyük grid çözünürlüğünde, maksimum ozon miktarlarının düşük, minimum ozon miktarlarının daha yüksek hesaplandığını göstermiştir. Grid çözünürlüğünün, ozon miktarını önemli derecede etkilediği bulunmuştur (Jang J-C C. et al, 1995).

CALMET/CALPUFF EPA modeli kullanılarak petrol endüstrisinden kaynaklanan SO₂ nin taşınım ve dispersiyonu tahmin edilmiştir. Calpuff model sonuçları ölçüm değerlerinden daha

yüksek seviyelerde bulunmuştur (Villasenor R., 2003).

Gauss huzme denklemini kullanan EXPRESS uzun menzilli taşınım modeli HC kirleticilerinin tahmininde kullanılmıştır. Kirletici kaynak-alıcı nokta arasında mesafe 1000km olarak belirlenmiştir. Tahmin sonuçları, gözlem değerlerinden daha yüksek değerler vermiş ve modelin uzun menzilli taşınım için yeterli olmadığı ancak mezo ölçekli taşınım için daha uygun olduğu ifade edilmiştir (Rodriguez D. et al, 1995).

4.5 Kutu Modeller

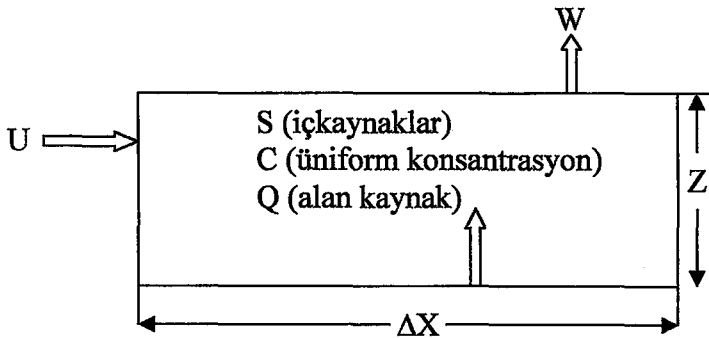
Kutu modeller, hava kirliliği modellenmesinde kullanılan basit modellerdir. Kutu model için primitif eşitlik, Şekil 4.4 de gösterilen x şehir çapı, Z karışım derinliği, u, v yatay rüzgar hızının bileşenleri, w dikey rüzgar hızı, S (g/s) cinsinden iç kaynak veya çıkış, C (g/m³) yerel kirletici konsantrasyonu için aşağıdaki gibidir:

$$\partial \bar{C} / \partial t + \partial (\bar{U} \bar{C}) / \partial x + \partial (\bar{V} \bar{C}) / \partial y = S - \partial (\bar{W} \bar{C}) / \partial z \quad (4.9)$$

Konsantrasyon değişimi yatay adveksiyon dengeleri, kaynak çıkışı, düşey türbülansın sebep olduğu yerel değişimlerden etkilenmektedir.

Herhangi bir fonksiyonun ortalamasını g ile gösterecek olursak,

$$[g] = (1/z\Delta x) \int_{z\Delta x} g dx dz \quad (4.10)$$



Şekil 4.4 Kent Kutu Model geometrisi

Rüzgar kesme uzaklığı y, kanunun basitleştirilmesi için dikkate alınmadı. Alan kaynak şiddeti, wC nin en düşük sınır değeridir. Z yüksekliğindeki kirleticinin düşey türbülans akışı

sıfıra eşittir. Kaynak fonksiyonu:

$$Q(t) = [(\overline{WC})_o] + [\overline{ZS}] \quad (4.11)$$

şeklinde tanımlanır. Ortalama alan konsantrasyonu C' dir.

$$C(t) = [\overline{C}] \quad (4.12)$$

Yatay adveksiyon U^* , en büyük/bulk rüzgar hızı ile ifade edilir:

$$U^*(t) = (\Delta x / C) [\partial(\overline{UC}) / \partial x + \partial(\overline{VC}) / \partial y] \quad (4.13)$$

Akış frekansı f^* (sn^{-1}), kutunun üstündeki düşey eddy flux ($\overline{WC}$) ve bulk rüzgar hızının yardımıyla hesaplanır:

$$f^* = U^* / \Delta x + (1 / ZC) [\overline{WC}] \quad (4.14)$$

Bu tanımlardan sonra, kentsel difüzyon kutu modeli aşağıdaki forma dönüşür:

$$\partial C / \partial t = Q / Z - C f^* \quad (4.15)$$

Bu eşitliğin daha ileri şeklini, Lettau kirletici konsantrasyonu için, denge değeri olarak tanımlamıştır.

$$C^* = Q / Z f^* \quad (4.16)$$

Boyutsuz zaman, t'

$$dt' = f^* dt \quad (4.17)$$

Esas eşitlik

$$\partial C / \partial t = C^* - C \quad (4.18)$$

şeklinde olur.

Eşitlik (4.18) nın çözümü aşağıdaki gibidir:

$$C = e^{-t'} \left(C_o + \int_0^{t'} e^{-t'} C^* dt' \right) \quad (4.19)$$

Burada C_0 , başlangıç konsantrasyonudur.

Bu modelin en basit uygulamasında iç kaynak veya çıkışın olmadığı ($S=0$) ve kutunun üstündeki düşey eddy flux (girdaplı akış) olmadığı ($\overline{WC} = 0$), yani U 'nun sabit ve arkazemin konsantrasyonun sıfır olduğu kabul edilir. Bundan dolayı yukarıdaki eşitlik(4.11)-(4.19) aşağıdaki şekle dönüşür:

$$Q(t) = [\overline{WC}]_0 \quad (4.11a)$$

$$C(t) = [\overline{C}] \quad (4.12a)$$

$$U^*(t) = \overline{U} \quad (4.13a)$$

$$f^* = \overline{U} / \Delta x \quad (4.14a)$$

$$\partial C / \partial t = Q / Z - C \overline{U} / \Delta x \quad (4.15a)$$

$$C^* = Q \Delta x / \overline{U} Z \quad (4.16a)$$

$$dt' = \overline{U} dt / \Delta x \quad (4.17a)$$

$$\partial C / \partial t' = Q \Delta x / \overline{U} Z - C \quad (4.18a)$$

$$C = e^{-t'} (C_0 + Q \Delta x (e^{t'} - 1) \overline{U} Z) \quad (4.19a)$$

Bu basitleştirilmiş durumda, akış frekansı f^* şehrsel alanın üzerinden havanın geçmesi için gereken zamanın tersi ve denge konsantrasyonu C^* ; Z derinliğinde Δx uzunluğundaki kutunun içerisinde bir maddenin U hızındaki rüzgar tarafından taşınması ile elde edilen, kararlı durum konsantrasyonudur. Eşitlik (4.17a) dan, başlangıç konsantrasyonunun zamanla denge konsantrasyonuna ulaştığı görülmektedir (Ertürk, F., 1981).

Kutu model için fiziksel temeli özetleyen diğer çalışmalar Hanna (1971), Gifford ve Hanna (1973) tarafından yapılmıştır. Onların modeli emisyonların uniform grid kareler halinde verildiği kent alan kaynaklarına uygulanmak üzere geliştirilmiştir. Tipik kutu büyüklüğü 1-10 km arasında değişmektedir. Kirlenici bulutunun tüm yerlerde karışma yüksekliğine kadar

ulaştığını farz etmek yerine, kirleticinin $z(x)$ yüksekliğine kadar iyi karıştığı kabul edilir.

$$\sigma_z(x) = ax^b \quad (4.20)$$

Burada a ve b kararlılığa bağlı parametrelerdir. Kirleticilerin düşey dağılımlarının Gaussian olduğunu kabul etmek en uygun yoldur. Smith(1968) tarafından önerilen a ve b parametreleri Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4. 1 Atmosferik kararlılığa bağlı olarak a ve b parametrelerindeki nümerik değerler

Meteorolojik şartlar	Stabilite	a	b
Çok kararsız	A	0.40	0.91
Kararsız	B	0.33	0.86
Az kararsız	C	0.22	0.80
Nötr	D	0.15	0.75
Kararlı	E	0.06	0.71

Gifford'un karşılıklı hüzme (reciprocal plume) hipotezi kararlı durum şartlarında, iç kaynaklar ve çıkışların olmadığı, düşey türbülanslı adveksiyonun bulunmadığı durumlar ve sabit rüzgar hızı(u) etkisi altındaki olayların çözümüne izin vermektedir. Bu ifade matematiksel olarak aşağıdaki şekilde yazılır:

$$C = \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (Q/\pi u \sigma_z \sigma_y) e^{(-y^2/2\sigma_z^2)} dx dy \quad (4.21)$$

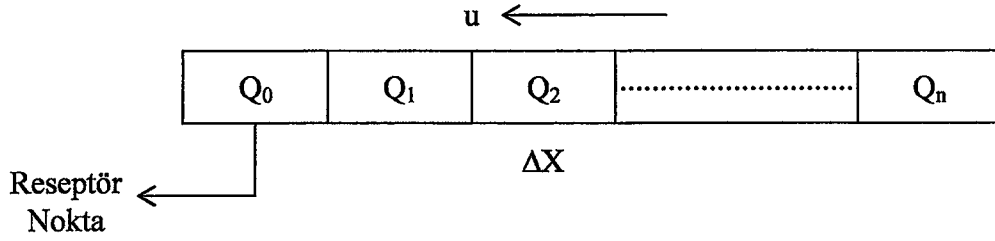
Burada σ_y, σ_z bir nokta kaynaktan x uzaklığındaki hüzme içinde yatay ve düşey yöndeki dağılımların standart sapmasıdır. Dar hüzme hipotezi Q' nun y' ye bağımlılığını ortadan kaldırmaktadır. Çoğu hüzmeler yaklaşık 20° lik açılar içerdikleri için, rüzgar üstü (upwind) yönündeki 20 lik sektörün dışında kalan kaynaklar, reseptörün(alıcı) konsantrasyonunu çok az etkiler. Bu durumda (4.15) eşitliği,

$$C = \int_0^{\infty} (Q\sqrt{2/\pi}/u\sigma_z) dx \quad (4.22)$$

şeklinde olur. Bu eşitlik aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$C = \sqrt{2/\pi} (\Delta x/u) (Q/\sigma_z) \quad (4.23)$$

Bu ise Lettau' nun denge konsantrasyonuna eşittir.



Şekil 4. 5 Gridlere (karelere) bölünmüş alan kaynak

Kaynak şiddeti (Q) yukarıda gösterildiği gibi, σ_z parametresi de Çizelge.4.1 deki gibi değiştiğinde, yukarıdaki eşitlik için parçalı integrasyon alındığında, elde edilen çözüm:

$$C = \left[\sqrt{2/\pi} (\Delta x/2)^{1-b} / u a (1-b) \right] \left[Q_0 + \sum_{i=1}^n Q_i \left[(2i+1)^{1-b} - (2i-1)^{1-b} \right] \right] \quad (4.24)$$

Bu ifade, Δx uzunluğunda olan alıcı grid(reseptör), grid karelerin merkezinde olduğunda ve rüzgar yalnızca bir yönden estiğinde, alıcı noktanın memba tarafındaki gridlerin emisyon kuvvetlerinin toplamı şeklinde yazılabilir. Eşitlik (4.18) deki n, rüzgar yönünde şehir sınırına kadar olan bölgedeki grid alan sayısıdır.

Hanna (1972), Gifford ve Hanna (1973) tarafından gözlem sonuçları ile yapılan karşılaştırmalar sonunda, reseptör gridin dışındaki kaynak terimleri ve bunlardaki değişimlerin, başlangıç karenin (gridin) içindeki konsantrasyona büyük bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Bunun nedeni, kaynak dağılımları genel olarak düzgün ve eşitlik (4.18) deki Q_i lerin Q_0 dan küçük olması ile ilişkilidir. Bu sebeple, tüm kaynak terimlerinin reseptör kaynak terimine eşit farz etmek iyi bir uygulamadır. Bu durumda (4.18) eşitliği,

$$C = (2/\pi)^{1/2} (\Delta x(2n+1)/2)^{1-b} Q_0 / a(1-b)u = A Q_0 / u \quad (4.25)$$

olur. Yukarıda A ile tanımlanan boyutsuz parameter

$$A = (2/\pi)^{1/2} (\Delta x(2n+1)/2)^{1-b} / a(1-b)$$

ifadesine eşittir (Hanna S.R, 1971).

Burada,

Q_0 =Alıcının bulunduğu griddeki emisyon kuvveti($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$)

u =ortalama rüzgar hızı(m/s)

C =Kirlenici konsantrasyonu($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Çeşitli sanayi bölgelerinde meydana gelen partikül emisyonları, Hanna tarafından geliştirilen basit model (Hanna S.R, 1977) kullanılarak, herhangi bir bölgedeki alan kaynaklardan oluşan yer seviyesindeki konsantrasyonu genel anlamda şu şekilde gösterilebilir:

$$C = A \frac{Q_i}{u} \text{ buradan } Q_i = A \frac{C}{u}$$

yazılabilir. Denklem (4.25) da ifade edilen A parametresi görüldüğü gibi stabilitenin (a ve b) fonksiyonudur. Atmosferin kararsız, nötr, ve kararlı durumları için A değeri sırasıyla 50, 200, 600 olarak hesaplanmıştır Nötr durumdaki değerin(200), aynı zamanda bir gün veya daha uzun süreler için geçerli olduğu varsayılmaktadır. A değeri deneysel olarak da Hanna tarafından doğrulanmıştır (Hanna S.R, 1973).

Kirlenicilerin dikey dağılım formunun yer seviyesi kirlenici konsantrasyonunu etkilemediğini gösterilmiştir. Alçak ve orta yükseklikteki şehirler için, gündüz karışım yüksekliği veya enversiyon yüksekliği, genel olarak kirlenici bulutun yüksekliği Z'den çok büyüktür (Hanna S.R, 1977).

Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory (ATDL) model, Gauss formülasyonunu kullanan kutu modellerden birisidir. ATDL modelin alan kaynaklar için kullandığı formülasyonu, US EPA' nın çok kaynaklı kent hava kalite modeli RAM' a dahil edilmiştir. RAM Novak ve Turner tarafından geliştirilen Gauss hüzme denklemini, nokta ve alan kaynaklar için, günlük veya daha uzun sürelerde ortalama konsantrasyon üreten, meteorolojik giriş verisi olarak, rüzgar hız ve yönü, stabilite sınıfı ve belli bir karışma yüksekliğini kullanan, bir modeldir (Zannetti P,1990; Arya S.P,1999).

4.6 Erzurum İline Uygulanan Matematik Model

Şehirlerdeki alan kaynaklardan oluşan hava kirlenmesini tahmin eden modeller, her geçen yıl daha karmaşık matematiksel ifadeler kullanmak gereksinimi ortaya çıkmıştır. Bu ise atmosferdeki fiziksel olayları daha iyi ve doğru tahmin edebilmekten doğmaktadır. Bu modeller fiziksel olayları çok karmaşık denklemlerle tahmin etmesine rağmen, çoğunda modelle tahmini yapılan değerler, gerçek ölçümlerle kıyaslanmamış ve karşılaştırmanın yapıldığı çalışmalarda da tahmin edilen ile gerçek konsantrasyon dağılımı arasındaki

korelasyonun, daha basit modellerdeki korelasyon ile pek farklı olmadığı, hatta zaman zaman düşük olduğu görülmüştür. Bu alternatif modeller, tam olarak gerçek atmosfer davranışlarını göstermez. Gerçek durumdan sapmalar, meteorolojik şartlara, çalışılması düşünülen alanın büyüklüğüne, emisyon tipine, tahminlerin yapılacağı zaman skalasına bağlıdır. Tüm bu faktörler çalışılması amaçlanan duruma göre model seçimini etkilemektedir.

Bu çalışmada, özellikle Gifford ve Hanna tarafından geliştirilen ve daha sonra alan kaynaklar için kullandığı formülasyonu US EPA'nın çok kaynaklı kent hava kalite modeli RAM'a dahil edilmiş olan, ATDL kompleks modeli, Erzurum ilinin alan kaynaklardan oluşan SO₂ miktarını tahmin edebilmek için kullanılmıştır.

4.6.1 Matematik Modelin Uygulandığı Yerler ve Literatür Çalışması

Knox Country'de ATDL modeli kullanılarak farklı meteorolojik şartlar için SO₂ ve partikül madde konsantrasyonları hesaplanmıştır. Yüksek nokta kaynakların (H>100m) yer seviyesindeki SO₂ konsantrasyonuna katkısının stabil şartlarda önemsiz olduğu, kararsız şartlarda alan kaynaklardan daha fazla katkısının olduğu, nötr stabilite durumlarında ise alan kaynaklardan meydana gelen kirlilikle eşit olduğu görülmüştür (Hanna S.R, 1972).

Kentsel alanlarda, alan kaynaklardan oluşan hava kirliliği konsantrasyonları, kaynak şiddeti ile doğru ve rüzgar hızı ile ters olarak ilişkilendirilmiştir ($C = AQ/U$). Burada A parametresi SO₂ için 50, PM için 225 olarak hesaplanmıştır (Gifford F.A. and Hanna S.R, 1973).

Basit ATDL modelde, zemin konsantrasyonu, alan kaynak kuvvetlerinin rüzgar hızına bölünmesi ile orantılıdır ve inert kirleticilerin tahmininde başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Kimyasal olarak kirleticilerin analizinde, ATDL modelin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Los Angeles havzasında NO, NO₂ için yapılan tahminlerin, gözlem değerleri ile iyi bir korelasyona sahip olduğu ve daha kompleks yapıya sahip PICK model sonuçları ile yakın değerler ürettiği görülmüştür (Hanna S.R, 1973).

Almanya Frankfurt'ta alan kaynakların yol açtığı SO₂ konsantrasyonlarının tahmini için NATO/CCMS grubu tarafından sağlanan veriler kullanılarak, ATDL kent dispersiyon modelinin iki versiyonu oluşturulmuş ve bu çalışmada kullanılan ATDL basit modelinin, gözlenen ve tahmin edilen konsantrasyonlar arasındaki en iyi korelasyonu verdiği ($r=0.83$) belirlenmiştir. Daha kompleks modelin korelasyonu ise 0.80 olarak bulunmuştur (Hanna S.R. and Gifford F.,1977)

Hong-Kong da major hava kirleticileri (SO_2 , CO) için 1971 yılında, emisyon envanteri hazırlanarak , kirleticilerin zemin seviyesinde dağılımı için Hanna/Gifford' un dispersiyon modeli kullanılmıştır. Her iki kirletici için sezonluk ve yıllık ortalama değerler, üç stabilite sınıfı için hesaplanmıştır. Maksimum SO_2 konsantrasyonu kararlı, nötr, kararsız atmosferik şartlar için sırasıyla $3100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $675 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilmiştir (Kalma J.D et al, 1978).

1981 yılında Türkiye' deki ilk ATDL model çalışması, İstanbul'un Haliç Bölgesi için uygulanmıştır. Bölge yerleşim, ticaret, ve endüstri alanları olmak üzere 3' er km.lik grid alanlara bölünmüştür. Modelin işlerliği ortaya konduktan sonra, hava kirliliğini azaltmak ve kontrol etmek amacı ile çeşitli stratejiler uygulanmıştır (Ertürk F., 1981).

ATDL modele dayandırılan nomogramlar, kent havasındaki kirleticilerin hesaplanmasında kullanılmıştır. Kentsel bölgede değişik gridlerde izin verilebilecek emisyon hızlarına bağlı olarak, nomogramların kullanımları tartışılmıştır (Munshi U. and Patil R.S, 1983).

Maksimum TSP konsantrasyonunu tahmini edebilmek amacıyla ATDL modeli ihtiva eden bir metodoloji kullanılmıştır. En yüksek TSP konsantrasyonları, rüzgar hızının aşırı düşük olduğu durumlarda meydana gelmiştir. Bu şartlarda ATDL modelinin kullanımı şüphelidir. Metodoloji burada, ATDL modelin tahmin yapabildiği rüzgar hızı aralığını kullanarak, TSP konsantrasyonlarını tekrar hesaplamıştır (Simpson R.W et al, 1983).

Kent hava kirliliği modellerinin karşılaştırılması ATDL, RAM, numerik grid model kullanılarak yapılmıştır. Alan kaynaklar için 10 günlük saatlik SO_2 verisi, model hesapları ile karşılaştırılmıştır. RAM ve ATDL gece saatleri için stabil şartlarda hesaplama yapmıştır. Sonuçlara göre ATDL model performansının ancak nötral şartlara yakın durumlarda, daha sofistike 3D numerik modelle kıyaslama yapılabileceğini göstermiştir (Rao K.S et al, 1988).

Bursa ilinde alan kaynaklardan oluşan SO_2 ve PM kirliliği konsantrasyonları ATDL model ile hesaplanmış, tahmin sonuçları ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Model kalibre edildikten sonra, çeşitli kontrol stratejileri için kirletici konsantrasyonlarını tahmin edebilmede bu modelin kullanılabilirliği gösterilmiştir (Vardar N., 1993).

İstanbul-Zeytinburnu ilçesinde yakıtların yanmasından meydana gelen SO_2 ve PM emisyonlarından hareketle, konsantrasyonlarını tahmin edebilmek için ATDL modeli kullanılmıştır. Alan kaynaklar için uygulanan model, kirletici konsantrasyonlarını D stabilitede hesaplamıştır. Ölçülen ile hesaplanan hava kirleticileri konsantrasyonları

mukayase edildiğinde, modelin kalibrasyonu ve verifikasyonu gerçekleştirilerek, işlerliği ortaya konmuş ve hava kirliliğini azaltmak için uygun senaryolar tesbit edilmiştir (Ak N.,1997).

ATDL dispersiyon modeli kullanılarak yapılan bir başka modelleme çalışmasında SO₂, CO, NO_x ve HC için konsantrasyon tahminleri yapılmış ve uygun sonuçlara ulaşılmıştır (Kemerdere N, 1996).

Hindistan'ın Cochin bölgesinde yapılan modelleme çalışmasında ATDL dispersiyon modelleme yöntemi kullanılarak SO₂, partiküler madde, CO ve NO_x in yer seviyesindeki konsantrasyonları tahmin edilmiş ve modelin iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir (Gargava P., 2001).

Tekirdağ iline bağlı Çorlu ilçesinde sabit kaynaklarda ısınma amaçlı yakıt kullanımından kaynaklanan SO₂ kirliliğinin dağılımı ATDL basit modeli ile belirlenmiştir. Model tahminleri ile ölçüm değerleri karşılaştırılmış ve yüksek korelasyon elde edilmiştir (Özkan A., 2002).

5. ATDL MODELİN UYGULANMASI

Şehirlerdeki alan kaynaklardan oluşan hava kirlenmesini tahmin eden modeller, her geçen yıl daha karmaşık matematiksel ifadeler kullanmak gereksinimi ortaya çıkmıştır. Bu ise atmosferdeki fiziksel olayları daha iyi ve doğru tahmin edebilmekten doğmaktadır. Bu modeller fiziksel olayları çok karmaşık denklemlerle tahmin etmesine rağmen, çoğunda modelle tahmini yapılan değerler, gerçek ölçümlerle kıyaslanmamış ve karşılaştırmanın yapıldığı çalışmalarda da tahmin edilen ile gerçek konsantrasyon dağılımı arasındaki korelasyonun, daha basit modellerdeki korelasyon ile pek farklı olmadığı, hatta zaman zaman düşük olduğu görülmüştür. Bu alternatif modeller, tam olarak gerçek atmosfer davranışlarını göstermez. Gerçek durumdan sapmalar, meteorolojik şartlara, çalışılması düşünülen alanın büyüklüğüne, emisyon tipine, tahminlerin yapılacağı zaman skalasına bağlıdır. Tüm bu faktörler çalışılması amaçlanan duruma göre model seçimini etkilemektedir.

Bu çalışmada, Gifford-Hanna tarafından geliştirilen, A.B.D ve Avrupa’ da ve Türkiye’ de birçok büyük şehir için uygulanmış ATDL model, Erzurum ilinin alan kaynaklardan oluşan SO₂ miktarını tahmin edebilmek için kullanılmıştır. Modelin alan ve nokta kaynaklara uygulanması aşağıda açıklanmıştır.

5.1 Alan Kaynaklar

Bir bölgede alan kaynaklardan oluşan yer seviyesindeki kirlenici konsantrasyonunu hesaplayabilmek için bölge karesel gridlere ayrılır, alan kaynak kuvvetlerinin grid boyunca uniform olduğu kabul edilir. Alan kaynaklardan meydana gelen yer seviyesindeki kirlenici konsantrasyon (C), alan kaynak kuvvetlerinin ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$) dağılımının rüzgar yönü ve hızının ve atmosferdeki stabilite durumunun fonksiyonudur. Herhangi bir alıcı noktada(reseptör), memba tarafındaki alan kaynaklardan oluşan yer seviyesindeki kirlenici konsantrasyon;

$$C = \int_0^D (2/\pi)^{1/2} (Q_a / \bar{u} \sigma_z) dx \quad (5.1)$$

Qa=Kaynak emisyon kuvveti ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$)

D=Şebeke alanının uzunluğu(m)

σ_z =Düşey dispersiyon katsayısı(m)

$\bar{u}$ =Ortalama rüzgar hızı(m/s)

Yukarıdaki denklemin çözümü için bazı varsayımlar kabul edilmiştir. Bunlar:

1. Alan emisyon kuvveti (Q), ölçü yapılan şebekenin herhangi bir birim alanı için sabit olup, bölgeden bölgeye düzgün bir dağılım göstermektedir.
2. Rüzgar hızı (u) sabit ve tek bir yönde esmektedir.
3. Kirleticinin düşey yöndeki değişimi Gauss veya normal bir dağılıma haizdir. Bu dağılımın standart sapması, z grafiksel (Turner B,1970) veya ampirik olarak (Smith, 1968) ifade edilebilir.

Bu varsayımlar çerçevesinde denklem (5.1) çözüldüğünde, alıcı noktanın memba tarafındaki şebeke gözlerinin emisyon kuvvetlerinin toplamı şeklinde denklem (4.24) de ifade edilmişti. Bu denklem, rüzgarın tek yönde estiği varsayımı ile kabul edilerek çıkarılmıştı. Rüzgarın 16 ana yönden estiği kabul edilirse, alıcı noktadaki yer seviyesi konsantrasyon ifadesi:

$$C = \frac{(2/\pi)^{1/2} (\Delta x/2)^{1-b}}{ua(1-b)} \left\{ Q(0,0) + \sum_{i=\pm 1}^{\pm n} \sum_{j=\pm 1}^{\pm n} Q(i,j) f(i,j) [(2r+1)^{1-b} - (2r-1)^{1-b}] \right\} \quad (5.2)$$

C; kirlotici konsantrasyonu($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Δx ;grid uzunluğu(m)

n; çalışma alanının rüzgar üstü sınırı ile merkez grid arasındaki grid sayısı

$Q(0,0)$; merkez griddeki emisyon şiddeti($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{sn}$)

U; rüzgar hızı(m/sn)

r ; (i,j). grid ile merkez grid arasındaki grid sayısıdır.

$$\sigma_z = ax^b \quad (5.3)$$

(x ve σ_z metre boyutundadır)

Smith tarafından ileri sürülen, stabilite parametreleri a ve b nin değeri Çizelge 5.1 de verilmiştir .

Çizelge 5. 1 Stabilité parametre değerleri

Meteorolojik şartlar	Stabilite	a	b
Çok Kararsız	A	0,40	0,91
Kararsız	B	0,33	0,86
Az Kararsız	C	0,22	0,80
Nötr	D	0,15	0,75
Kararlı	E	0,06	0,71

5.2 Nokta Kaynaklar

Nokta kaynaklardan oluşan yer seviyesindeki konsantrasyonlar, Gauss tipi hüzme dağılımının temel denklemleri uygulanarak hesaplanmıştır. Kaynaktan r uzaklığında olan bir alıcı nokta için konsantrasyon aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$C = (2/\pi)^{1/2} (fQ_p / \sigma_z r u \cdot 2\pi / 16) e^{-H^2 / 2\sigma_z^2} \quad (5.4)$$

Burada , Q_p=Nokta kaynaktan çıkan emisyon(μg/s)

H=etkin baca yüksekliği(m),

R=Alıcı noktanın kaynaktan uzaklığı(m),

f=Rüzgar yönü frekansı

olmaktadır. Etkin baca yüksekliği H, baca yüksekliği (h_s) ile hüzme yüksekliğinin (h_p) toplamıdır. Hüzme yüksekliği için Briggs tarafından geliştirilen formül aşağıdaki gibidir:

$$h_p = 2.9 \left\{ W_o R_o 2[(T_{po} - T_{eo})g / T_{po}] / [u(dT_{po} / dZ + 0.01^\circ C / m)] \right\}^{1/3} \quad (5.5)$$

Burada, g= yerçekimi ivmesi

T= mutlak sıcaklık

W_o= Baştaki hüzme

R_o=Baca radyüsü

Bu çalışmada, nokta kaynak olarak belirlenen bir kaynak yoktur. Yakıt tüketim istatistiklerine

göre, toplam tüketimin %25 ni tek başına kullanan nokta bir kaynak olmadığından, model alan kaynaklar için uygulanmıştır. Model denklem (5.2) kullanılarak Fortran IV dilinde Hanna (1970) tarafından yazılmıştır. QBasic diline çevrilen model (Ak N, 1997), Visual Basic programı kullanılarak uygulanmıştır. QBasic dilindeki bilgisayar programı ekte sunulmuştur.

Matematik modelin uygulandığı bölge 1.45*1.45km lik 15 adet grid alanlara bölünmüştür. Hesaplamalar, günlük, aylık ve sezon ortalaması olarak yapılmıştır. Günlük hesaplamalarda, kullanılan stabilite sınıfı; o güne ilişkin günlük bulutluluk ve rüzgar hızı değerleri kullanılarak belirlenmiştir. Aylık stabilite sınıfı, o aya ilişkin en çok tekrarlanan stabilite sınıfı olarak belirlenmiştir. Sezonluk hesaplamalarda nötr stabilite kullanılmıştır.

5.3 Günlük Stabilite Kategorisinin Çıkarılması

Günlük stabilite kategorisi, Pasquill-Gifford stabilite kategorisi baz alınarak belirlenmiştir. P-G metodu atmosferik stabilitenin belirlenmesinde kullanılan ilk metodlardan birisidir. Bu metod için kullanılan şema Çizelge 5.2 de verilmiştir.

Çizelge 5. 2 P-G stabilite sınıfları

Yüzey Rüzgar hızı(10m)m/s	GÜNDÜZ			GECE	
	Solar Radyasyon			Solar Radyasyon	
	Kuvvetli**	Orta**	Zayıf**	$\geq 4/8$ Bulutlu*	$\leq 3/8$ Bulutlu*
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

*Gece güneşin batmasından 1 saat önce ve güneşin doğmasından 1 saat sonraki periyodu kapsamaktadır.

**Günlük solar radyasyon bulutluluk ve solar açı kullanılarak Çizelge 5.1.2 deki gibi belirlenebilir.

Çizelge 5.3 Solar radyasyonun, bulutluluk ve solar açıya göre belirlenmesi.

Bulutluluk	Solar Açı>60°	60°<Solar Açı<35°	35°<Solar Açı<15°
≤4/8	Kuvvetli	Orta	Zayıf
5/8-7/8 orta seviyeli bulutlar (700ft-16000ft)	Orta	Zayıf	Zayıf
5/8-7/8 alçak seviyeli bulutlar (7000ft den az)	Zayıf	Zayıf	Zayıf

Çizelge 5.3 de, gündüz kuvvetli solar radyasyon, solar açının 60° den büyük olduğu açık yaz günlerinde görülmektedir. Orta solar radyasyon, parçalı bulutlu yaz günü, zayıf solar radyasyon solar açının 60° den büyük olduğu açık sonbahar günleri , parçalı bulutlu yaz günleri veya solar açının 15-35° olduğu açık yaz günleri görülmektedir. Gece 4/8 bulutlu sınıfı, kış günleri içinde kullanılabilir. Kapalı şartlar için (bulutluluk 8-10/10 olduğunda), rüzgar hızı dikkate alınmaksızın, stabilite değeri nötral kategori olarak alınmaktadır (Turner B,1970).

Günlük stabilite için 7-14-21 rasatlarının rüzgar hızı ve bulutluluk verisi kullanılarak, hem gündüz hemde gece için kategoriler belirlenmiştir. Model hesaplarında ortalama stabilite kategorisi kullanılmıştır. Bunun için gündüz-gece kategorisi kullanılarak ortalama bir değer bulunmuştur. 16 Kasım- 14 Nisan kış sezonu peryodunda gündüz stabilite sınıfı belirlenirken, zayıf solar radyasyon sınıfı ve kış günleri içinde kullanılabilen gece 4/8 bulutlu sınıfı dikkate alınmıştır. Buna göre 16 Kasım günü 07 rasatında rüzgar hızı 2.1 m/s, bulutluluk 10 ; stabilite sınıfı kapalı şartların olması durumunda nötr olarak kabul edilmektedir. Aynı gün 14 rasatından alınan rüzgar hızı 5m/s, bulutluluk 10 , stabilite sınıfı yine D (nötr) dir. Gece 21 rasatında 2.2m/s rüzgar hızı ve bulutluluk ≤3/8 den az olduğundan (3/10) F stabiliteye sahiptir. Günlük model hesaplarında ortalama tek bir stabilite sınıfı kullanılmıştır. Bu durumda 16 kasım için ortalama olarak (D,D,F) D stablitedir alınmıştır. Diğer günler içinde, bu şekilde belirlenen ortalama stabilite sınıfları Çizelge 5.4-5.9 de gösterilmiştir.

Çizelge 5. 4 Kasım ayı meteorolojik verileri

Gün	07 Rasatı				14 Rasatı				21 Rasatı				Günlük stabilize kategorisi
	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutlu luk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	
16.11.2001	2,1	10	D	5	10	D	2,2	3	F				D
17.11.2001	3,3	8	D	4,2	10	D	3,3	8	D				D
18.11.2001	3,2	4	C	8	5	D	5	0	D				D
19.11.2001	0,5	0	E	5,3	0	D	0,7	0	F				E
20.11.2001	0	0	E	6,7	9	D	8,3	9	D				D
21.11.2001	5,8	10	D	2,0	10	D	0	10	D				D
22.11.2001	5,3	8	D	0,8	0	E	1,7	0	F				E
23.11.2001	0	0	B	0	0	B	0,3	0	F				D
24.11.2001	0	0	B	0,3	4	B	0,7	7	E				C
25.11.2001	3,8	9	D	4,5	10	D	2,3	8	D				D
26.11.2001	4,3	10	D	1,3	10	D	2,5	10	D				D
27.11.2001	1,3	0	B	0,8	7	E	0	9	D				D
28.11.2001	0,5	0	B	1,7	0	B	0	0	F				D
29.11.2001	0	6	B	4,7	0	C	1	0	F				D
30.11.2001	0	0	B	2,2	7	E	4,2	8	D				D

Kış ayları için bulunan B sınıfı kategori C sınıfı ile değiştirilmiştir. Çizelgede B olarak görülen günler, C olarak değerlendirilmiştir (Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği, 1986).

Çizelge 5. 5 Aralık ayı meteorolojik verileri

Gün	07 Rasatı			14 Rasatı			21 Rasatı			Günlük	
	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluk	Stabilite kategorisi	Stabilite kategorisi	Stabilite kategorisi
1.12.2002	1	6	E	8,3	6	D	8	7	D	D	D
2.12.2001	6,3	6	D	6,7	7	D	8,3	8	D	D	D
3.12.2001	2,7	6	D	7,5	9	D	9,2	9	D	D	D
4.12.2001	7,5	10	D	4,8	10	D	0,5	9	D	D	D
5.12.2001	0	10	D	1	9	D	0	10	D	D	D
6.12.2001	0,3	10	D	0	10	D	1	8	D	D	D
7.12.2001	0	9	D	4,3	7	D	1	10	D	D	D
8.12.2001	1	7	E	7,3	4	D	3,3	6	D	D	D
9.12.2001	1,5	9	D	0	10	D	1	8	D	D	D
10.12.2001	0,5	10	D	0	9	D	1,8	8	D	D	D
11.12.2001	0	9	D	0	6	E	0	6	E	E	E
12.12.2001	0	8	D	2,7	7	E	7	7	D	D	D
13.12.2001	6,2	10	D	4,5	9	D	1,8	10	D	D	D
14.12.2001	0	10	D	3	9	D	3,5	9	D	D	D
15.12.2001	6	10	D	6	10	D	0,3	7	E	D	D
16.12.2001	0	6	E	1	6	E	0	6	E	E	E
17.12.2001	2,7	7	D	3,7	10	D	4	8	D	D	D
18.12.2001	6,7	10	D	3,3	9	D	8,7	9	D	D	D
19.12.2001	3,8	10	D	6,7	10	D	8,3	9	D	D	D
20.12.2001	5	9	D	5,8	3	D	0,3	0	F	E	E
21.12.2001	0	9	D	0,2	0	C	1	0	F	D	D
22.12.2001	0	7	E	0	4	C	0,3	0	F	E	E
23.12.2001	1	7	E	0	10	D	5	8	D	D	D
24.12.2001	1,2	9	D	3	7	D	3	7	D	D	D
25.12.2001	2,2	8	D	3,2	8	D	4,7	7	D	D	D
26.12.2001	5,3	10	D	5,8	8	D	3,8	5	D	D	D
27.12.2001	1,2	2	C	1	10	D	0	10	D	D	D
28.12.2001	2,2	10	D	3,2	10	D	3,3	9	D	D	D
29.12.2001	0	10	D	2,3	10	D	8	10	D	D	D
30.12.2001	4	2	C	1,7	0	C	0,7	8	D	D	C
31.12.2001	0,3	8	E	0	0	C	1,3	0	F	D	D

Çizelge 5.6 Ocak ayı meteorolojik verileri

Gün	07 Rasatı			14 Rasatı			21 Rasatı			Günlük stabilite kategorisi
	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	
1.1.2002	0,5	0	C	0,3	5	E	1,8	7	E	E
2.1.2002	7,3	9	D	1,2	10	D	2,7	10	D	D
3.1.2002	6,2	10	D	7,8	10	D	3,2	8	D	D
4.1.2002	2,7	9	D	6,3	2	D	0	5	E	D
5.1.2002	0,8	7	E	5,7	10	D	2	10	D	D
6.1.2002	6,3	10	D	6,5	10	D	1,3	8	D	D
7.1.2002	0	10	D	4,2	10	D	4,3	10	D	D
8.1.2002	5	10	D	2,3	3	C	0,3	7	E	D
9.1.2002	0,7	10	D	6,7	10	D	2,7	6	E	D
10.1.2002	1,5	5	E	0	0	C	0	0	F	E
11.1.2002	0,5	10	D	0	0	C	0,7	0	F	D
12.1.2002	0,8	0	C	0,3	0	C	0,3	0	F	D
13.1.2002	1,5	4	C	0,3	0	C	1	0	F	D
14.1.2002	0	0	C	0	0	C	0	0	F	D
15.1.2002	0	10	D	0	0	C	0	0	F	D
16.1.2002	0,5	0	C	0	2	C	0	0	F	D
17.1.2002	0,3	6	E	0	0	C	0	0	F	E
18.1.2002	0	10	D	0	0	C	0,8	10	D	D
19.1.2002	0	10	D	0,7	0	C	0,5	10	D	D
20.1.2002	0,3	3	C	0,3	7	E	1,3	0	F	E
21.1.2002	0	4	C	0	6	E	0,3	6	E	E
22.1.2002	0,3	10	D	0	10	D	1,3	5	E	D
23.1.2002	0	7	C	0,3	0	C	0,5	0	F	D
24.1.2002	0	10	D	0	0	C	0	0	F	D
25.1.2002	0	10	D	0	0	C	1,5	0	F	D
26.1.2002	1	10	D	0,3	0	C	1,7	0	F	D
27.1.2002	0	10	D	0	0	C	1,5	0	F	D
28.1.2002	0	2	C	0	5	E	0,3	0	F	E
29.1.2002	0	0	C	0	0	C	0,2	6	E	D
30.1.2002	1,2	5	E	5,5	6	D	4	6	D	D
31.1.2002	12	10	D	11	4	D	6,2	6	D	D

Çizelge 5.7 Şubat ayı meteorolojik verileri

Gün	07 Rasatı			14 Rasatı			21 Rasatı			Günlük stabilite kategorisi
	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	
1.2.2002	0,3	2	C	4,2	0	C	5	0	D	C
2.2.2002	2	0	C	3,7	2	C	0,7	0	F	D
3.2.2002	2,8	0	C	2	0	C	0,8	0	F	D
4.2.2002	0	0	C	0	0	C	0	0	F	D
5.2.2002	0	10	D	0,3	0	C	0,2	0	F	D
6.2.2002	0,2	10	D	1,3	5	E	1,5	0	F	E
7.2.2002	1,6	10	D	0	2	C	0,8	0	F	D
8.2.2002	0	10	D	1	0	C	0,7	0	F	D
9.2.2002	0,3	10	D	0,5	3	C	1,2	0	F	D
10.2.2002	1,5	7	E	2,8	0	C	0,5	0	F	E
11.2.2002	6,2	7	D	6,7	10	D	8,3	10	D	D
12.2.2002	0,8	10	D	0	8	D	1	8	D	D
13.2.2002	0	9	D	6,3	7	D	4,5	0	E	D
14.2.2002	4	0	C	6,3	6	D	6	0	D	D
15.2.2002	7	5	D	7,3	8	D	8,5	10	D	D
16.2.2002	7,2	20	D	4,3	0	C	0	0	F	D
17.2.2002	1	0	C	0	0	C	0,7	0	F	D
18.2.2002	2,7	0	C	0	0	C	0,3	0	F	D
19.2.2002	0,7	0	C	0	0	C	2	0	F	D
20.2.2002	0,8	10	D	1,7	0	C	0,5	3	F	D
21.2.2002	1	8	D	0	8	D	1,2	7	E	D
22.2.2002	0	4	C	1,3	10	D	0	5	E	D
23.2.2002	1,2	10	D	0	8	D	0	8	D	D
24.2.2002	0	8	D	7	8	D	6,2	5	D	D
25.2.2002	1,3	10	D	3,7	7	D	2,2	8	D	D
26.2.2002	3,7	9	D	4	8	D	7,8	7	D	D
27.2.2002	0,3	4	C	3	7	D	0,3	7	E	D
28.2.2002	0	7	E	0	4	C	0	0	F	E

Çizelge 5. 8 Mart ayı meteorolojik verileri

Gün	07 Rasatı			14 Rasatı			21 Rasatı			Günlük stabilite kategorisi
	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	
1.3.2002	0	0	C	0	7	E	1,5	4	F	E
2.3.2002	0,3	0	C	0	0	C	0,5	0	F	D
3.3.2002	0	0	C	0,3	0	C	0,2	0	F	D
4.3.2002	0	0	C	1,3	5	E	0	0	F	D
5.3.2002	7,2	8	D	6	0	D	3,7	0	E	D
6.3.2002	1,5	0	C	1,5	0	C	0,8	0	F	D
7.3.2002	0,3	0	C	0,8	6	E	0	0	F	E
8.3.2002	0	0	C	0,5	0	C	0,5	0	F	D
9.3.2002	4,5	9	D	13,7	2	D	1,3	0	F	D
10.3.2002	0	0	C	0,7	2	C	1	0	F	D
11.3.2002	1,5	0	C	1,5	8	D	0	10	D	D
12.3.2002	1,5	10	D	4,5	8	D	1,2	9	D	D
13.3.2002	0,7	8	D	7	8	D	6	5	D	D
14.3.2002	0	9	D	3,8	10	D	0	10	D	D
15.3.2002	2,5	10	D	1,5	8	D	1,7	8	D	D
16.3.2002	0	8	D	2,3	4	C	0,8	2	F	D
17.3.2002	1,2	6	E	8,2	5	D	4,5	0	E	E
18.3.2002	9,3	5	D	9,7	6	D	5	7	D	D
19.3.2002	1	10	D	3	8	D	2	8	D	D
20.3.2002	8,3	10	D	3,7	10	D	2,3	9	D	D
21.3.2002	3	5	D	5	4	D	2,7	6	E	D
22.3.2002	3,7	9	D	1,3	10	D	5,8	10	D	D
23.3.2002	0	5	E	8	9	D	5	9	D	D
24.3.2002	1,8	8	D	7,7	9	D	2,2	8	D	D
25.3.2002	2,2	9	D	0	6	E	3,8	9	D	D
26.3.2002	4	9	D	7,2	10	D	2,3	10	D	D
27.3.2002	3,8	7	D	6,7	8	D	0	7	E	D
28.3.2002	4,8	8	D	3	10	D	4	9	D	D
29.3.2002	2,3	9	D	2	8	D	4,5	9	D	D
30.3.2002	1	6	E	5	7	D	0	2	F	E
31.3.2002	1,7	6	E	4,5	8	D	0,3	9	D	D

Çizelge 5.9 Nisan ayı meteorolojik verileri

Gün	07 Rasatı				14 Rasatı				21 Rasatı				Günlük Stabilite kategorisi
	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Rüzgar hızı (m/s)	Bulutluluk	Stabilite kategorisi	Stabilite kategorisi	
1.4.2002	5,2	10	D	5	10	D	6,5	8	6,5	8	D	D	D
2.4.2002	5	8	D	6,7	9	D	7,5	10	7,5	10	D	D	D
3.4.2002	0,3	10	D	0,5	10	D	4,3	6	4,3	6	D	D	D
4.4.2002	2,5	4	C	5,3	8	D	2	6	2	6	E	D	D
5.4.2002	0,5	9	D	6,7	8	D	5,3	8	5,3	8	D	D	D
6.4.2002	2,2	9	D	11,7	8	D	2	10	2	10	D	D	D
7.4.2002	2,5	10	D	6,7	9	D	3,8	3	3,8	3	E	D	D
8.4.2002	0,2	0	B	2,2	10	D	2,3	10	2,3	10	D	D	D
9.4.2002	0	8	D	7,5	6	D	6,3	6	6,3	6	D	D	D
10.4.2002	3,7	4	C	5,3	4	D	1	0	1	0	F	D	D
11.4.2002	0	0	B	2,3	2	C	0,7	0	0,7	0	F	D	D
12.4.2002	0	5	B	3,5	6	B	2,7	0	2,7	0	F	C	C
13.4.2002	0	3	B	4,8	8	D	1,7	6	1,7	6	E	D	D
14.4.2002	4,3	9	D	7,3	8	D	2,5	9	2,5	9	D	D	D
15.4.2002	4,7	8	D	1,3	8	D	4,7	10	4,7	10	D	D	D

5.4 Günlük Model Hesaplamaları

Model, hesaplamalarında grid sayısı, grid uzunluğu, rüzgar esme frekansı, günlük ortalama rüzgar hızı, günlük stabiliteye bağlı olarak parametre değerleri ve emisyon envanterinden elde edilen her gride ait emisyon kuvveti değerlerini giriş verisi olarak kullanmaktadır. Hesaplama 3*5 grid için yapılmıştır. Her grid 1.45*1.45 km' lik alanlara ayrılmıştır. Sonuçlar 15 grid için $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kirletici olarak verilmektedir. 16 kasım-14 Nisan kış sezonu için, günlük model tahminleri Çizelge 5.10-5.15' de verilmiştir. Rüzgar verisi 7-14-21 rasatlarından alınmıştır. Günlük ortalama stabilite hesaplama yapılacak gün için gündüz-gece belirlenen stabilite sınıfı dikkate alınarak, ortalama bir sınıf belirlenmiştir. 6 gridde C1, C2, D1, D2, D3, E1 ölçüm noktası bulunmaktadır. Çizelgelerde, hesaplama yapılan gün için tahmin ve ölçüm değerleri beraber verilmiştir. Günlük olarak her gride ait tahmin değerleri ve ölçüm değerlerinin ortalaması alınarak; model ve ölçüm ortalamaları oluşturulmuştur. Değerlendirmeler hem grid bazında hemde günlük ortalama değerler üzerinden yapılmıştır.

Model aylık ve sezonluk tahminlerinde yine aynı tür veriyi kullanmaktadır. Ancak stabilite ve rüzgar verisinde değişiklikler olmaktadır. Aylık olarak hesap yapılmak istenildiğinde, o ay süresince en çok takip edilen stabilite sınıfı dikkate alınacaktır. Sezonluk hesaplamalar ise nötr stabiliteye göre yapılmaktadır (Hanna S.R,1973). Yine rüzgar verisi aylık ortalama değer olarak alınacaktır. Rüzgar esme frekansı ise, o ay boyunca esen rüzgar sayısı üzereinden hesaplanacaktır. Sezonluk hesaplamalarda ise sezonluk ortalama rüzgar hızı ve sezonluk esme frekansı dikkate alınmaktadır. Çizelge 5.16 da aylık ve sezonluk model tahminleri verilmiştir.

Çizelge 5. 10 Kasım ayı günlük model tahmin sonuçları

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C1*	C2	C2*	C3	D1	D1*	D2	D2*	D3	D3*	E1	E1*	E2	E3	Model Ort	Ölçüm Ort
16.Kas	0	7	115	0	71	187	150	400	244	191	266	145	102	447	346	231	136	366	130	270	64	171	218
17.Kas	0	6	79	0	34	114	129	425	206	187	168	111	88	324	322	230	128	292	140	258	106	137	215
18.Kas	15	25	66	21	51	88	105	390	149	256	99	103	94	223	390	114	127	202	147	156	45	97	234
19.Kas	264	187	465	421	432	615	829		1201	205	782	913	97	1672	167	796	103	1403		1135	443	771	143
20.Kas	0	20	105	13	73	123	98	90	170	172	137	105	95	241	206	92	128	195		111	18	100	138
21.Kas	0	42	218	28	151	255	203	112	353	180	284	217	105	500	136	191	85	404		229	38	208	124
22.Kas	0	23	298	0	131	370	501		644	146	394	429	138	1122	246	417	171	1134		644	107	414	175
23.Kas	0	29	360	0	158	446	604		777		475	518		1353		504		1367		777	129	500	295
24.Kas	0	29	363	0	164	489	610	256	812	162	529	594	112	1470	206	565	96	1467		973	211	552	166
25.Kas	7	23	79	19	64	98	189	287	203	107	104	207	30	331	119	111	65	380	179	188	28	135	131
26.Kas	0	29	159	20	115	174	209		311	120	164	249	26	437	165	147	80	1485		251	37	252	98
27.Kas	239	177	497	388	429	599	883	176	1180	179	637	883	91	1664	268	583	203	1502	106	854	142	710	171
28.Kas	49	83	395	121	231	531	829	302	953	229	573	739	173	1636	407	607	120	1633		1061	200	643	246
29.Kas	0	11	147	0	65	216	245	277	355	249	256	240	127	619	431	314	256	602	237	448	107	242	263
30.Kas	8	24	132	17	89	163	275	311	320	241	174	292	96	533	390	185	221	595	207	309	47	211	244

*İlgili gridin ölçüm değerleridir. Çizelgedeki model ve ölçüm sonuçları $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimindedir.

Çizelge 5. 11 Aralık ayı günlük model tahmin sonuçları

GÜN	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C1*	C2	C2*	C3	D1	D1*	D2	D2*	D3	D3*	E1	E1*	E2	E3	Model Ort.
01.Ara	1	15	56	12	39	71	126	151	144	121	85	132	120	233	211	105	82	244	115	146	37	96
02.Ara	1	15	39	12	32	48	101	175	101	94	52	112	48	164	163	55	66	185		89	14	68
03.Ara	8	17	43	15	35	53	111	123	109	74	56	123	37	179	114	60	43	194		97	15	74
04.Ara	10	25	64	22	53	80	167	92	166	76	90	180	39	270	123	90	68	295	89	146	23	112
05.Ara	271	447	1181	392	896	1362	1896	150	2457	124	1372	1694	66	3529	222	1326	122	3505	133	1993	332	1510
06.Ara	129	190	701	323	448	906	1595	253	1831	186	1149	1232	63	2798	219	1484	138	2629	154	1909	574	1193
07.Ara	28	42	155	71	100	201	355	150	407	141	255	274	82	622	202	330	129	584		424	128	265
08.Ara	5	20	71	15	49	88	162	186	173	113	96	169	62	299	192	115	105	309	111	169	60	120
09.Ara	100	150	345	224	292	428	956	180	895	96	456	865	53	1397	151	484	71	1443	101	766	125	595
10.Ara	154	244	493	223	440	607	780	129	1075	151	612	813	49	1598	176	576	133	1489	139	1022	201	688
12.Ara	10	34	86	29	72	107	224	268	223	125	114	248	63	363	186	121	147	401	181	197	31	151
13.Ara	1	19	66	14	46	85	150	155	172	128	108	157	65	277	206	124	112	291	130	173	53	116
14.Ara	0	10	127	2	75	184	231	170	329	115	225	238	48	527	169	294	87	568	218	375	88	218
15.Ara	5	12	69	8	38	97	134	129	179	113	132	129	36	284	180	168	89	273	170	202	70	120
16.Ara	0	206	2587	0	1216	4179	4347	141	6061	108	5187	5357	30	12109	170	6031	71	12184	181	10679	3909	4937
17.Ara	0	61	91	0	49	142	133	140	200	108	192	127	19	361	170	197	63	320	192	245	71	146
18.Ara	13	21	57	18	44	74	92	181	135	101	90	82	26	191	161	113	74	169	188	131	40	85
19.Ara	0	4	45	0	19	74	74	111	118	85	99	63	19	185	129	144	65	167	150	148	46	79
20.Ara	9	16	76	23	43	107	157	124	199	159	146	125	54	307	224	187	57	284	121	221	77	132
21.Ara	259	326	692	646	593	858	2029	387	1800	304	913	1469	206	2680	544	969	161	2629	339	1494	249	1174
22.Ara	3531	4232	7762	8676	7259	9624	24604	411	20843	380	10245	17468	235	30233	594	10866	314	29495	322	16766	2794	13627
23.Ara	115	173	197	240	259	221	547	208	498	360	218	475	71	614	239	201	364	590	240	306	49	314
24.Ara	0	33	179	20	105	201	211	143	340	126	226	211	73	497	185	246	107	438	142	312	150	211
25.Ara	1	15	81	9	54	102	170	145	198	186	111	179	83	343	158	132	115	373	128	203	69	136
26.Ara	0	4	64	0	34	102	93	165	147	146	142	80	31	247	138	158	105	210	164	163	45	99
27.Ara	74	109	395	185	256	495	912	217	941	134	549	704	91	1614	217	688	63	1502	152	944	437	654
28.Ara	0	8	110	0	59	172	160	80	242	95	227	154	32	432	147	229	148	377	98	291	84	170
29.Ara	0	7	100	0	57	145	137	121	216	112	224	117	45	374	150	200	57	309	100	225	85	146
30.Ara	3	7	52	8	27	69	98	133	125	144	83	81	116	204	213	102	78	197	91	134	33	82
31.Ara	160	240	553	358	467	686	1531	142	1433	282	730	1384	242	2235	373	774	124	2310	101	1227	199	952

*ilgili gridin ölçüm değerleridir. Çizelgedeki model ve ölçüm sonuçları $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimindedir.

Çizelge 5. 12 Ocak ayı günlük model tahmin sonuçları

GÜN	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C1*	C2	C2*	C3	D1	D1*	D2	D2*	D3	D3*	E1	E1*	E2	E3	Model ort.	Ölç. ort.
01.Oca	0	68	1023	9	665	1542	1558		2328	141	2098	1550	89	3943	185	2077	105	3761		2418	541	1572	130
02.Oca	0	21	117	13	69	145	137		224	75	153	150	41	326	89	166	57	295		223	66	140	66
03.Oca	14	34	89	29	71	101	107	102	169	99	101	108	56	212	147	102	165	185	121	124	28	98	115
04.Oca	0	36	171	25	107	184	176	241	310	111	205	188	93	399	168	201	134	350	87	255	96	180	139
05.Oca	58	89	154	84	151	180	240	132	321	102	182	238	34	441	139	171	68	400	169	267	65	203	107
06.Oca	1	17	59	13	47	73	140	208	151	79	78	158	40	247	119	82	69	288	101	140	21	101	103
07.Oca	11	39	99	34	82	123	256	165	255	99	130	284	35	415	127	138	86	458	128	225	36	172	107
08.Oca	0	55	233	39	154	254	219	126	395	99	241	247	20	483	136	232	64	421	134	283	65	221	97
09.Oca	1	23	93	17	71	126	185	198	210	162	158	194	69	362	148	132	85	359	152	182	29	143	136
10.Oca	0	124	1635	0	780	2099	2608	236	3437	211	2397	2235	101	6058	288	2299	154	5899	170	3353	558	2232	193
11.Oca	0	273	1423	183	986	1658	1319	238	2298	254	1847	1411	114	3253	440	1244	259	2629	429	1494	249	1351	289
12.Oca	0	44	553	0	257	859	932	267	1310	310	1011	1104	138	2552	469	1133	248	2563	329	2085	626	1002	294
13.Oca	128	190	393	227	376	453	791	441	908	329	457	725	252	1279	549	442	296	1313	351	709	111	567	370
16.Oca	0	110	1383	34	1046	1715	2765	421	3531	408	1826	3245	204	5780	507	1937	215	7230	362	3601	498	2313	353
17.Oca	0	620	7762	0	3415	9858	13040	396	16766	312	11527	11177	170	37078	496	17157	266	29495	273	20959	16608	13031	319
18.Oca	346	435	922	861	790	1143	2705	580	2400	386	1218	1958	165	3573	558	1291	202	3505	378	1993	332	1565	378
19.Oca	0	55	692	9	423	967	1277	650	1740	416	1049	1524	186	3104	583	1113	311	3470	446	2197	402	1201	432
20.Oca	129	264	1294	207	941	1764	2822	490	3369	396	1906	3277	197	5832	623	2023	301	6509	493	3889	690	2328	417
21.Oca	0	621	7762	0	3648	12537	13176	461	19751	281	13857	16921	75	38858	338	14711	204	38961	441	31539	6871	14614	300
22.Oca	7	132	560	88	352	725	1180	350	1458	270	1003	1193	91	2329	309	1175	187	2362	298	1559	577	980	251
23.Oca	0	364	1705	244	1069	1842	1759	460	3099	266	1915	1882	151	3993	449	2031	222	3505	302	2546	766	1781	308
25.Oca	493	734	1024	712	1151	1082	1558	582	2068	419	1011	1462	208	2459	613	837	330	2103	451	1195	199	1206	434
26.Oca	84	73	312	138	240	381	570	457	748	314	406	591	228	1141	453	397	187	1181	383	638	100	467	337
27.Oca	0	44	567	0	244	763	929	618	1489	362	1275	797	239	2333	467	1576	254	2103	473	1860	954	996	402
28.Oca	8611	12583	15770	12168	18855	16312	23710	583	31398	287	14936	22244	180	35476	429	11915	226	29495	413	16766	2794	18202	353
29.Oca	2452	1769	3852	4119	3932	4586	6980	405	9445	233	4877	7309	118	12295	277	4189	187	10516	356	5977	996	5553	263
30.Oca	0	6	89	0	47	142	129	274	205	131	197	111	61	343	161	220	69	292	171	227	62	138	145
31.Oca	0	2	29	0	13	45	48	152	77	114	65	41	43	120	180	89	55	108	120	96	36	51	111

*İlgili gridin ölçüm değerleridir. Çizelgedeki model ve ölçüm sonuçları $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimindedir.

Çizelge 5.13 Şubat ayı günlük model tahmin sonuçları

GÜN	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C1*	C2	C2*	C3	D1	D1*	D2	D2*	D3	D3*	E1	E1*	E2	E3	Model ort.	Ölçüm ort.
01.Şub	4	6	37	8	21	50	62	296	87	137	58	56	41	137	224	70	79	129	170	88	20	56	158
02.Şub	0	11	134	0	58	177	221	250	331	127	153	190	44	558	231	342	80	501	211	409	213	220	157
03.Şub	0	12	147	0	67	232	245	249	355	191	292	261	79	644	253	368	108	626	242	530	176	264	187
05.Şub	312	548	1383	509	1151	1715	3606	495	3566	313	1826	3855	154	5815	508	1937	305	6247	381	3146	498	2408	359
06.Şub	0	62	783	0	356	1196	1308	316	1983	333	1621	1468	185	3611	448	1894	223	3494	302	3033	1103	1461	301
07.Şub	154	352	782	314	684	790	856	427	1343	295	687	914	211	1537	440	524	201	1315		747	124	742	315
08.Şub	47	109	467	83	293	604	986	368	1214	282	835	996	192	1941	410	979	177	1925	258	1299	480	817	281
09.Şub	119	105	504	194	375	709	774	332	1097	297	898	795	173	1833	370	758	146	1601	246	1068	266	740	261
10.Şub	72	113	494	179	293	713	1054		1334	166	1009	828	103	2018	224	1315	97	1843	184	1504	567	889	155
11.Şub	1	7	39	4	26	54	81	235	101	141	64	86	64	163	239	79	65	178	212	107	23	68	159
12.Şub	31	85	461	55	367	620	917	202	1108	170	669	978	47	1959	193	709	82	2019	180	1255	233	764	146
13.Şub	0	6	79	0	34	118	129	154	207	142	164	110	41	324	181	236	83	292	236	258	90	136	140
14.Şub	0	4	53	0	23	81	86	271	138	116	116	74	27	216	185	160	72	195	168	172	65	92	140
15.Şub	0	3	37	0	16	61	61	140	98	122	82	52	27	153	133	119	73	138	170	122	38	65	111
16.Şub	0	6	75	0	32	100	122	294	196	198	168	105	59	306	264	207	121	276	191	245	126	131	188
17.Şub	0	182	847	122	541	962	883	323	1500	185	890	1084	63	2131	284	768	116	1985	214	1362	268	902	198
18.Şub	0	22	280	4	166	404	508	346	725	147	495	523	92	1161	339	646	175	1249	283	825	194	480	230
19.Şub	0	121	565	82	356	596	586	343	951	227	555	627	124	1343	359	552	162	1168	166	734	340	572	230
20.Şub	2	108	430	79	318	469	618	300	842	213	441	721	129	1181	370	397	212	1267	150	648	99	508	229
21.Şub	123	171	395	258	334	490	1096	320	1024	237	522	952	138	1596	360	553	163	1637	170	876	142	678	231
22.Şub	0	490	1849	367	1300	1809	1477	285	2788	191	1487	1827	82	3074	281	1047	95	2629	155	1494	249	1459	182
23.Şub	616	918	1280	891	1439	1353	1948	271	2584	191	1264	1827	124	3074	269	1047	109	2629	129	1494	249	1508	182
24.Şub	57	103	116	101	155	123	234	300	261	168	114	255	76	307	242	95	73	297	134	143	23	159	166
25.Şub	14	24	116	37	79	160	253		301	99	188	226	39	471	131	233	60	492		312	67	198	82
26.Şub	1	15	54	11	37	74	121	190	139	84	87	127	29	224	165	107	52	235	130	140	31	94	108
27.Şub	0	18	234	0	103	354	389	175	603	96	481	379	43	1015	186	607	99	953	122	802	272	414	120

*İlgili gridin ölçüm değerleridir. Çizelgedeki model ve ölçüm sonuçları $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimindedir.

Çizelge 5. 14 Mart ayı günlük model tahmin sonuçları

GÜN	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C1*	C2	C2*	C3	D1	D1*	D2	D2*	D3	D3*	E1	E1*	E2	E3	Model ort.	Ölçüm ort.
01.Mar	0	124	1583	47	1266	1283	3205	124	4721	134	3230	3916	68	7159	218	4208	127	8539		5629	1817	3115	134
02.Mar	267	400	922	597	779	1144	2552	246	2389	216	1217	2307	152	3725	392	1291	260	3850	267	2045	332	1588	256
03.Mar	519	653	1383	1292	1186	1716	4058	317	3601	217	1827	2937	163	5360	393	1937	219	5258	241	2989	498	2348	258
04.Mar	0	55	692	0	322	1077	1172	81	1715	95	1184	1426	74	3318	127	1257	126	3325	72	2592	555	1246	96
05.Mar	3	9	50	6	28	75	98	93	131	86	96	95	45	207	146	130	126	200	82	148	40	88	96
06.Mar	63	105	273	90	213	359	438	125	604	131	384	472	45	975	227	389	111	933	87	687	174	411	121
07.Mar	0	55	692	0	322	1077	1162	180	1596	136	1251	1363	134	3104	281	1410	156	3048	173	2578	884	1236	177
08.Mar	0	74	922	0	429	1435	1549		2127	164	1668	1818	120	4140	223	1880	194	4064	170	3437	1178	1648	174
09.Mar	0	3	49	0	26	74	71		113	117	110	61	87	190	199	116	144	162	90	126	44	76	127
10.Mar	0	37	467	0	209	746	774		1154	145	957	786	57	2017	260	1254	91	1927	238	1652	542	835	158
11.Mar	0	22	277	0	126	390	464	185	617	173	441	472	96	1209	238	552	137	1114	181	866	429	465	168
12.Mar	1	33	115	25	94	142	275	134	295	141	152	309	90	483	173	161	131	563	170	274	41	198	140
13.Mar	1	17	68	13	53	93	137	100	156	110	126	143	31	267	183	97	107	265	214	134	21	106	124
14.Mar	5	84	213	67	177	263	550	67	548	87	281	609	30	894	93	298	79	1007	88	484	77	370	74
15.Mar	0	12	148	0	65	224	245	163	381	101	304	240	23	641	128	383	62	602	95	506	152	260	95
16.Mar	0	22	280	0	125	406	465	200	693	115	580	472	45	1210	172	694	66	1156	150	991	420	501	125
17.Mar	3	55	168	42	126	210	404	122	419	91	231	432	50	728	121	281	68	765	101	410	160	296	92
18.Mar	1	14	35	11	29	43	89	123	89	81	46	99	57	145	130	48	64	164	92	79	12	60	91
19.Mar	12	40	140	32	97	192	316	127	361	87	226	322	55	581	123	279	65	600	90	364	81	243	91
20.Mar	4	17	66	13	50	89	132	134	149	88	112	138	70	257	141	94	66	251	148	129	21	101	108
21.Mar	10	16	89	24	58	130	161	127	202	122	173	128	25	334	141	172	77	292	109	197	45	135	100
22.Mar	5	14	78	9	44	107	152	110	190	82	129	147	42	325	113	172	78	311	50	211	83	132	79
23.Mar	29	66	146	58	127	147	159	83	250	68	128	170	40	286	92	97	90	245	93	139	23	138	78
24.Mar	21	50	130	43	103	138	156	69	234	73	128	158	28	311	81	121	69	270	45	164	60	139	61
25.Mar	44	48	110	83	104	134	236	92	276	58	142	254	31	399	64	134	47	394	57	205	33	173	58
26.Mar	18	30	79	26	67	99	133	100	184	78	110	131	28	262	106	126	45	262	68	166	36	115	71
27.Mar	0	56	211	42	149	206	168	139	318	83	169	209	42	351	109	119	84	300	53	170	28	166	85
28.Mar	26	26	81	43	63	108	160	190	205	107	126	164	30	304	134	146	56	287	64	184	42	131	97
29.Mar	0	8	96	1	53	133	171	268	245	132	169	185	29	419	187	192	42	439	159	308	91	167	136
30.Mar	54	177	388	160	351	481	1076	400	1031	183	512	1222	41	1663	249	543	55	1864	210	891	140	704	190
31.Mar	17	66	195	74	149	213	320	197	385	139	200	319	58	524	189	181	71	517	249	276	45	232	151

*İlgili gridin ölçüm değerleridir. Çizelgedeki model ve ölçüm sonuçları $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimindedir.

Çizelge 5. 15 Nisan ayı günlük model tahmin sonuçları

GÜN	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C1*	C2	C2*	C3	D1	D1*	D2	D2*	D3	D3*	E1	E1*	E2	E3	Model Ort.	Ölçüm Ort.
01.Nis	7	19	49	17	40	61	128	201	127	122	65	141	48	207	149	69	60	227	160	112	18	86	123
02.Nis	9	17	43	15	36	54	112	161	111	86	57	121	40	182	123	61	40	195	128	98	16	75	96
03.Nis	0	13	165	0	72	234	274	138	425	101	341	267	29	716	130	405	68	672	127	565	228	292	99
04.Nis	24	41	132	35	112	176	172	152	249	92	228	154	30	401	134	158	81	318	90	181	30	161	97
05.Nis	1	25	100	18	68	109	138	162	189	83	104	150	37	268	120	93	49	267	97	143	23	113	91
06.Nis	0	15	81	9	48	96	96	110	157	95	102	105	44	228	116	109	59	206	99	159	50	97	87
07.Nis	0	5	75	0	40	118	108	102	171	99	164	93	41	287	132	184	83	245	101	190	52	115	93
08.Nis	52	46	198	85	132	288	338	178	505	113	360	317	58	741	145	462	77	657	100	510	140	322	112
09.Nis	0	23	111	16	70	129	115	161	202	115	133	123	61	260	146	144	66	229	91	166	42	118	107
10.Nis	0	7	85	1	46	112	150	181	221	112	148	146	58	352	151	200	127	358	101	260	82	145	122
11.Nis	28	66	277	54	220	343	636	200	710	129	365	723	89	1160	168	387	74	1352	120	674	100	473	130
12.Nis	0	4	57	1	34	77	91	170	124	117	93	87	69	217	162	82	73	216	95	118	19	81	114
13.Nis	0	10	181	0	122	274	211	191	329	118	401	181	86	624	148	262	62	478	98	272	45	226	117
14.Nis	0	5	68	0	36	108	99	187	157	108	151	85	78	262	130	168	50	224	100	174	48	106	109

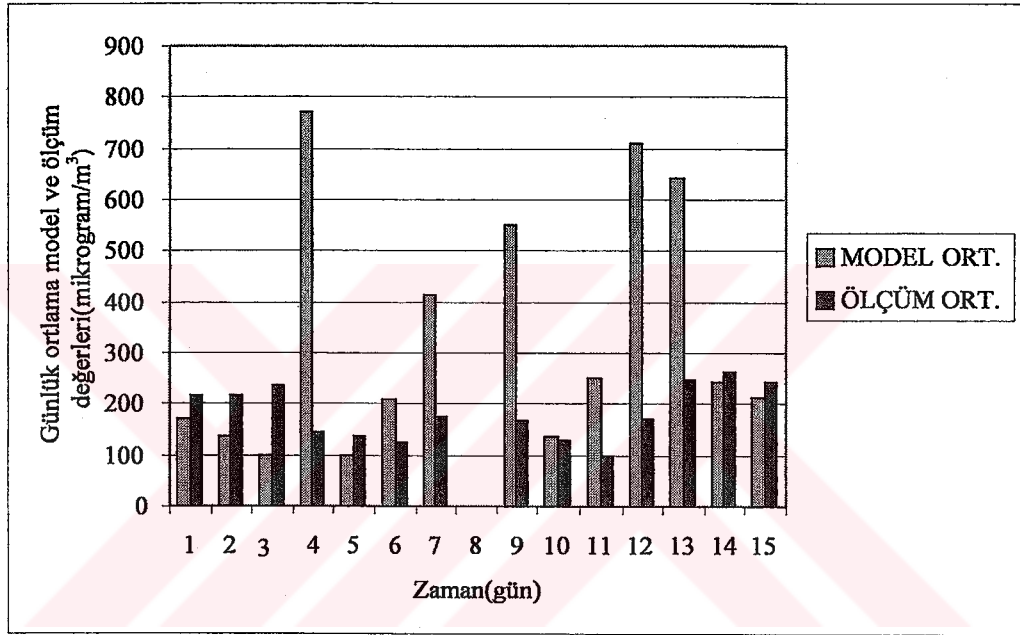
*İlgili gridin ölçüm değerleridir. Çizelgedeki model ve ölçüm sonuçları $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimindedir.

Çizelge 5. 16 Aylık ve sezonluk ortalama model hesapları

Grid	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Sezon ort.
	MODEL ÖLÇÜM	MODEL ÖLÇÜM	MODEL ÖLÇÜM	MODEL ÖLÇÜM	MODEL ÖLÇÜM	MODEL ÖLÇÜM	MODEL ÖLÇÜM
A1	18	16	30	15	16	12	16
A2	34	29	56	32	31	24	32
A3	137	105	210	144	116	108	128
B1	30	30	50	28	27	19	29
B2	101	74	159	94	84	77	92
B3	179	135	272	184	151	144	168
C1	232	254	175	369	286	153	234
C2	306	196	472	248	190	117	298
C3	230	169	344	219	188	191	215
D1	224	108	205	73	350	92	219
D2	495	284	413	211	756	282	443
D3	216	155	184	115	327	187	249
E1	469	169	401	154	724	294	552
E2	292	254	449	348	273	230	297
E3	83	84	126	143	81	73	93
Ortalama	203	194	146	264	196	183	172
			312	229	122	161	200

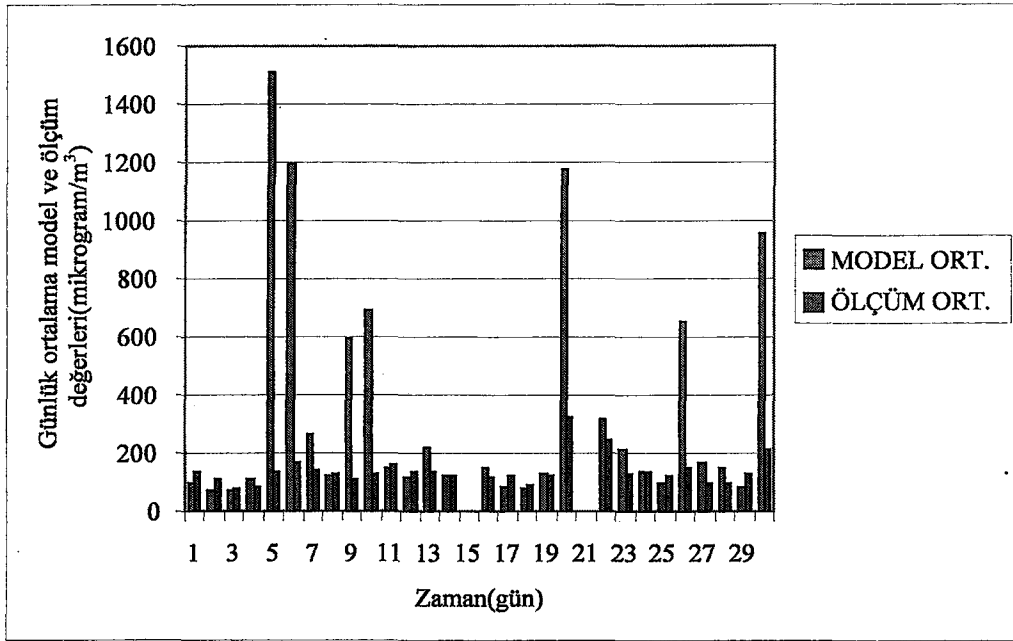
Çizelgedeki model ve ölçüm sonuçları $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimindedir.

Model sonuçlarının grafiksel sunumu Şekil 5.1-5.13 arasında gösterilmiştir. Model sonuçları ile ölçüm değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma, günlük ve aylık ortalama değerler üzerinden yapılmıştır. Günlük olarak, ortalama model ve ölçüm değerleri bar diyagram olarak Şekil 5.1-5.6 da verilmiştir. Aylık olarak karşılaştırmada, aylık model-ölçüm değerleri grid bazında , Şekil 5.7-5.13, verilmiştir. Karşılaştırma grid bazında yapılmıştır.



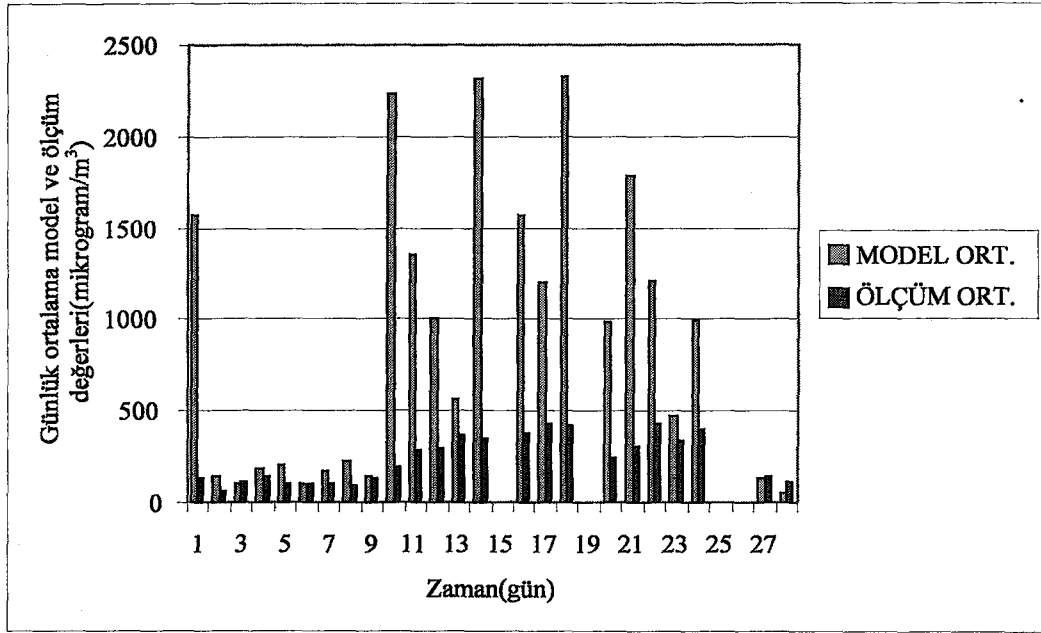
Şekil 5. 1 Kasım ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı

Kasım ayının son 15 günü için hesaplama yapılmıştır. 19 Kasım günü(dördüncü değer) model $771 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplama yapmıştır. Yine 24kasım (9.veri) ve 27kasım (12.veri) pik değerler vermiştir. İlgili günlere ait meteorolojik durum irdelendiğinde 19 Kasımda kararlı atmosferik yapının olduğunu görmekteyiz. 24 kasımda nötr stabilite mevcuttur, ancak rüzgar hızı ortalama 0.3 m/s dir. 27 Kasımda rüzgar hızı 0.7 m/s ve D stabilite mevcuttur. 19 Kasım da, model sonucunun yüksek çıkması, kararlı ve durağan bir yapının oluşmasından kaynaklanmaktadır.



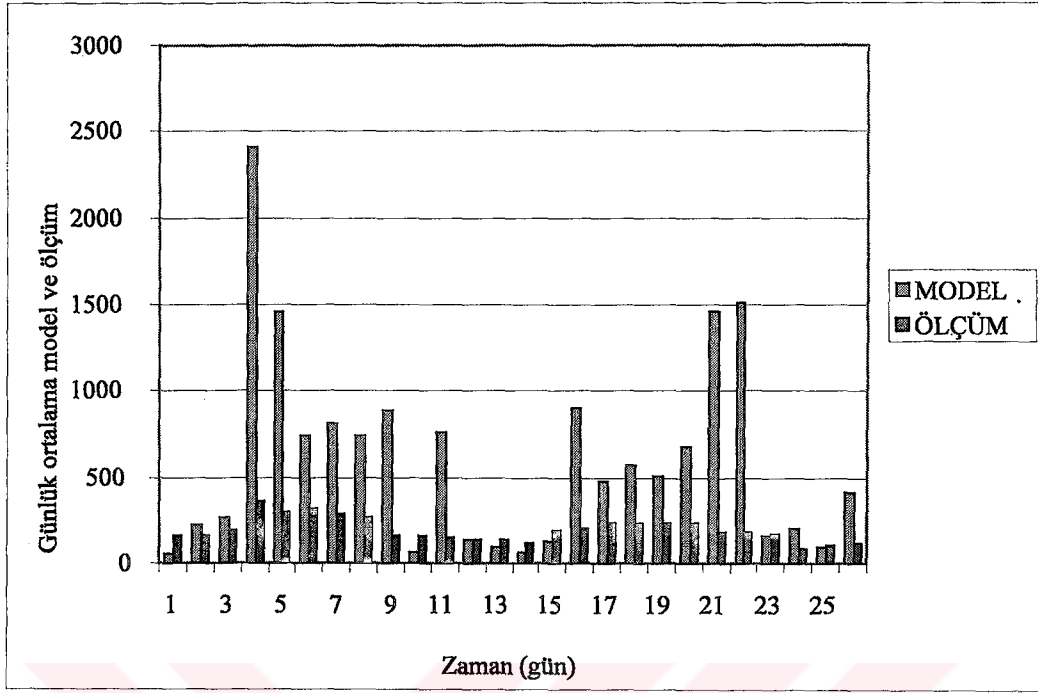
Şekil 5.2 Aralık ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı

Aralık ayı için pik yapan günler sırasıyla 5, 6, 20, 30 aralıktır. Bu günler için rüzgar hızı sırasıyla 0.3m/s, 0.4m/s, 0.3m/s, 0.5m/s olarak gözlenmiştir. Dört gün içinde D stabilite mevcuttur. Model rüzgar hızının minimum olduğu günler için pik değerler vermektedir.



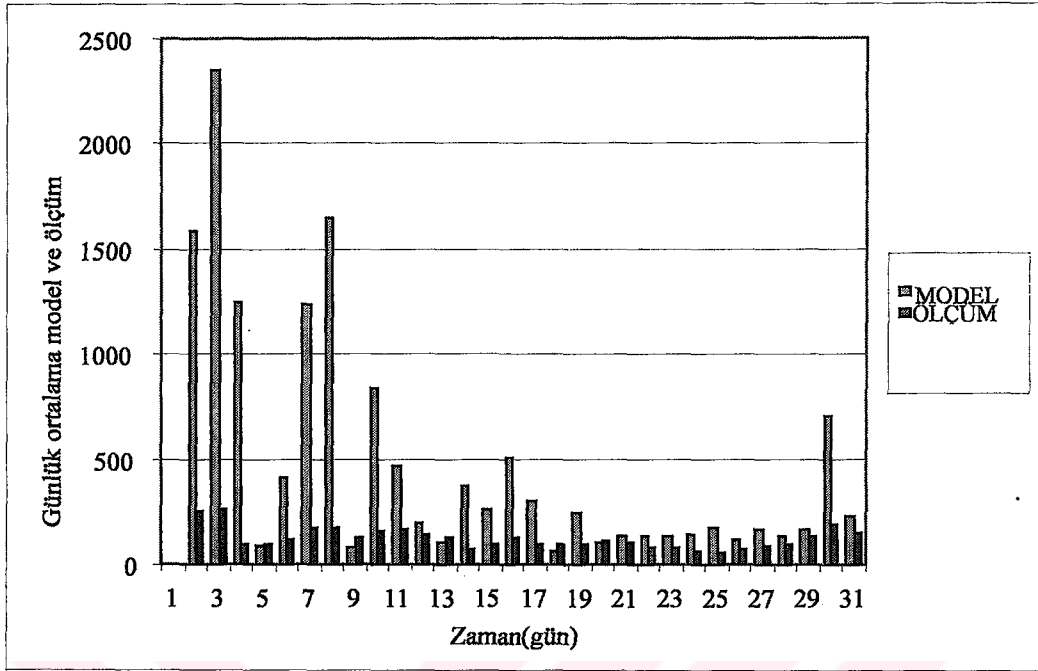
Şekil 5.3 Ocak Ayı ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı

Ocak ayı rüzgar hızının düşük ve kararlı stabilitenin daha çok görüldüğü bir aydır. 1, 10, 17, 20, 21, 28 Ocak günleri kararlı stabilite ve düşük(0.5m/s den küçük) rüzgar hızı hakimdir. 18, 22 Ocak günlerinde nötr stabilite hakim olmakla beraber ise rüzgar hızı 0.3m/s, 0.5m/s dir. Grafikte bu günlere ait pik değerler görülmektedir. Model kararlı stabilite ve düşük rüzgar hızları için çok yüksek tahmin değerleri vermektedir



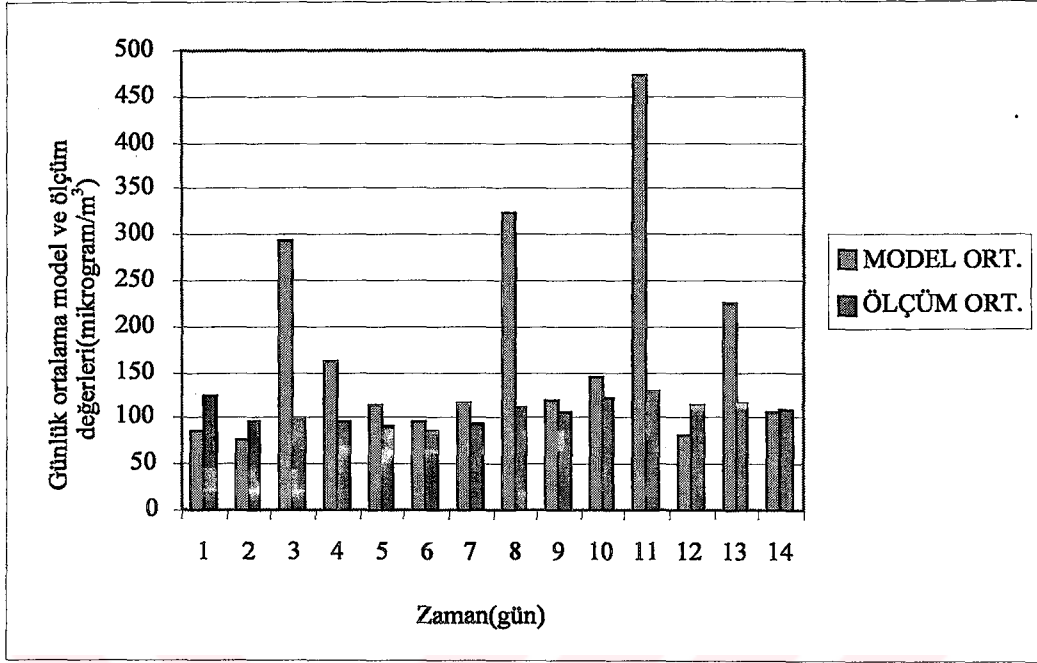
Şekil 5. 4 Şubat ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı

Şubat ayı için 4 Şubat da pik değer alınmıştır. Bu gün nötr stabilite ve minimum rüzgar hızı mevcuttur. 5, 6, 21, 22 şubat için rüzgar hızı 0.2m/s, 1m/s, 0.4m/s, 0.4m/s ve stabilite sınıfı D, E, D, D olarak gözlenmiştir. Düşük rüzgar hızları, modelin yüksek sonuçlar tahmin etmesine neden olmaktadır. Mesela 4 şubatta model sonucu, ölçüm sonucunun 8 katı değerindedir. Eğer stabilite sınıfı kararlı ise bu yüksek değerler, daha da yüksek çıkmaktadır.



Şekil 5. 5 Mart ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı

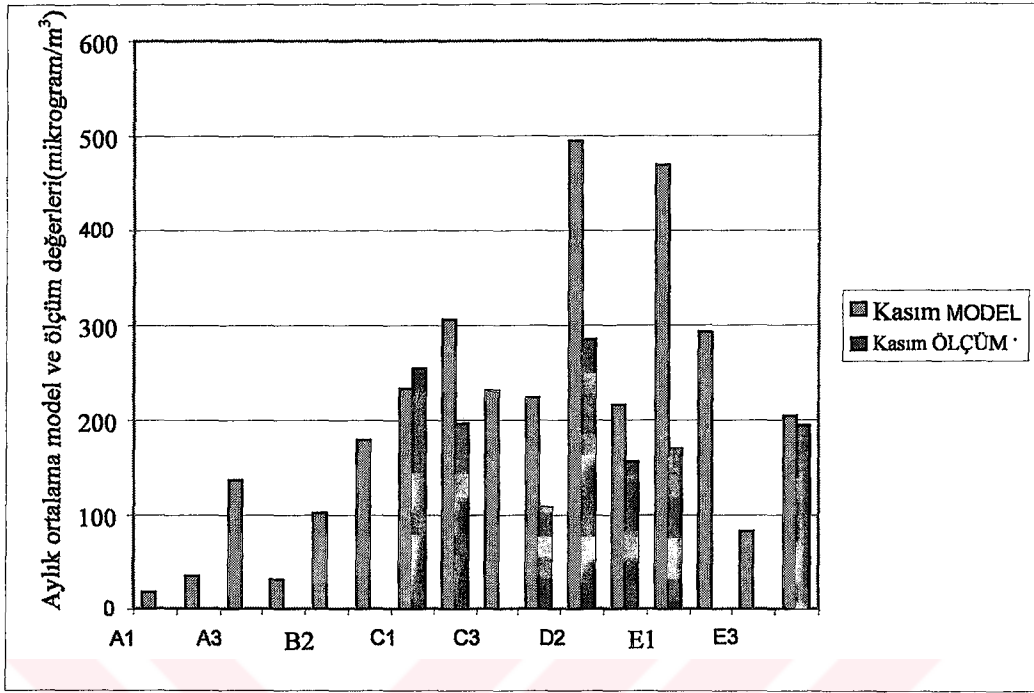
Mart ayında pik değer 3 Mart da alınmıştır. 3 Mart günü rüzgar hızı 0.2m/s olup, nötr stabilite mevcuttur. 4, 8,10 mart tarihlerindede rüzgar hızı 0.4, 0.3, 0.6 m/s dir. Bu günlere ilişkin model tahminleri $1246 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1648 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $835 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler aynı günün ölçüm değerlerine , 13, 9.5, 5.3 oranları nispetinde büyüktür.



Şekil 5. 6 Nisan ayı günlük model sonuçları ve ölçüm değerleri bar diyagramı

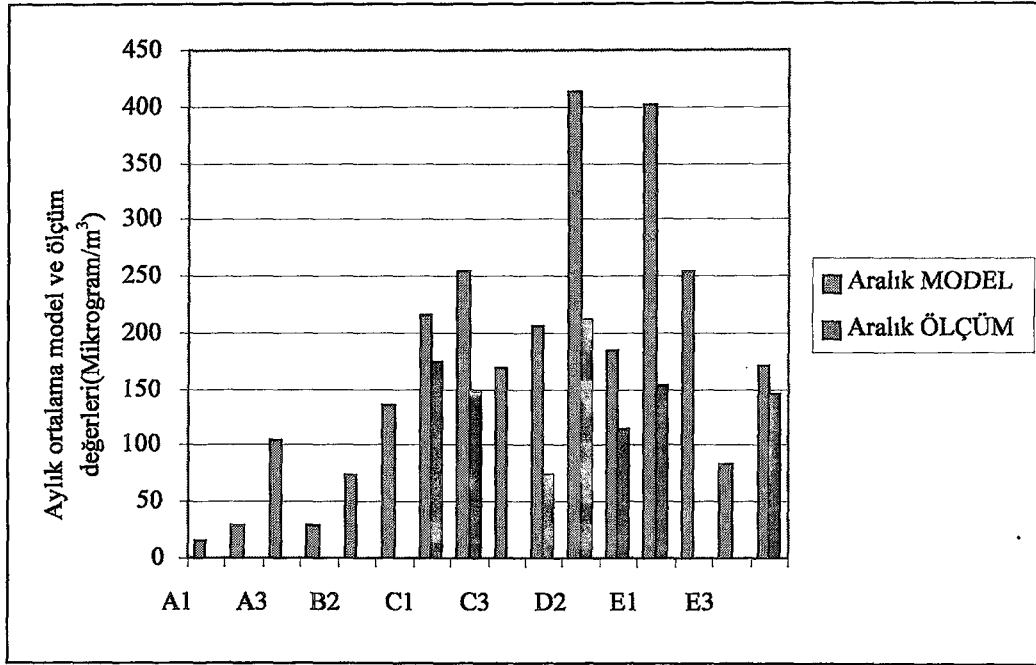
Nisan ayında rüzgar hızı 0-5.2 m/s arasında değişmektedir. Bu sebeple model sonuçları ile ölçüm değerleri birbirine yakınlaşmıştır. Sadece 11 nisan gününde minimum rüzgar hızı takip edildiği için, pik değer alınmıştır.

Aylık ortalama değerler, grid bazında değerlendirilmiştir. Altı grid de ölçüm yapılmaktadır. Bunlar C1, C2, D1, D2, D3, E1 gridleridir. Aylık hesaplamalar, yukarda da açıklandığı gibi, aylık ortalama rüzgar verisine ve o aya yönelik en çok takip edilen stabilite sınıfına göre yapılmaktadır. Modelin diğer giriş verileri aynı olmakla beraber, bu iki kriter , aylık olarak ve sezonluk olarak değişim göstermektedir. Aylık ve sezonluk sonuçlar Şekil 5.7-5.13 de verilmiştir.



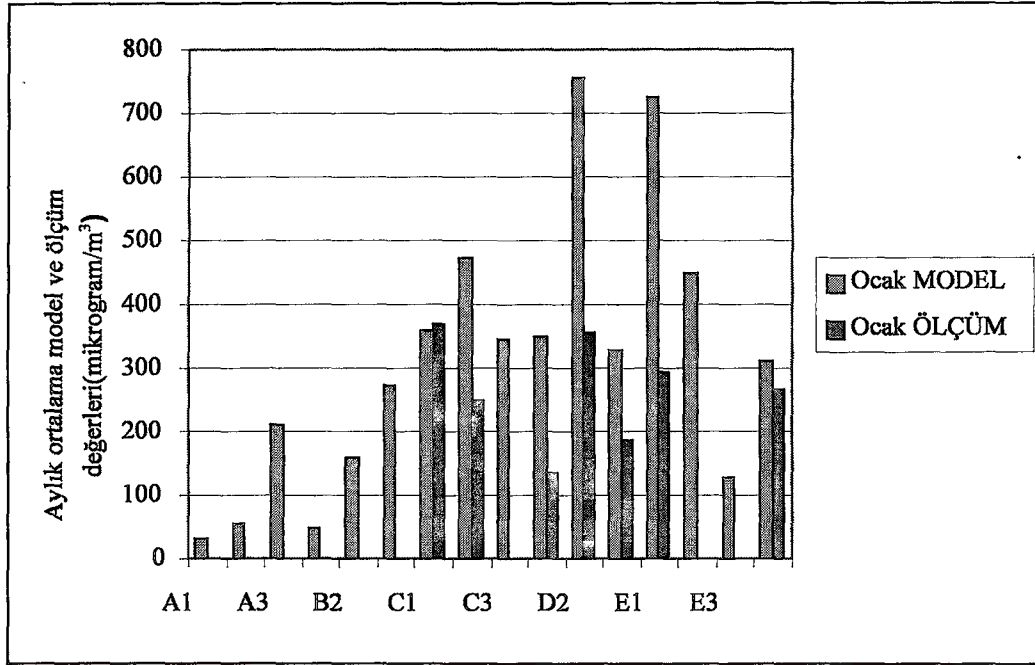
Şekil 5. 7 Kasım ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı

Model sonuçları ile ölçüm değerleri karşılaştırıldığında, en iyi uyum C1 gridinde mevcuttur. Sonra D3 ve C2 de uyum vardır. Grafikteki en son değer, Kasım ayı tüm gridler ortalamasıdır. Model-ölçüm değerlerinin Kasım ayı ortalaması da uyum göstermektedir. En büyük farklılık E1 gridinde görülmektedir. Bu grid hakim rüzgar hava koridoru üzerinde bulunmaktadır. Ayrıca topoğrafik olarak, civarındaki yerlere nazaran daha yüksektir. Bu sebeple, beklenilenin altında ölçüm değerleri alınmaktadır. Model hesaplarına giriş verisi sağlayan emisyon envanterinde, emisyon şiddeti olarak en büyük paya sahip olan grid E1 ($9.5\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$) dir. Bu sebeple model hesapları, bu grid için genelde yüksek değerler vermiştir. Ancak ölçüm değerleri, yukarıda bahsedilen topoğrafik şartlar ve hava akımları nedeniyle, şehir geneline (diğer beş ölçüm değerine) göre düşüktür.



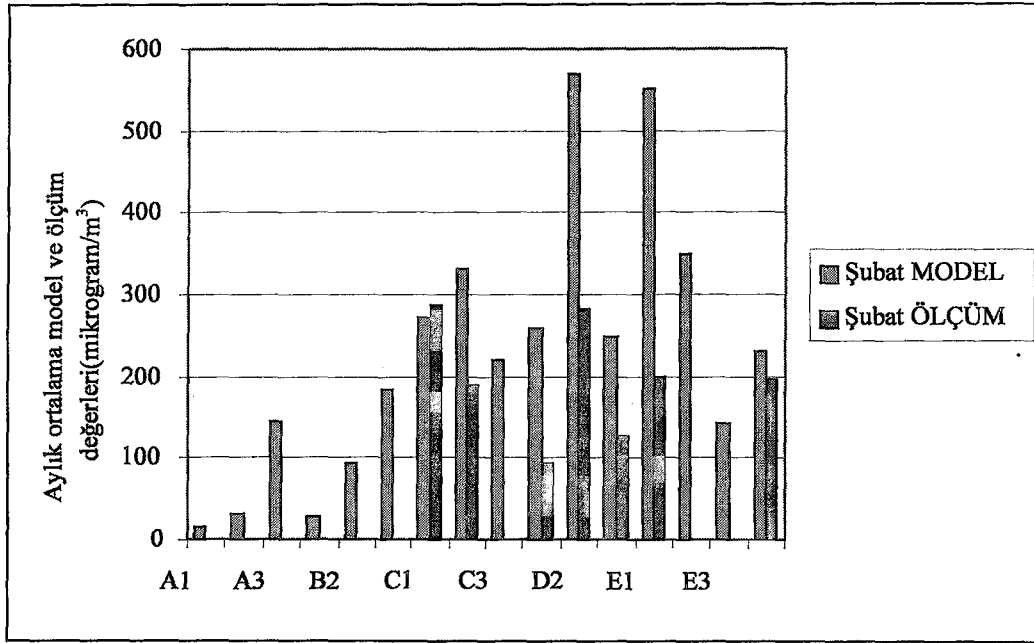
Şekil 5. 8 Aralık ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı

Aralık ayı için C1, C2, D3 gridlerinde model-ölçüm değerleri arasında bir uyum görülmektedir. D1, D2 ve E1 gridinde farklılıklar vardır. D1 ve E1 hava akımlarına açık gridlerdir. Ölçüm değerleri beklenilenin altında, düşük çıkmaktadır. D2 şehrin yapısal açıdan en yoğun bölgelerinden biridir. Hava koridorları istikametinde mutedil meyilli bir araziye sahiptir. Ancak bu hava koridorları yer yer, binalaşma ile engellenmiştir. Emisyon envanterindeki ikinci büyük emisyon şiddeti değerine sahip grid, D2 ($9.4 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{sn}$) dir. Aralık ayı tüm gridler ortalamasında (grafikte ki en son değer) uyum göstermektedir; model ve ölçüm değerleri ortalaması birbirine yakındır.



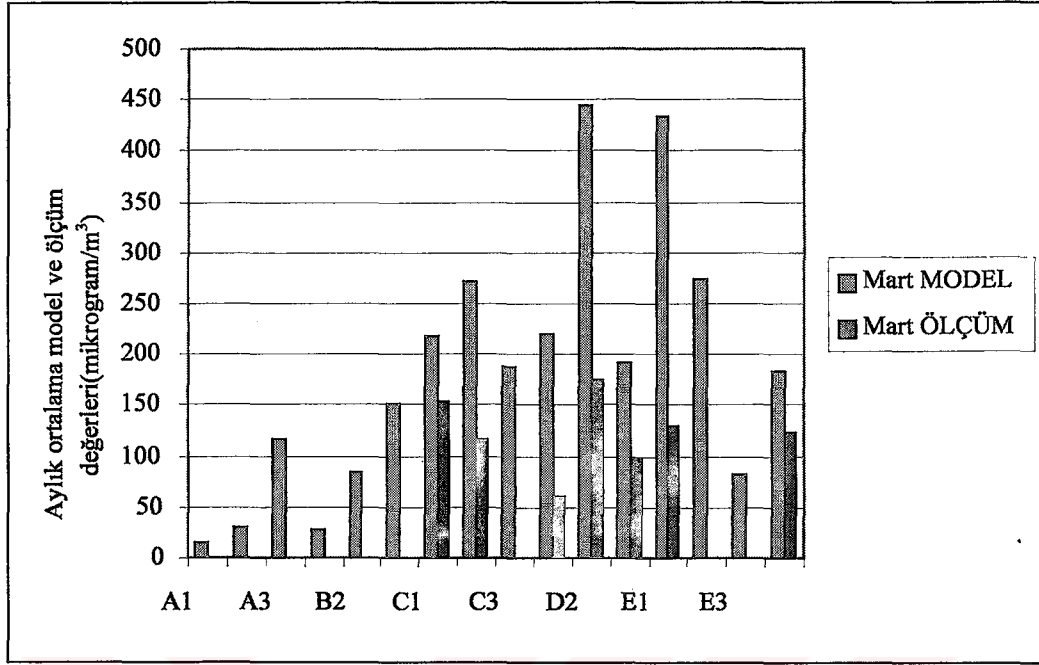
Şekil 5. 9 Ocak ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı

Ocak ayında en iyi uyum yine C1 gridindedir. Bu griddeki binalar genelde kamu-kurum kuruluşları ve lojmanlarıdır. Bu sebeple fazla bir bina yoğunluğu yoktur. Ayrıca tüketilen yakıt miktarı ve cinsi (oldukça) kontrollü olduğundan, şehrin orta seviyede kirlilik içeren bölgesidir. Model tahmini için ortalama aylık rüzgar hızı değeri (1.6 m/s) kullanılmıştır. Diğer aylarda, bu değer 2m/s nin üzerindedir. Ocak ayı itibarı ile en çok takip edilen D sınıfı stablitedir. Modelde ,diğer aylarda da olduğu gibi, nötr ortam parametre değerleri kullanılmıştır. Tahmin sonuçlarının aralık ayına göre daha yüksek çıkması, daha düşük rüzgar hızı verisi kullanılması ilişkilidir. Gridler bazında ölçüm değerlerin de de, aralık ayı ölçüm değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Ölçüm değerleri, günlük olarak yapılan ölçümlerin ortalaması olarak bulunmaktadır. Ocak ayı, meteorolojik şartlar açısından irdelendiğinde rüzgar hızının düşük (0.1-0.5 m/s arasında) olduğu 17 gün ve kararlı atmosferik yapının en çok görüldüğü (6 gün) aydır. Bu durum kirleticilerin gün içinde dağılımını engellemiştir. Ölçüm değerlerinde yükselmeler olmuştur, buda aylık ortalama değerlere yansımıştır.



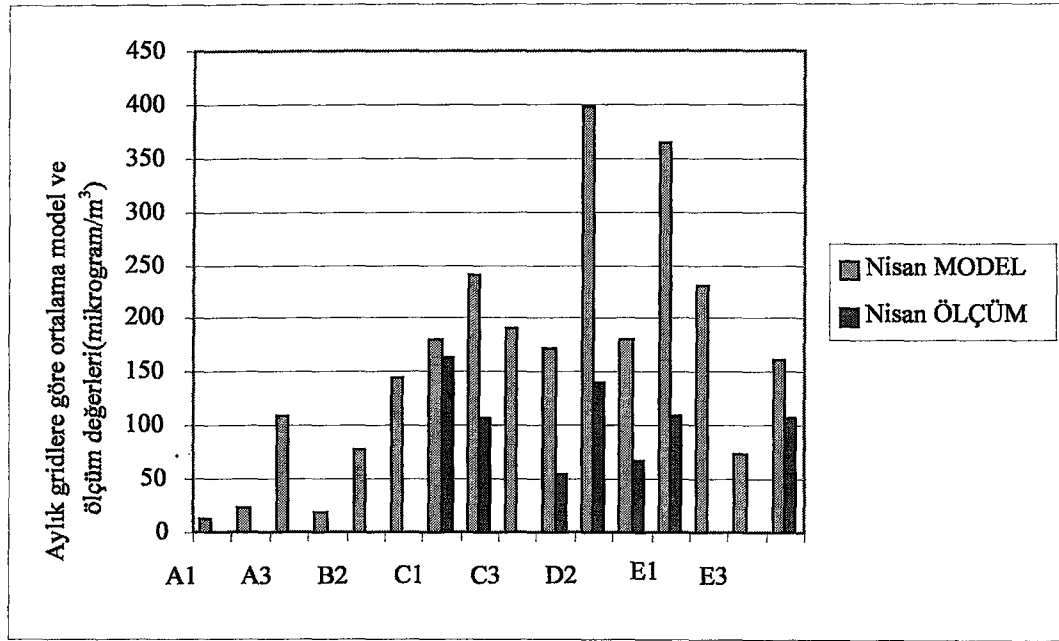
Şekil 5. 10 Şubat ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı

Şubat ayında model-ölçüm değeri uyumu en iyi olan grid C1 dir. D2 ve E1 iki kat nispetinde farklılıklar görülmektedir. Gridler ortalaması, (grafikte en son değer) uyumlu görülmektedir. Aylık ortalama rüzgar hızı 2.08 m/s dir. Model sonuçları, ocak ayına göre daha düşük çıkmıştır. Ancak gridler bazında, model-ölçüm sonuçlarında farklılıklar görülmektedir. Ölçüm değerlerinde, ocak ayına göre bir düşme görülmüştür. Şubat ayı içerisinde, 10 gün için 2m/s' nin üzerinde rüzgar hızı gözlenmiştir. Bu durum, aylık ortalama ölçüm değerlerinde düşme olarak kendini göstermiştir.



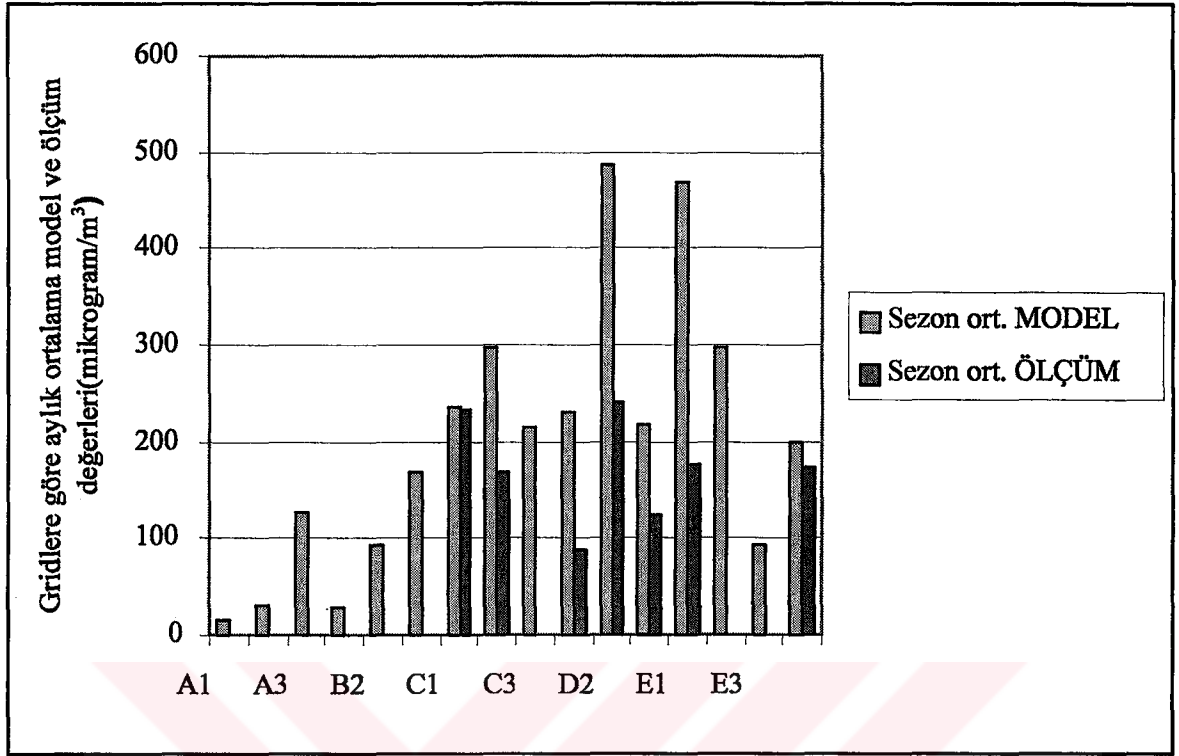
Şekil 5. 11 Mart ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı

Mart ayı için, rüzgar hızı 2-8 m/s arasında toplam 17 gün izlenmiştir. Mart ayı ortalama rüzgar hızı 2.71 m/s dir . Bu durum şubat ayında C1 gridi için ortalama kirletici miktarı $228 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken $153 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e düşmesine neden olmuştur. Diğer gridler içinde durum benzerdir. Model hesabında nötr stabilite parametre değerleri kullanılmıştır. 2.71 m/s rüzgar hızı, model tahmin sonuçlarına, diğer aylara göre düşük hesaplamasına neden olmuştur. Ancak gridler bazında, model-ölçüm değerleri kıyaslandığında, D2 ve E1 gridlerinde 2-2.5 nispetinde farklılıklar görülmektedir. Bu uyumsuzluk, bu gridler şehrin bina yoğunluğu açısından, en kalabalık bölgeleridir. Emisyon envanterinde en yüksek iki değere sahip gridlerdir. E1 gridi hava koridorlarının olduğu, şehrin genelinden daha yüksekte bulunan bir bölgeyi, D1 hava koridorlarına açık geniş yollarının olduğu, rüzgar yönünde yer yer yüksek eğimlerin olduğu bir alanı kapsamaktadır. Bu durum bu iki gridde oluşan kirliliğin dağılmasında etkilidir. Model-ölçüm değerlerinde 2-2.5 kat oranında farklılıklar gözlenmiştir.



Şekil 5. 12 Nisan ayı model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı

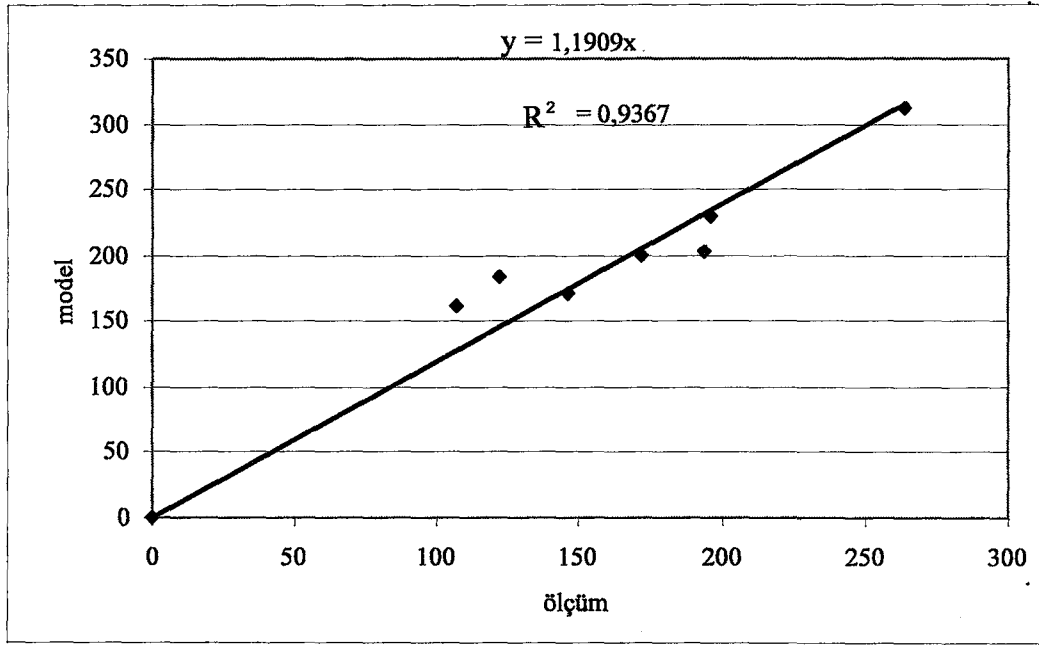
Nisan ayında da diğer aylarda izlenen eğilim devam etmektedir. En iyi uyum görülen grid yine C1 grididir. D2 ve E1 gridinde 2.5-3 kat oranında model-ölçüm farklılığı görülmektedir. C2, D1, D3 gridlerindede iki kat oranında farklılıklar izlenmiştir.



Şekil 5. 13 2001-2002 Kış sezonu için model ve ölçüm ortalama değerlerinin gridlere göre dağılımı

Gridler bazında sezonluk model-ölçüm değerleri karşılaştırıldığında C1 için iyi bir uyum görülmektedir. C2 ve D3 için vasat bir uyum, D1, D2 ve E1 için 2-2.5 kat nispetinde uyumsuzluk görülmüştür.

Model hesapları ile ölçüm değerleri arasında rüzgar hızının 0.5m/s nin altında olduğu günlerde ciddi farklılıklar bulunmuştur. Nötr stabilite ve rüzgar hızının 1.5m/s yukarısındaki günler için günlük hesaplarda model-ölçüm değerleri için yakın sonuçlar bulunmuştur. Nötr stabilitede hesaplama yapılan aylık ve sezon sonuçlarında bu farklılık azalmıştır. Aylara göre ve sezon için model ve ölçüm değerleri dağılım grafiği Şekil 5.14 de ki gibidir.



Şekil 5. 14 Model-Ölçüm değerlerinin ortalama aylık ve sezonluk değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.14 de görüldüğü gibi model-ölçüm değerlerinin dağılımı lineer bir doğru vermektedir. Kasım-Nisan aylarına yönelik gridler bazında model tahminlerinin ortalaması, aylık değer olarak alınmıştır. Bu değerler Çizelge 5.13 de gösterilmiştir. Çizelge 5.13 de verilen ölçüm değerleri yine, gridlere göre, yapılan günlük ölçüm değerlerinin aylık ortalamasıdır. Model-ölçüm değerlerinin dağılımı Şekil 5.14 de görüldüğü gibi, $R^2 = 0.94$ olan lineer bir doğru oluşturmaktadır.

5.5 Modelin Değerlendirilmesi

Matematik modeli çalıştırmak için

- 1.İlgili kirleticiye ait konsantrasyon ölçümleri ve kütleli dearj verileri
 - 2.Matematik model formülasyonu
 - 3.Matematik model formülüne ait hız sabitleri, denge katsayıları
 - 4.Model değerlendirmesi için bazı performans kriterleri
- olmak üzere dört unsur gereklidir.

Alan çalışmalarına dayanan konsantrasyon ölçümleri olmaksızın, modelin kalibrasyonu ve verifikasyonu güçtür. Modelin iyi bir şekilde kullanılabilmesi, arazi ölçümlerine bağlıdır. Genellikle iki alan verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan birincisi kalibrasyon için diğeri modelin farklı durumlarda(farklı bir yılın alan ölçümlerinde veya farklı yerler için alan ölçümlerinde) verifikasyonu için gereklidir. Model kalibrasyonu, simulasyon sonuçları ile alan ölçümleri arasındaki karşılaştırmayı içermektedir. Model katsayıları ve hız sabitleri için literatürde sunulan veriler veya lab. çalışmalarından elde edilen bilgiler kullanılmaktadır. Model çalıştırıldıktan sonra, model sonuçları ile ilgili kriter kirleticisi için alan ölçümleri arasında, istatistiksel bir karşılaştırma yapılır. Eğer hata oranları kabul edilebilir tolerans seviyesinde ise modelin kalibrasyonu düşünülür. Eğer hata payı kabul edilemeyecek sınırlarda ise, modele ait katsayılar ve hız sabitleri, kabul edilebilir simulasyonu sağlamak için sistematik olarak değiştirilir. Modeli verifiye etmek için simulasyon sonuçları ile (ikinci set) alan ölçümleri arasında istatistiksel karşılaştırma gerekmektedir. Model formülasyonundaki katsayı ve hız sabitleri değiştirilemez. Bu işlem, modelin kabul edilebilir şekilde çalışmasına ilişkin güven sağlamaktadır. Performans kriteri oldukça basit veya daha kompleks olabilmektedir. Buna göre model sonuçları arazi ölçüm değerlerinin istenen değerleri içinde olabilir, veya ortalama farkın karesine (NMSE) göre değerlendirilir; NMSE değerinin minimum veya optimal değerde olması istenir (Schnoor J.L., 1996).

Modelleme simulasyonunda toplam belirsizlikleri model fiziğindeki hatalardan, giriş verilerindeki hatalardan, atmosferdeki stokastik proseslerden kaynaklanan belirsizlikler olmak üzere üç kısımda irdelemek mümkündür (Hanna S.R., 1988). Birinci belirsizlik daha gerçekçi fiziksel yaklaşımlar ve daha etkili algoritmaların kullanımı azaltılabilir. İkinci belirsizlik, daha gelişmiş izleme araçlarının izlenecek bölgeye yerleştirilmesi ile daha doğru sonuçların alınması ile elimine edilebilir. Ancak atmosferik stokastik (türbülans gibi) değişimler elimine edilemez. Bu yüzden, pratik metodolojiler, toplam model belirsizliklerine ve sonuçların anlamlı şekillerde sunulmasını değerlendirmek için geliştirilmesine ihtiyaç duymaktadır (Dabberdt W.F and Miller E., 2000).

Fotokimyasal iki boyutlu hibrid model, Melbourne O₃ ve NO₂ tahminleri için, üç yolla test edilmiştir:1.Emisyon ve meteorolojik şartlar, oda (chamber) smog simulasyonu ile değerlendirilmiş, 2. Emisyon envanterinin doğruluğu, uçak ölçümleri kullanılarak test edilmiş, 3.Modelin genel performansı, ölçüm istasyonu verileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Model

sonuçları , özellikle O₃ için, ölçümlerle genelde iyi bir uyum göstermiştir. Sonuçlar Los Angeles alanı için uygulanan McRae ve Seinfeld (1983) üç boyutlu model çalışması sonuçları ile uyum göstermiştir (Hess G.D., 1989).

Gauss düşey dispersiyon parametresi, σ_z , tahminleri bağımsız dört dispersiyon çalışmasından alınan yol kuleleri ve zemin seviyesindeki CO konsantrasyonları kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar Gauss modelinin, yol kenarında araç emisyonlarının düşey dağılımını yeterince açıklayabildiğini göstermiştir (Benson P.E.,1982).

ISC-ST modeli, rüzgar hızının 1m/s den düşük olduğu durgun hava şartlarında, hesaplama yapamamaktadır. Bu durumlarda model, rüzgar hızını 1m/s kabul ederek tahmin etmiştir. Rüzgar hızına göre modifiye edilmiş model, ölçüm sonuçları ile kıyaslanmıştır. Model sonuçlarının faktör 2 içinde olduğu görülmüştür (Hao J. et al, 2000).

Dispersiyon modellerinin değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılan istatistiksel parametreler fraksiyonel yanlılık (FB), normalize ortalama hata karesi (NMSE), pearson korelasyon katsayısı(R), fraksiyonel varyans (FS), Factor 2 dir (Hanna S.R., 1988). Bunlara ilişkin eşitlikler aşağıdaki gibidir:

1.Fraksiyonel Yanlılık (FB): Yanlılık gözlem ve tahmin değerleri arasındaki hesap farkının ortalama hata olarak ifadesidir. Fraksiyonel yanlılık ise, normalleştirilmiş yanlılıktır.

$$FB = 2 \left(\frac{\overline{C_o} - \overline{C_p}}{\overline{C_o} + \overline{C_p}} \right) \quad (5.6)$$

Burada Co=gözlenen (ölçülen) konsantrasyon

Cp=tahmin edilen konsantrasyon

$-2 \leq FB \leq 2$ arasında değişmektedir. FB=0 durumunda model tahminleri ile gözlem değerleri arasında mükemmel bir uyum vardır . $-0.5 \leq FB \leq 0.5$ aralığında ise model tahminleri kabul edilebilir.

2.Normalize Ortalama Kareler Hatası (NMSE): Verilerin dağılımını göstermektedir. Küçük NMSE değerleri daha iyi model performansını göstermektedir.

$$NMSE = \left(\frac{(C_o - C_p)^2}{C_p \cdot C_o} \right) \quad (5.7)$$

$0 \leq NMSE \leq \infty$ arasında değişmektedir. $NMSE=0$ ideal durumu yani mükemmel uyumu göstermektedir. $NMSE \leq 0.5$ durumunda model tahminleri kabul edilebilir.

3.Faktör 2(FAC2): Faktör 2 içinde verilerin fraksiyonu olarak ifade edilir. Verilerin fraksiyonu $0.5 \leq \left(\frac{C_p}{C_o} \right) \leq 1$ arasında, FAC ise $0 \leq FAC2 \leq 1$ arasındadır. $FAC=1$, tüm verilerin 0.5-1 fraksiyon aralığına düştüğü, $FAC=0$ verilerin hiçbirinin bu aralığa düşmediği anlamına gelir. $FAC2 \geq 0.8$ olduğunda model kabul edilebilir.

4.Pearson Korelasyon Katsayısı: Tahmin değerleri ile gözlem değerleri arasındaki korelasyonu gösterir.

$$R = \frac{(C_o - \bar{C}_o)(C_p - \bar{C}_p)}{\sigma_{C_o} \sigma_{C_p}} \quad (5.8)$$

$-1 \leq R \leq 1$ arasında değişmektedir. $R=0$ ise tahmin-gözlem verileri arasında korelasyon olmadığı durumdur.

ISC dispersiyon modeli, Minnesota Demir-Çelik fabrikasının hava kalitesine etkilerini tahmin etmek için uygulanmıştır. Altı partikül izleme istasyonu, modeli kalibre etmek için kullanılmıştır. Model sonuçları ile ölçüm sonuçları arasında %1 önem seviyesinde hesaplanan korelasyon katsayısı $r=0.97$ olarak bulunmuştur (Heron T.M et al, 1984).

ISC ve EPA Screen modelleri için, performans kriterleri fraksiyonel yanlılık (FB)=0.98,

korelasyon katsayısının karesi (R^2), tahmin ve ölçüm değerleri arasındaki farkın ortalama hata karesi (NMSE)=1.27 ve Factor 2 (Fa2)=0.04 olarak bulunmuştur. Bu sınamalara göre modeller iyi derecede tahmin sonuçları vermiştir (Mehdizadeh F., 2004).

Model değerlendirilmesinde dikkate alınan istatistiksel parametrelerden uyum indeksi (IA), 0-1 arasında değer almaktadır. IA=1 mükemmel uyumu göstermektedir (Karppinen A. et al, 2000).

Gauss huzme modeli ve kutu model yaklaşımının birleştirilmesine dayanan OSPM modeli cadde kanyonlarda trafik kirliliği için geliştirilmiştir. Modelin geçerliliği IA, FB, R^2 istatistiksel parametreleri dikkate alınarak belirlenmiştir. IA=0.9, FB=0.01, R^2 =0.7 olarak hesaplanmıştır. Gözlenen değerler ile model tahmin değerleri arasında iyi bir uyum belirlenmiştir (Kukkonen J. et al (a), 2003).

ISCT3 modeli kullanılarak, şehiriçi ulaşımdan kaynaklanan PM_{10} , NO_x emisyonları tahmin edildi. NO_x ölçüm verileri için, ortalama yanlılık, normalize edilmiş ortalama hata karesi, korelasyon katsayısı, maksimum konsantrasyon değerlerinin ortalaması teknikleri kullanılarak, modelin uygulanabilirliği ortaya konmuştur (Qin Y., 2003).

Safe-Air(P6) modeli normalize edilmiş yanlılık(NB), R^2 ye göre değerlendirilmiştir. NB nin mükemmel bir model için sıfır olması istenmektedir (Canepa E, 2003).

ISC-ST, ISC-LT ve SCREEN modelleri, kentsel alanda civa taşınımının simülasyonu için kullanılmıştır. Bu çalışmada model performansı FB, NMSE göre değerlendirilmiştir. En iyi sonucun ISC-ST ait olduğu görülmüştür (Patel V.C and Kumar A., 1998).

ISCST3 ve ISCLT3 modelleri, uzun süreli SO_2 konsantrasyon tahminleri için kullanılmıştır. Model sonuçları, gözlem sonuçları ile karşılaştırılarak, ISCST3 için FB- NMSE değerleri 0.26-0.12, ISCLT3 için FB-NMSE değerleri 0.55-0.44 olarak belirlenmiştir. Her iki model içinde tahmin değerleri, gözlem değerlerinden düşük çıkmış ancak ISCLT3 model sonuçlarının ölçüm değerlerine daha yakın değerler verdiği görülmüştür (Kumar A et al, 1999).

Neural network(NN) modeli, lineer istatistiksel model ve deterministik modellerle, kentsel skalada, NO_2 konsantrasyon tahminleri için karşılaştırılmıştır. NN model sonuçları diğer model sonuçlarına göre daha iyi bulunmuş, uyum indeksi IA=0.86 olarak belirlenmiştir (Kukkonen J. vd(b), 2003).

CALMET/CALPUFF modeli endüstri ve ısınma kaynaklı SO₂ in dispersiyonunu tahmin etmek için kullanılmış, model performansı IA=0.51, RMSE=0.36 olarak belirlenmiştir (Elbir T., 2003).

5.5.1 ATDL Modelinin Değerlendirilmesi

ATDL kompleks modelinin değerlendirilmesi FB, NMSE, R² parametrelerine göre yapıldı. Günlük model tahmin değerleri (Cp), ölçüm sonuçları (Co), Cp/Co, (Cp-Co), relatif hata ve ilgili güne ait stabilite ve rüzgar hızı değerleri Çizelge 5.17 de verilmiştir.

Çizelge 5. 17 Kasım ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata ve günlük stabilite , rüzgar hızı değerleri

GÜN	Cp (model tahmini) µg/m ³	Co (ölçüm değeri) µg/m ³	Stabilite	Rüzgar Hızı m/sn	Cp/Co	Cp-Co	Relatif hata= (Cp-Co)/Cp
16.Kas	171	218	D	3,1	0,8	-47	-0,27
17.Kas	137	215	D	3,6	0,6	-78	-0,57
18.Kas	97	234	D	5,4	0,4	-137	-1,41
19.Kas	771	143	E	2,2	5,4	628	0,81
20.Kas	100	138	D	5	0,7	-38	-0,38
21.Kas	208	124	D	2,6	1,7	84	0,4
22.Kas	414	175	E	2,6	2,4	239	0,58
23.Kas	3845	295	D	0,1	13	3550	0,92
24.Kas	552	166	C	0,3	3,3	386	0,7
25.Kas	135	131	D	3,5	1	4	0,03
26.Kas	252	98	D	2,7	2,6	154	0,61
27.Kas	710	171	D	0,7	4,2	539	0,76
28.Kas	643	246	D	0,7	2,6	397	0,62
29.Kas	242	263	D	1,9	0,9	-21	-0,09
30.Kas	211	244	D	2,1	0,9	-33	-0,16

Çizelge 5. 18 Aralık ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata ve günlük stabilite ,
rüzgar hızı değeri

GÜN	Cp(model tahmini) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Co(ölçüm değeri) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Stabilite	Rüzgar Hızı m/sn	Cp/Co	Cp-Co	Relatif hata= $(\text{Cp}-\text{Co})/\text{Cp}$
01.Ara	96	133	D	5,8	0,7	-37	-0,39
02.Ara	68	109	D	7,1	0,6	-41	-0,6
03.Ara	74	78	D	6,5	0,9	-4	-0,05
04.Ara	112	81	D	4,3	1,4	31	0,28
05.Ara	1510	136	D	0,3	11,1	1374	0,91
06.Ara	1193	169	D	0,4	7,1	1024	0,86
07.Ara	265	141	D	1,8	1,9	124	0,47
08.Ara	120	128	D	3,9	0,9	-8	-0,07
09.Ara	595	109	D	0,8	5,5	486	0,82
10.Ara	688	130	D	0,8	5,3	558	0,81
12.Ara	151	162	D	3,2	0,9	-11	-0,07
13.Ara	116	133	D	4,2	0,9	-17	-0,15
14.Ara	218	135	D	2,2	1,6	83	0,38
15.Ara	120	120	D	4,1	1	0	0
16.Ara	4937	117	E	0,3	42,2	4820	0,98
17.Ara	146	115	D	3,5	1,3	31	0,21
18.Ara	85	122	D	6,2	0,7	-37	-0,44
19.Ara	79	93	D	6,3	0,8	-14	-0,18
20.Ara	132	123	E	3,7	1,1	9	0,07
21.Ara	1174	324	D	0,4	3,6	850	0,72
22.Ara	13627	376	E	0,3	36,2	13251	0,97
23.Ara	314	247	D	2	1,3	67	0,21
24.Ara	211	129	D	2,4	1,6	82	0,39
25.Ara	136	136	D	3,4	1	0	0
26.Ara	99	125	D	5	0,8	-26	-0,26
27.Ara	654	146	D	0,7	4,5	508	0,78
28.Ara	170	100	D	2,9	1,7	70	0,41
29.Ara	146	98	D	3,4	1,5	48	0,33
30.Ara	82	129	C	2,1	0,6	-47	-0,57
31.Ara	952	211	D	0,5	4,5	741	0,78

Çizelge 5. 19 Ocak ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata ve günlük stabilite , rüzgar hızı değeri

GÜN	Cp(model tahmini) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Co(ölçüm değeri) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Stabilite	Rüzgar Hızı m/sn	Cp/Co	Cp-Co	Relatif hata= (Cp-Co)/Cp
01.Oca	1572	130	E	0,9	12,1	1442	0,92
02.Oca	140	66	D	3,7	2,1	74	0,53
03.Oca	98	115	D	5,7	0,9	-17	-0,17
04.Oca	180	139	D	3	1,3	41	0,23
05.Oca	203	107	D	2,8	1,9	96	0,47
06.Oca	101	103	D	4,7	1	-2	-0,02
07.Oca	172	107	D	2,8	1,6	65	0,38
08.Oca	221	97	D	2,5	2,3	124	0,56
09.Oca	143	136	D	3,4	1,1	7	0,05
10.Oca	2232	193	E	0,5	11,6	2039	0,91
11.Oca	1351	289	D	0,4	4,7	1062	0,79
12.Oca	1002	294	D	0,5	3,4	708	0,71
13.Oca	567	370	D	0,9	1,5	197	0,35
16.Oca	2313	353	D	0,2	6,6	1960	0,85
17.Oca	13031	319	E	0,1	40,8	12712	0,98
18.Oca	1565	378	D	0,3	4,1	1187	0,76
19.Oca	1201	432	D	0,4	2,8	769	0,64
20.Oca	2328	417	E	0,6	5,6	1911	0,82
21.Oca	14614	300	E	0,1	48,7	14314	0,98
22.Oca	980	251	D	0,5	3,9	729	0,74
23.Oca	1781	308	D	0,3	5,8	1473	0,83
25.Oca	1206	434	D	0,5	2,8	772	0,64
26.Oca	467	337	D	1	1,4	130	0,28
27.Oca	996	402	D	0,5	2,5	594	0,6
28.Oca	18202	353	E	0,1	51,6	17849	0,98
29.Oca	5553	263	D	0,1	21,1	5290	0,95
30.Oca	138	145	D	3,6	1	-7	-0,05
31.Oca	51	111	D	9,7	0,5	-60	-1,18

Çizelge 5. 20 Şubat ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata

ve günlük stabilite , rüzgar hızı değeri

GÜN	Cp(model tahmini) µg/m ³	Co(ölçüm değeri) µg/m ³	Stabilite	Rüzgar Hızı m/sn	Cp/Co	Cp-Co	Relatif hata= (Cp-Co)/Cp
01.Şub	56	158	C	3,2	0,4	-102	-1,82
02.Şub	220	157	D	2,1	1,4	63	0,29
03.Şub	264	187	D	1,9	1,4	77	0,29
05.Şub	2408	359	D	0,2	6,7	2049	0,85
06.Şub	1461	301	E	1	4,9	1160	0,79
07.Şub	742	315	D	0,8	2,4	427	0,58
08.Şub	817	281	D	0,6	2,9	536	0,66
09.Şub	740	261	D	0,7	2,8	479	0,65
10.Şub	889	155	E	1,6	5,7	734	0,83
11.Şub	68	159	D	7,1	0,4	-91	-1,34
12.Şub	764	146	D	0,6	5,2	618	0,81
13.Şub	136	140	D	3,6	1	-4	-0,03
14.Şub	92	140	D	5,4	0,7	-48	-0,52
15.Şub	65	111	D	7,6	0,6	-46	-0,71
16.Şub	131	188	D	3,8	0,7	-57	-0,44
17.Şub	902	198	D	0,6	4,6	704	0,78
18.Şub	480	230	D	1	2,1	250	0,52
19.Şub	572	230	D	0,9	2,5	342	0,6
20.Şub	508	229	D	1	2,2	279	0,55
21.Şub	678	231	D	0,7	2,9	447	0,66
22.Şub	1459	182	D	0,4	8	1277	0,88
23.Şub	1508	182	D	0,4	8,3	1326	0,88
24.Şub	159	166	D	4,4	1	-7	-0,04
25.Şub	198	82	D	2,4	2,4	116	0,59
26.Şub	94	108	D	5,2	0,9	-14	-0,15
27.Şub	414	120	D	1,2	3,5	294	0,71

Çizelge 5. 21 Mart ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata ve
günlük stabilite , rüzgar hızı değeri

GÜN	Cp(model tahmini) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Co(ölçüm değeri) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Stabilite	Rüzgar Hızı m/sn	Cp/Co	Cp-Co	Relatif hata= (Cp-Co)/Cp
01.Mar	3115	134	E	0,5	23,2	2981	0,96
02.Mar	1588	256	D	0,3	6,2	1332	0,84
03.Mar	2348	258	D	0,2	9,1	2090	0,89
04.Mar	1246	96	D	0,4	13	1150	0,92
05.Mar	88	96	D	5,6	0,9	-8	-0,09
06.Mar	411	121	D	1,3	3,4	290	0,71
07.Mar	1236	177	E	0,4	7	1059	0,86
08.Mar	1648	174	D	0,3	9,5	1474	0,89
09.Mar	76	127	D	6,5	0,6	-51	-0,67
10.Mar	835	158	D	0,6	5,3	677	0,81
11.Mar	465	168	D	1	2,8	297	0,64
12.Mar	198	140	D	2,4	1,4	58	0,29
13.Mar	106	124	D	4,6	0,9	-18	-0,17
14.Mar	370	74	D	1,3	5	296	0,8
15.Mar	260	95	D	1,9	2,7	165	0,63
16.Mar	501	125	D	1	4	376	0,75
17.Mar	296	92	E	4,6	3,2	204	0,69
18.Mar	60	91	D	8	0,7	-31	-0,52
19.Mar	243	91	D	2	2,7	152	0,63
20.Mar	101	108	D	4,8	0,9	-7	-0,07
21.Mar	135	100	D	3,6	1,4	35	0,26
22.Mar	132	79	D	3,6	1,7	53	0,4
23.Mar	138	78	D	4,3	1,8	60	0,43
24.Mar	139	61	D	3,9	2,3	78	0,56
25.Mar	173	58	D	2	3	115	0,66
26.Mar	115	71	D	4,5	1,6	44	0,38
27.Mar	166	85	D	3,5	2	81	0,49
28.Mar	131	97	D	3,9	1,4	34	0,26
29.Mar	167	136	D	2,9	1,2	31	0,19
30.Mar	704	190	E	2	3,7	514	0,73
31.Mar	232	151	D	2,2	1,5	81	0,35

Çizelge 5. 22 Nisan ayı için günlük Cp, Co, Cp/Co, Cp-Co, relatif hata hesapları

ve günlük stabilite , rüzgar hızı değeri

GÜN	Cp(model tahmini) µg/m ³	Co(ölçüm değeri) µg/m ³	Stabilite	Rüzgar Hızı m/sn	Cp/Co	Cp-Co	Relatif hata= (Cp-Co)/Cp
01.Nis	86	123	D	5,6	0,7	-37	-0,43
02.Nis	75	96	D	6,4	0,8	-21	-0,28
03.Nis	292	99	D	1,7	2,9	193	0,66
04.Nis	161	97	D	3,3	1,7	64	0,4
05.Nis	113	91	D	4,3	1,2	22	0,19
06.Nis	97	87	D	5,3	1,1	10	0,1
07.Nis	115	93	D	4,3	1,2	22	0,19
08.Nis	322	112	D	1,6	2,9	210	0,65
09.Nis	118	107	D	4,6	1,1	11	0,09
10.Nis	145	122	D	3,3	1,2	23	0,16
11.Nis	473	130	D	1	3,6	343	0,73
12 Nis	81	114	C	2,1	0,7	-33	-41
13 Nis	226	117	D	2,2	1,9	109	0,48
14 Nis	106	109	D	4,7	1	-3	-0,03

Çizelge 5.14-5.19 da gösterildiği üzere, toplam 144 güne ilişkin veri bulunmaktadır. Model günlük ortalama rüzgar hızı sıfır olan günler için hesap yapamamaktadır. Bu günler 11 Aralık, 14,15 Ocak, 4, 28 Şubat dır. Bunu önlemek için rüzgar hızı değeri 0.1 m/s olarak alınmıştır. 144gün için gözlem- model tahmin verisi kullanılarak ortalama model tahmini $\overline{C_p} = 945 \mu\text{g/m}^3$, ortalama ölçüm değeri $\overline{C_o} = 168$ olarak hesaplanmıştır. Bu veri seti için FB=1.34, NMSE=36.4 $R^2=0.16$ bulunmuştur. Verilerin %50 si, $0.5 \leq \text{Cp/Co} \leq 2$ aralığına düşmektedir. Cp/Co oranının üst limiti, ölçüm değerlerinin AF22M analizör sonuçlarına göre daha düşük çıkması dolayısıyla, 2 olarak dikkate alınmıştır.

Model tahminleri incelendiğine, düşük rüzgar hızı için, aşırı maksimum değerler vermiştir. Rüzgar hızının minimum olduğu (0-0.5m/s) günlerde (toplam 29 gün) model çoğunlukla anlamlı sonuçlar vermemiştir. Rüzgar hızının aşırı düşük olduğu durağan şartlarda ATDL model tahminlerinin çok yüksek değerler verdiği, bu şartlarda ATDL modelinin kullanımının şüpheli olduğu bulunmuştur (Simpson R.W et al, 1983). Aynı şekilde ISC-ST modelinin de durağan şartlarda (rüzgar hızının 1m/s altında), hesaplama yapamadığı bildirilmiştir (Hao J. et al, 2000).

Bu durumda her iki modelde, hesap yapabildiği rüzgar hızı aralığı belirlenerek çalıştırılmıştır.

Rüzgar hızının 0.5m/s' den düşük olduğu günler için günlük ortalama model değeri (Cp), ölçüm değeri ilişkin (Co), Cp/Co, %relatif hata (Cp-Co/Cp) ve meteorolojik parametreler Çizelge 5.23 de verilmiştir. Rüzgar hızının minimum olduğu günler (toplam 29 gün) için model/ölçüm oranı değerlerinin hiçbiri $0.5 \leq Cp/Co \leq 2$ aralığına düşmemektedir.

Çizelge 5. 23 Minimum rüzgar hızına sahip günler için Cp, Co, Cp/Co, relatif hata ve meteorolojik parametre değerleri

GÜN	Cp(model tahmini) µg/m ³	Co(ölçüm değeri) µg/m ³	Stabilite	Rüzgar hızı m/sn	Cp/Co	Relatif hata= (Cp-Co)/Cp
23.Kas	3845	295	D	0,1	13	0,92
24.Kas	552	166	C	0,3	3,3	0,7
05.Ara	1510	136	D	0,3	11,1	0,91
06.Ara	1193	169	D	0,4	7,1	0,86
16.Ara	4937	117	E	0,3	42,2	0,98
31.Ara	952	211	D	0,5	4,5	0,78
10.Oca	2232	193	E	0,5	11,6	0,91
11.Oca	1351	289	D	0,4	4,7	0,79
12.Oca	1002	294	D	0,5	3,4	0,71
16.Oca	2313	353	D	0,2	6,6	0,85
17.Oca	13031	319	E	0,1	40,8	0,98
18.Oca	1565	378	D	0,3	4,1	0,76
19.Oca	1201	432	D	0,4	2,8	0,64
21.Oca	14614	300	E	0,1	48,7	0,98
22.Oca	980	251	D	0,5	3,9	0,74
23.Oca	1781	308	D	0,3	5,8	0,83
25.Oca	1206	434	D	0,5	2,8	0,64
27.Oca	996	402	D	0,5	2,5	0,6
28.Oca	18202	353	E	0,1	51,6	0,98
29.Oca	5553	263	D	0,1	21,1	0,95
05.Şub	2408	359	D	0,2	6,7	0,85
22.Şub	1459	182	D	0,4	8	0,88
23.Şub	1508	182	D	0,4	8,3	0,88
01.Mar	3115	134	E	0,5	23,2	0,96
02.Mar	1588	256	D	0,3	6,2	0,84
03.Mar	2348	258	D	0,2	9,1	0,89
04.Mar	1246	96	D	0,4	13	0,92
07.Mar	1236	177	E	0,4	7	0,86
08.Mar	1648	174	D	0,3	9,5	0,89

Çizelge incelendiğinde, model D stabilitede en yüksek tahmin değerini 29 Ocak günü için $5553 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, E stabilitede 28 Ocak günü için $18202 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de olarak hesaplamıştır. Bu günlere ilişkin Cp/Co oranı sırasıyla 21.1 ve 51.6 olarak görülmektedir. Cp/Co oranı 2.5-51.6 arasında değişmektedir. Toplam 29 veriden hiçbirisi $0.5 \leq \text{Cp}/\text{Co} \leq 2$ aralığında sonuç vermiştir. Bu veriler modelin maksimum konsantrasyon hesabı için kullanılmıştır. Rüzgar hızı 0.5m/s nin altında olan 29 gün için ortalama maksimum konsantrasyon tahmini $\overline{C_p} = 3296 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dür. Bu günlere ait gözlem ortalaması ise $\overline{C_o} = 258 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dür.

Maksimum çıkan 29 veri çıkartılarak, kalan 115 veri için FB, NMSE, R^2 sınaması yapıldı. 115 gün için ortalama tahmin $\overline{C_p} = 340 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\overline{C_o} = 144 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. $\text{FB}=0,71$, $\text{NMSE}=2,48$, $R^2=0.36$ olarak hesaplanmıştır. Tüm verilerin bulunduğu ilk setin ortalama model sonucu $945 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olup ikinci sette bu değer %68 düşerek $340 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. 115 veri için Cp/Co aralığı 2.5 – 51.6 arasında değişmektedir. Verilerin %63 ü $0.5 \leq \text{Cp}/\text{Co} \leq 2$ aralığına düşmüştür. Yeni set için FB ve NMSE kriterlerinde iyileşme görülmüştür.

Çizelge 5.14-5.19 incelendiğinde, kararlı stabiliteye sahip, rüzgar hızı 1m/s den düşük sakin şartlardaki günler için model sonuçları yine yüksek değerler vermiştir. II. veri setinden, rüzgar hızı 1m/s den düşük ve E stabilite şartlarındaki veriler çıkarılarak, III.veri seti oluşturuldu. Bu set için ortalama model sonucu $\overline{C_p} = 305 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ortalama ölçüm $\overline{C_o} = 148 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dür. $\text{FB}=0.72$, $\text{NMSE}=3.5$, $R^2=0.36$ olarak bulunmuştur. Toplam 112 verinin %66 sı $0.5 \leq \text{Cp}/\text{Co} \leq 2$ aralığına düşmektedir. III. Set için Cp/Co aralığı 0.5-11.6 arasında değişmektedir. İkinci sete göre, FB, NMSE, R^2 değerlerinde iyileşme görülmüştür.

III. veri setinden , D stabilitede 1m/s den düşük rüzgar hızına sahip, $0.5 \leq \text{Cp}/\text{Co} \leq 2$ aralığına düşmeyen günler çıkartılarak IV. veri seti oluşturuldu. 101 gün verisi kullanılarak ortalama model tahmini $\overline{C_p} = 139 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ortalama ölçüm $\overline{C_o} = 164 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlendi. $\text{FB}=0.62$, $\text{NMSE}=2.65$, $R^2=0.22$ olarak belirlendi. Önceki sete göre FB ve NMSE değerlerinde iyileşme, R^2 değerinde kötüleşme olmuştur.

V. veri seti, rüzgar hızı ve stabilite değeri dikkate alınmaksızın, sadece $0.5 \leq \text{Cp}/\text{Co} \leq 2$ aralığına düşen günlerin verisi kullanılarak oluşturuldu. Toplam 144 verinin %50 sini oluşturan bu veri grubu için, ortalama model tahmini $\overline{C_p} = 148 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ortalama ölçüm $\overline{C_o} = 133 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{FB}=0.11$,

NMSE= 0.16, $R^2= 0.72$ olarak bulunmuştur. ATDL kompleks model hesapları için, bu çalışmada, ideal durum setidir.

Çizelge 5. 24 Rüzgar hızı minimum olan günler için Cp, Co, Cp/Co,
relatif hata değerleri

GÜN	Cp(model tahmini) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Co(ölçüm değeri) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Stabilite	Rüzgar hızı m/sn	Cp/Co	Relatif hata= (Cp-Co)/Cp
23.Kas	3845	295	D	0,1	13	0,92
05.Ara	1510	136	D	0,3	11,1	0,91
06.Ara	1193	169	D	0,4	7,1	0,86
31.Ara	952	211	D	0,5	4,5	0,78
11.Oca	1351	289	D	0,4	4,7	0,79
12.Oca	1002	294	D	0,5	3,4	0,71
16.Oca	2313	353	D	0,2	6,6	0,85
18.Oca	1565	378	D	0,3	4,1	0,76
19.Oca	1201	432	D	0,4	2,8	0,64
22.Oca	980	251	D	0,5	3,9	0,74
23.Oca	1781	308	D	0,3	5,8	0,83
25.Oca	1206	434	D	0,5	2,8	0,64
27.Oca	996	402	D	0,5	2,5	0,6
29.Oca	5553	263	D	0,1	21,1	0,95
05.Şub	2408	359	D	0,2	6,7	0,85
22.Şub	1459	182	D	0,4	8	0,88
23.Şub	1508	182	D	0,4	8,3	0,88
02.Mar	1588	256	D	0,3	6,2	0,84
03.Mar	2348	258	D	0,2	9,1	0,89
04.Mar	1246	96	D	0,4	13	0,92
08.Mar	1648	174	D	0,3	9,5	0,89
Ortalama	1793	272		0	7	0,82

Çizelge 5.24 incelendiğinde, D atmosferik stabilite ve rüzgar hızının 0-0.5 m/s olduğu günler için model ortalama %82 hata ile hesap yaptığı görülmektedir. Bu sebeple D stabilite ve 0-0.5 m/s rüzgar hızına sahip günlerde, model tahmin sonucu 0.18 katsayısı ile çarpılarak konsantrasyon hesabı yapılacaktır.

Çizelge 5. 25 E stabilite ve minimum rüzgar hızı görülen günler için

Cp, Co, Cp/Co, relatif hata değerleri

GÜN	Cp(model tahmini) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Co(ölçüm değeri) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Stabilite	Rüzgar hızı m/sn	Cp/Co	Relative hata= (Cp-Co)/Cp
16.Ara	4937	117	E	0,3	42,2	0,98
10.Oca	2232	193	E	0,5	11,6	0,91
17.Oca	13031	319	E	0,1	40,8	0,98
21.Oca	14614	300	E	0,1	48,7	0,98
28.Oca	18202	353	E	0,1	51,6	0,98
01.Mar	3115	134	E	0,5	23,2	0,96
07.Mar	1236	177	E	0,4	7	0,86
Ortalama	8195	228		0	32	0,95

Çizelge 5.25 incelendiğinde, E stabilitede ve 0-0.5 m/s rüzgar hızına sahip günler için model ortalama %95 hata ile hesap yapmaktadır. Bu şartlara sahip günler için, tahmin yapılırken, model sonucu 0.05 katsayısı ile çarpılacaktır.

Toplam 144 veriden, 29 tanesinde yukarıda açıklandığı üzere düzeltme yapılması gerekmektedir. 21 veri D stabilite ve rüzgar hızı 0-0.5 m/s, 8 veri E stabilite 0-0.5 m/s rüzgar hızına sahip günlerde alınmıştır. Bunlara ilişkin düzeltme faktörleri sırasıyla 0.18, 0.05dir. İlgili düzeltme faktörleri kullanılarak bulunan yeni tahmin değerleri ve diğer düzeltme yapılmayan verilerden oluşan veri seti için istatistiksel sına yapıldı. Veri seti incelendiğinde düzeltilme yapılmamış veri setinde %50 veri $0.5 \leq \text{Cp}/\text{Co} \leq 2$ aralığına düşerken, düzeltilme yapılmış sette %72 veri $0.5 \leq \text{Cp}/\text{Co} \leq 2$ aralığına düştüğü görülmektedir. %22 lük bir iyileşme sağlanmıştır. Düzeltme yapılmamış set için ortalama model tahmini $\overline{C_p} = 945 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken düzeltilme yapılmış set için $\overline{C_p} = 243 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, ortalama gözlem değeri ise $\overline{C_o} = 172 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Düzeltme yapılmamış set için $\text{FB}=1.34$, $\text{NMSE}=36$, $R^2=0.16$ iken, yeni set için $\text{FB}=0.55$, $\text{NMSE}=1.9$, $R^2=0.73$ olarak hesaplanmıştır. NMSE 0- ∞ arasında değer alabilmektedir. Ancak

NMSE=0 iken , mükemmel model performansı görülmektedir. Düzeltme yapılmamış set için bu değer 36 iken düzeltme yapılmış olan yeni set için 1.3 düşmüştür. FB değeri -2 ile 2 arasında değişmektedir. Kabul edilebilir bir model için bu aralık -0.5 ile 0.5 arasında değişmektedir. Düzeltme yapılan sette bu aralığa çok daha yakın bir değer almıştır. Gözlem değerleri ile model tahminleri arasındaki ilişkinin karesini gösteren R^2 ise, %72 kabul edilebilir veri ayarlamasını göstermektedir.

Model tahmin sonuçları kullanılarak, Eşitlik 4.25 deki A terimi , düzeltme yapılmamış ve düzeltme yapılmış veriler için hesaplanmak istendiğinde Çizelge 5.32 ve 5.33 deki sonuçlara ulaşılır.

$$C = A \frac{Q_{ao}}{u}$$

A parametresi stabilitenin (a ve b parametrelerinin) fonksiyonudur ve değeri kararsız, nötr ve kararlı durumlar için sırasıyla 50, 200, 600 olduğu hesaplanmıştır (Hanna S.R, 1973). A parametresi hesaplanırken, C yerine modelden tahmin edilen günlük konsantrasyon verileri C_p ve düzeltme katsayısı ile çarpılarak bulunan C_{pyeni} , u yerine günlük ortalama rüzgar hızı, Q_{ao} yerine ortalama emisyon kuvveti kullanılmıştır. İki A değeri hesaplanmıştır. A_{yeni} , C_{pyeni} konsantrasyonu kullanılarak bulunmuştur.

Çizelge 5. 26 D stabilite ve düşük rüzgar hızına sahip günlerde

A parametresinin tahmini

Gün	Cp µg/m ³	Co µg/m ³	Stabilite	Ort. Rüzgar m/sn	Cp/Co	Relatif hata	Cpyeni µg/m ³	A	A _{yeni}
23.Kas	3845	295	D	0,1	13	0,92	692	96	17
05.Ara	1510	136	D	0,3	11,1	0,91	272	113	20
06.Ara	1193	169	D	0,4	7,1	0,86	215	119	22
31.Ara	952	211	D	0,5	4,5	0,78	171	119	21
11.Oca	1351	289	D	0,4	4,7	0,79	243	135	24
12.Oca	1002	294	D	0,5	3,4	0,71	180	125	23
16.Oca	2313	353	D	0,2	6,6	0,85	416	116	21
18.Oca	1565	378	D	0,3	4,1	0,76	282	117	21
19.Oca	1201	432	D	0,4	2,8	0,64	216	120	22
22.Oca	980	251	D	0,5	3,9	0,74	176	123	22
23.Oca	1781	308	D	0,3	5,8	0,83	321	134	24
25.Oca	1206	434	D	0,5	2,8	0,64	217	151	27
27.Oca	996	402	D	0,5	2,5	0,6	179	125	22
29.Oca	5553	263	D	0,1	21,1	0,95	1000	139	25
05.Şub	2408	359	D	0,2	6,7	0,85	433	120	22
22.Şub	1459	182	D	0,4	8	0,88	263	146	26
23.Şub	1508	182	D	0,4	8,3	0,88	271	151	27
02.Mar	1588	256	D	0,3	6,2	0,84	286	119	21
03.Mar	2348	258	D	0,2	9,1	0,89	423	117	21
04.Mar	1246	96	D	0,4	13	0,92	224	125	22
08.Mar	1648	174	D	0,3	9,5	0,89	297	124	22
Ortalama	1793	272				0,82	323	125	22

Çizelge 5.26 de A1 parametresi düzeltme yapılmadan ortalama 323 olarak görülmektedir. Düzeltme yapıldıktan sonra ise A değeri 22 ye düşmüştür. Buradan modelin düşük rüzgar hızlı günlerde, ancak kararsız ortam şartları için hesaplama yapabileceğini söyleyebiliriz.

ATDL kompleks versiyon ve basit modelin performans aralığının, İstanbul- Zeytinburnu ilçesi için yapılan çalışmada, ortalama 2.6m/s rüzgar hızı için kararsız ve nötr atmosferik şartlar, olduğunu göstermiştir. A değeri SO₂ için rüzgar hızı 2.6m/s olduğunda C stabilitede 20-50 arasında, D stabilite 150-170 arasında olduğu hesaplanmıştır (Ak N.,1997).

Çizelge 5. 27 E stabilite ve düşük rüzgar hızına sahip günlerde

A parametresinin tahmini

Gün	Cp $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Co $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Stabilite	Ort. Rüzgar m/sn	Cp/Co	Relatif hata	A ₁	Cp ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	A ₂
16.Ara	4937	117	E	0,3	42,2	0,98	370	247	19
10.Oca	2232	193	E	0,5	11,6	0,91	279	112	14
17.Oca	13031	319	E	0,1	40,8	0,98	326	652	16
21.Oca	14614	300	E	0,1	48,7	0,98	365	731	18
28.Oca	18202	353	E	0,1	51,6	0,98	455	910	23
01.Mar	3115	134	E	0,5	23,2	0,96	389	156	20
07.Mar	1236	177	E	0,4	7	0,86	124	62	6
Ortalama	8195	228			32	0,95	330	410	17

Çizelge 5.27 incelendiğinde E stabilite ve düşük rüzgar hızına sahip günler için A değeri ilk set için 330 iken, düzeltilen veri seti için 17 olarak hesaplanmıştır. Model kararlı atmosferik şartlarda hesap yapamamaktadır. Rüzgar hızı düşük olduğunda, ancak kararsız ortam şartları için, uygun tahminler yapılabilmektedir.

5.6 Yakıt Kullanım İndeksi Kullanılarak Günlük Model Tahminlerinin Hesaplanması

Yakıt kullanım indeksi (YKİ2) kullanılarak, hesaplanan emisyon şiddetinin ATDL modelde, giriş verisi olarak kullanılabilirliği test edilmiştir. 23 kasım- 26 mart arasında 10 gün için grid (kare) bazında emisyon şiddetleri Çizelge 5.28 de verilmiştir. Bu amaçla Çizelge 3.20 de gösterilen günler için yer seviyesi konsantrasyonları ATDL model kullanılarak hesaplanmıştır. Yakıt kullanım indeksi kullanılarak ve kullanılmadan hesaplanan emisyon kuvvetleri kullanılarak, her iki grup emisyon şiddeti için model tahminleri ve ölçüm değerleri Çizelge 5.29 da gösterilmiştir. Bu günlerden 10ocak- 1 mart E stabilite de, 18 ocak- 5şubat D stabilite de düşük rüzgar hızına sahip günler için çıkartılan düzeltme katsayıları ile çarpılarak hesaplanmıştır. Çizelge 5.28 incelendiğinde yakıt faktörü kullanmadan hesaplanan emisyon

kuvvetleri ile model sonuçları birbirine oldukça yakın değerler vermiştir. Ancak her günün meteorolojik şartlarına göre, yakıt tüketimini belirleyen, yakıt kullanım indeksinin kullanılması ile elde edilen emisyon kuvvetleri ve buna bağlı olarak model tahminleri 6 gün için ölçüm değerlerine daha yakın sonuçlar vermiştir. Yakıt kullanım indeksinin kullanımı, bu on gün üzerinden değerlendirildiğinde oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Bu sonuç , yakıt kullanım indeksinin kullanımına imkan vermektedir. Böylece, herhangi bir zamanda, rüzgar hızı ve sıcaklık değeri bilindiğinde, ısınmaya bağlı olarak tüketilecek yakıt miktarı günlük olarak ifade edilebilecek ve buna bağlı olarak modellere giriş verisi olarak hazırlanan emisyon kuvvetlerini daha doğru hesaplamamıza olanak sağlayacaktır.



Çizelge 5. 28. YKİ2 ile hesaplanan ve indeks kullanmadan hesaplanan emisyon şiddetlerinin($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{sn}$) grid bazında gösterimi

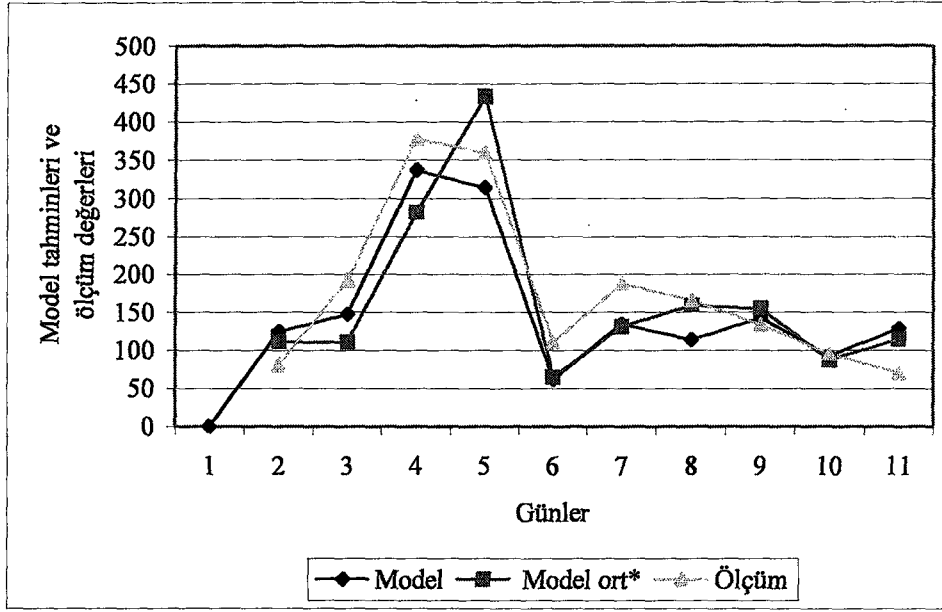
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
Emisyon kuv.*	0	0,3	2,5	0	1,1	3,3	4,2	5,4	3,3	3,6	9,4	3,5	9,5	5,4	0,9
04.Ara	0	0,3	2,5	0	1,1	3,3	4,2	5,4	3,3	3,6	9,4	3,5	9,5	5,4	0,9
10.Oca	0	0,5	4,1	0	1,8	5,4	6,8	8,8	5,4	6	15,4	5,9	15,6	8,8	1,5
18.Oca	0	0,4	3,5	0	1,6	4,6	6	7,7	4,6	5,1	13,3	5	13,4	7,7	1,2
05.Şub	0	0,4	2,9	0	1,2	3,8	4,9	6,2	3,8	4,1	10,9	4	11	6,2	1,1
15.Şub	0	0,3	2,5	0	1,1	3,3	4,2	5,4	3,3	3,6	9,4	3,5	9,5	5,4	0,9
16.Şub	0	0,4	3,8	0	1,7	4,9	6,2	8	4,9	5,4	14	5,3	14,2	8	1,3
24.Şub	0	0,4	3,4	0	1,4	4,4	5,7	7,3	4,4	4,9	12,8	4,8	12,9	7,3	1,2
01.Mar	0	0,4	3,1	0	1,3	4	5,1	6,6	4	4,4	11,5	4,3	11,6	6,6	1,1
05.Mar	0	0,3	2,7	0	1,2	3,5	4,5	5,7	3,5	3,8	10	3,7	10,1	5,7	1
26.Mar	0	0,3	2,8	0	1,2	3,7	4,7	6	3,7	4	10,4	3,9	10,5	6	1

Emisyon kuv.*; yakıt kullanım indeksi kullanılmadan hesaplanan emisyon şiddetlerini göstermektedir

Çizelge 5. 29 Grid bazında YKİ2 kullanılarak bulunan emisyon kuvvetlerine göre hesaplanan model tahminleri($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ortalaması, indeks kullanılmadan bulunan emisyon kuvvetlerine göre hesaplanan model tahminleri ortalaması($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve ölçüm değerleri

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Model ort.	Model ort.*	Ölçüm
04.Ara	12	30	72	25	61	95	186	184	95	200	299	100	326	163	26	125	112	81
10.Oca	-	12	113	-	60	159	158	222	195	137	402	159	360	205	34	148	111	193
18.Oca	28	58	226	69	131	299	471	518	299	376	852	319	850	485	80	337	282	378
05.Şub	48	100	289	70	198	379	62	129	379	91	261	488	815	909	488	314	433	359
15.Şub	-	4	36	-	15	60	58	93	78	49	145	112	131	115	37	62	65	111
16.Şub	-	8	83	-	35	115	137	203	160	117	327	191	306	239	102	135	131	188
24.Şub	2	22	70	15	50	93	161	170	93	166	282	98	307	156	25	114	159	166
01.Mar	-	12	96	2	52	124	170	220	124	171	372	134	413	221	34	143	155	134
05.Mar	4	11	55	7	31	85	105	138	102	100	221	138	213	156	40	94	88	96
26.Mar	20	35	90	30	74	117	148	205	124	146	291	140	290	185	40	129	115	71
Ortalama	11	29	113	22	71	153	166	208	165	155	345	188	401	283	91	160	165	178

Model*.;yakıt kullanım indeksi kullanılmadan önceki emisyon şiddetleri kullanılarak model tahminlerinin ortalamasını göstermektedir.



Şekil 5. 15 YKİ2 kullanılarak bulunan emisyon kuvvetlerine göre hesaplanan model tahminleri($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ortalaması, faktör kullanılmadan bulunan emisyon kuvvetlerine göre hesaplanan model tahminleri ortalaması($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve ölçüm değerleri ortalaması($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Şekil 5.15 de model ortalamaları YKİ2 kullanılarak bulunan emisyon kuvvetleri ile $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$, YKİ2 kullanılmadan $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve ölçüm değerleri ortalaması $178 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dür. 18 ocak, 5 şubat ve 15 şubat ortalamalara göre en çok sapma gösteren günlerdir. 18 ocak ve 5 şubat rüzgar hızının 0.5 m/sn nin altında olduğu, nötr atmosferik stabiliteye sahip günlerdir. Durağan şartların olması mevcut kirlilik konsantrasyonunun yüksek hesaplanmasına neden olmuştur. Ancak ilgili günler için ölçüm değerleri ortalaması da ortalamalardan oldukça yüksektir. Bu durum, modelin o günlere ait doğru hesaplamalar yaptığını göstermektedir. Fakat atmosferik şartlara bağlı olarak bir kirlilik konsantrasyon değerlerinde bir yükselme mevcuttur. 15 şubat günü dikkate alındığında, ortalamalardan yine sapmalar görülmektedir. Bu güne ait rüzgar hızı 7.6 m/sn olarak izlenmiştir. Rüzgar hızının bu kadar yüksek olması kirlilik konsantrasyonu değerlerini düşük çıkarmıştır. Ortalama ölçüm değeride ($112 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ortalamanın ($178 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oldukça altındadır.

Günlere göre ölçüm gridlerindeki model tahminleri Çizelge 5.30 verilmiştir. Günlere göre 7-14-21 rasatlarından alınan rüzgar yönü ve hızı değerleri Çizelge 5.31 de verilmiştir.

Çizelge 5.30 Ölçüm Gridlerinde (C1-C2-D1-D2-D3-E1) YKİ2 kullanılarak bulunan emisyon kuvvetlerine göre hesaplanan model tahminleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve ölçüm değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ölçüm Gridleri	C1 GRIDİ			C2 GRIDİ			D1 GRIDİ			D2 GRIDİ			D3 GRIDİ			E1 GRIDİ		
Model ve Ölçüm Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cp	Co	Cp/Co	Cp	Co	Cp/Co	Cp	Co	Cp/Co	Cp	Co	Cp/Co	Cp	Co	Cp/Co	Cp	Co	Cp/Co
04.Ara	186	92	2	184	76	2,4	200	39	5,1	299	123	2,4	100	68	1,5	326	89	3,7
10.Oca	158	236	0,7	222	211	1,1	137	101	1,4	402	288	1,4	159	154	1	360	170	2,1
18.Oca	471	580	0,8	518	386	1,3	376	165	2,3	852	558	1,5	319	202	1,6	850	378	2,2
05.Şub	62	495	0,1	129	313	0,4	91	154	0,6	261	508	0,5	488	305	1,6	815	381	2,1
15.Şub	58	140	0,4	93	122	0,8	49	27	1,8	145	133	1,1	112	73	1,5	131	170	0,8
16.Şub	137	294	0,5	203	198	1	117	59	2	327	264	1,2	191	121	1,6	306	191	1,6
24.Şub	161	300	0,5	170	168	1	166	76	2,2	282	242	1,2	98	73	1,3	307	134	2,3
01.Mar	170	124	1,4	220	134	1,6	171	68	2,5	372	218	1,7	134	127	1,1	413		
05.Mar	105	93	1,1	138	86	1,6	100	45	2,2	221	146	1,5	138	126	1,1	213	82	2,6
26.Mar	148	100	1,5	205	78	2,6	146	28	5,2	291	106	2,7	140	45	3,1	290	68	4,3

Çizelge 5. 1 Günlük rüzgar hızı ve rüzgar yönü değerleri

Günler	Rüzgar Yönü			Rüzgar hızı (m/sn)		
	07 rasatı	14 rasatı	21 rasatı	07 rasatı	14 rasatı	21 rasatı
04.Ara	E	ENE	ESE	7.5	4.8	0.5
10.Oca	SW	-	-	1.5	-	-
18.Oca	-	-	SE	-	-	0.5
05.Şub	-	ESE	E	-	0.3	0.2
15.Şub	WSW	WSW	WSW	7	7.3	8.5
16.Şub	W	W	-	7.2	4.3	-
24.Şub	-	ENE	ENE	-	7	6.2
01.Mar	-	-	NE	-	-	1.5
05.Mar	WSW	WSW	E	7.2	6	3.7
26.Mar	WSW	S	NE	4	7.2	2.3

Çizelge 5.30 incelendiğinde 4 aralık günü ortalama rüzgar hızı 4.3 m/sn olup, rüzgar yönü genelde doğulu rüzgarlardır. Cp/Co oranı en yüksek olan D1 alanıdır. D1 alanı rüzgarın E-ENE-ESE estiği 4 aralıkta özellikle D2 alanı ve C2 alanından etkilenmiştir. D2 emisyon şiddeti en yüksek olan griddir. D1 model sonucu bu sebeple yüksek rüzgar hızı değerine rağmen ölçüm değerine göre yüksek değer vermiştir. D1 deki ölçüm değeri, diğer gridlerdekinden oldukça düşüktür. 4 aralıkta E1 alanından elde edilen Cp/Co oranı üst sınırın üzerindedir. Rüzgarın doğudan esmesi durumunda E1 gridi, E2 gridinden etkilenmiştir. Ayrıca E1 gridi emisyon şiddeti nin en yüksek olduğu ikinci griddir. Rüzgar hızının yüksek olması, ölçüm değerlerinde düşüşlere neden olmuştur. Aralık ayında doğudan esen rüzgar hızının esme frekansı %30 olup, en yüksek değerdir (Çizelge 2.2).

18 ocakta günlük rüzgar hızı 0.5m/sn olup, güneydoğudan (SE) esmiştir. Ocak ayında esme frekansı en yüksek yön SW (güneybatı) olup, %20 dir. 18 ocak günü durağan şartlar sebebiyle

hem model değerlerinde hemde ölçüm değerlerinde artış izlenmiştir.

15 şubat ta rüzgar yönü batı-güneybatı (WSW) olup şiddeti 7.6 m/sn olarak belirlenmiştir. Rüzgar hızının yüksek olması model değerlerinde düşüslere sebep olmuştur. C1 alanı için C_p/C_o oranı alt limitin altına düşmüştür. Bugüne ilişkin rüzgar yönü dikkate alındığında D1 alanı, C2 alanını etkileyecektir. Model rüzgar yönü ve hızına göre alanların birbirinden etkilenmesini dikkate almakla beraber, herhangi bir griddeki kirlilik seviyesine asıl katkının incelenen griddeki emisyon şiddeti olduğu ifade edilmiştir (Hanna S.R.,1973) . Ancak rüzgar hızının ve yönünün ölçüm değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. D1 alanında 15 şubat günü ölçüm değeri $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken, C2 alanında ölçüm değeri $122 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. D1 alanındaki kirliliğin rüzgar yönü ile ilişkili olarak C2 ye taşındığı düşünülmektedir. Şubat ayı için esme frekansı en yüksek olan yön W (batı) olup, %35 dir (Çizelge 2.2). Emisyon şiddeti en yüksek olan D2 ($9.5 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$) ve E1 ($9.4 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$) gridlerinde model değerleri hemen hemen birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Ancak ölçüm değerleri, E1 nispeten daha düşüktür. Rüzgar yönüne bağlı olarak, WSW, SSW, SW yönlü rüzgarlar E1 deki kirliliği D2 gridine taşımaktadır. Model bu taşınmayı rüzgar yönü ve hızına göre olan taşınmayı dikkate almakla beraber, topografik değerlendirme yapmamaktadır. E1 gridinin yükseltisi D2 den daha fazladır. Bundan olayı E1deki kirlilik daha aşağı bölgede yeralan D1 ve özellikle D2 gridlerine çökmektedir. Bu sebeple E1 in ölçüm değerleri D2 ye nazaran düşüktür. D2 alanında binalaşmanın yoğun ve rüzgar koridorlarının engellenmiş şekilde olması sebebiyle, kirlilik lokalize olmaktadır. D1 alanında açık alan daha çok olduğundan kirliliğin yayılması daha kolaydır. D1 alanının emisyon şiddetide yüksek olmadığından, mevcut ve eklenik kirliliğin dağılması daha kolaydır. Bu sebeple D1 alanındaki ölçüm değerleri E1 ve D2den oldukça düşüktür.

6. KONTROL SENARYOLARININ UYGULANMASI VE KARŞILAŞTIRILMASI

Herhangi atmosferik kirlenme kontrol programının ana amacı, mevcut hava kalitesi normlarının müsaade ettiği aksiyon setlerini oluşturmaktır. Buda, birincil ve ikincil atmosferik kirleticilerin konsantrasyonlarını, sağlıklı normların aşağısına indirmeyi yada hava kalite normlarının aşılabacağı gün yada saat sayısını minimuma indirmeyi gerektirmektedir. Bütün kontrol programları , uzun süreli veya kısa süreli olmak üzere iki grupta toplanabilir. Bu kontrol programlarına ulaşmak için uygulanan spesifik amaçlar ve stratejiler birbirinden farklıdır. Bu kontrol programları, her biri diğerini tamamlayıcı özelliktedir . Uzun vadeli kontrol (aylar- yıllar olan süreçleri içerir), genellikle büyük ölçekli bölgeler için(kentsel ölçekten- küresel ölçeğe) uygulanır. Bu periyot ve ölçekte salınan kirleticilerin toplam miktarını azaltma stratejilerini uygulamayı içermektedir. Uzun vadeli kontrol planlarının tipik faaliyetlerinden bazıları aşağıdaki gibidir:

- A. Belli yakıtların veya maddelerin kısmen veya tamamen değiştirilmesi
- B. Emisyon kontrolü(filtreleme veya katalizleme) ve yeni üretim teknolojilerine geçiş
- C. Belli bölgelerde endüstriyel tesislerin ya tamamen kapatılması veya yer değiştirilmesi
- D. Otomobil kullanımının azaltılma programlarının geliştirilmesi

Yukarıda sıralanan faaliyetlerin genel amacı, hava kalitesi normlarını aşacak gün sayısının azaltılmasıdır. Uzun vadeli kontrol programlarında sadece hava kalite normları değil, maliyet-kazanç kriteri de dikkate alınmaktadır. Diğer bir deyişle, uzun vadeli stratejiler fonksiyonel olarak gösterilen $C_T = C_E + C_S$ yi minimize etmek için tasarlanır. C_E ; yerine getirilecek kontrol faaliyetlerinin maliyeti, C_S ; insan sağlığı ve ekosisteme verilecek zararı onarmak için ödenecek maliyet olarak ifade edilir. Kirlilik seviyesi azaldığında, C_E büyür, C_S azalır ve uygulanan faaliyetlerin optimal setlerinin sonucu olarak, minimum C_T değerine ulaşılır.

Bütün stratejiler, hava kirletici konsantrasyonları sağlıklı normlar altına taşıyacak gerekli emisyon hızı azaltma bilgileri belli şartlar için uygulanır. Bu bilgi dispersiyon modelleri ile gerçekleştirilen tahminler vasıtasıyla belirlenmektedir.

Kısa vadeli kontrol (saat- günler), küçük ölçekli(yerel ölçekten-kent ölçeğine) durumlar için, kirleticilerin birikimine yol açan (inversiyon, sakın hava şartları) atmosferik stabilite olayları

için uygulanır. Acil kirlenici emisyonlarının azaltılması için, bazı endüstrilerin tamamen durdurulması, termal enerji santrallerinde yakıt değişimi kısa vadeli kontrol stratejileri arasındadır. Yakıt değişimi esnasında, kömür veya fuel-oil , daha az SO₂ veya NO_x yayan doğal gaz ile değiştirilmektedir. Atmosferik stabilite esnasında, en tipik kısa vadeli kontrol stratejisi emisyon hızlarının belirlenmesi veya en azından her endüstriyel kaynak için limitlerin belirlenmesini içermektedir. Böyle bir strateji bazı endüstriyel kaynaklar için oldukça sınırlayıcı olabilir ve genellikle acil durumlar için uygulanabilir (Flagan R.C. and Seinfeld J.H, 1988).

Yukarıda açıklanan kısa ve uzun vadeli kontrol, uygun olmayan meteorolojik tahmin durumlarında, çevre ve insan sağlığına etki edecek tehlike riskini minimize edebilmek için, emisyon hızlarında gerekli azalmayı belirlemek amacıyla, gerekli metotları göstermektedir AERBOX , emisyonlar, gaz fazdaki reaksiyonlar, gaz-sıvı fazı birikim, yoğunlaşma, çekirdek oluşumu gibi, gerekli tüm kimyasal ve fiziksel süreçleri dikkate alan bir kutu modeldir. 52 çeşit gaz kirlenici, 14 çeşit partikül kirlenici için konsantrasyon hesabı yapılmıştır. Konsantrasyon ve birikim değişimleri, arazi ölçümleri ile kıyaslanmıştır. Bulunan sonuçlar, AERBOX kutu modelin, gelecekte geniş alan uygulamalarında, karar verme süreçlerinde, düzenlemelerde söz sahibi olacağı ve genel kontrol politikalarının bir parçası olarak kullanılacağı fikrine varılmıştır. Kısa dönem kontrol planlarında emisyon hızlarında gereken azalmanın yapılması gerektiği ifade edilmiştir (Para-Guevara P. and Skiba Y.N., 2003).

Kış mevsiminde partikül episodlarının yaşandığı günler için, partikül madde dispersiyonu RAMS/CALMET/CALPUFF modelleme sistemi kullanılarak çalışılmıştır. Modelleme için konut ısıtması, motorlu araçlar ve endüstri kaynaklı detaylı emisyon envanteri verisi kullanılmıştır. Pik konsantrasyonlar, evsel ısınmanın maksimum olduğu gece saatlerinde oluşmaktadır. Model tahminleri, kentsel alan etrafında izlenen, zemin seviyesi PM değerlerine yakın değerler üretmiştir. Emisyon azaltma için, dikkate alınan kontrol senaryoları;1.Açık ocakların kullanımının yasaklanması, 2.Kömür yakan tüm araçların yasaklanması, 3.Hem açık ocakların hemde kömür yakan araçların yasaklanması şeklinde sıralanmıştır. Bu kontrol senaryoları sırasıyla uygulandığında, PM episodlarının yaşandığı günlerde , konsantrasyonlarda %42, %31, %52 lik azalma hesaplanmıştır (Barna M.G and Gimson N.R., 2002).

İstanbul'un Haliç bölgesinde, hava kirliliğini azaltma senaryolarını araştırmak için ATDL model kullanılmıştır. Düşünülen kontrol senaryoları; 1.yerleşim bölgelerinde dumansız kömür,

ticari ve endüstriyel alanlarda düşük kükürt içerikli kömür (%1S içeren linyit) kullanımı, 2.Yerleşim alanlarında dumansız kömür, ticari ve endüstri alanlarında düşük kükürt içerikli (%1S) fuel-oil kullanımı, 3.Senaryo 2 ve endüstri alanlarında birincil hava kontrol ekipmanı (%40 toplama verimine sahip siklon) kullanımı, 4.Senaryo 3 ve çalışma alanındaki güç santralinde toplama verimi %99 olan ıslak arıtıcılar ve elektrostatik filtrelerin kullanımı olarak seçilmiştir. Yakıt türü olarak fosil yakıtlara (kömür, fuel-oil) ek olarak, hidrojen enerjisi de düşünülmüştür. Sonuçlar hidrojen enerjisinin minimum kontrol ihtiyacı ile çok daha temiz hava kalite seviyelerinin sağlanacağını göstermiştir (Ertürk F, 1985).

İstanbul'un Zeytinburnu ilçesinde, ATDL model kullanılarak, oluşturulan kontrol senaryoları, yerleşim ve endüstri bölgesinde düşük kükürt (%0.35) içerikli dumansız kömür, düşük kükürt içerikli fuel-oil (%0.35) ve doğal gaz kullanımına ek olarak endüstri bölgesinde muhtelif arıtıcıların (%70 verime sahip siklon arıtıcıların , %90verime sahip ıslak arıtıcıların) kullanımının çeşitli kombinasyonları denenmiştir. Bölgenin sosyo-ekonomik durumu da dikkate alınarak doğalgaz ve dumansız yakıt kullanımı gerekli standartları da sağladığı için önerilmiştir (Ak N., 1997).

6.1 Kontrol Senaryolarının Uygulanması

Hava kalitesini iyileştirmek amacıyla, uygulanan kontrol senaryolarında, model tahminleri özellikle durağan atmosferik şartlara sahip seçilen 10 gün için günlük, aylık ortalama ve sezonluk ortalama olarak uygulanmıştır. Kontrol senaryoları , emisyon hızlarını azaltacak uygulamalar olarak düşünülmüştür. Kent alanında her grid (bölme) deki ısınmadan kaynaklanan kirlilik için, mevcut kullanılan yakıta alternatif olarak, daha düşük kükürt içerikli (satımı daha az olan ithal linyit , fuel-oil hafif ve doğalgaz) olmak üzere sıvı, katı, gaz yakıtlar önerilmiştir. Gridlere göre yakıt önerisi, o bölgenin bina yoğunluğu, binaların ısınma tesisatı, sosyo-ekonomik durumu dikkate alınarak yapılmıştır. Doğalgaz döşemesi bulvarlar, ana caddelere yakın, kooperatif konutlarda(nispeten daha yeni binalarda) olmak üzere yüksek emisyon kuvvetine sahip gridler için düşünülmüştür. Fuel-oil tüketimi kat kaloriferi olabilecek müstakil ve apartman türü konutlar için planlanmıştır. Linyit kullanımı, hem sobalı hemde kaloriferli ısınma tesisatına sahip tüm konutlar için uygulanmıştır.

6.1.1 Düşük Kükürtlü (%0.34S) İthal Linyit Kullanılması

2001-2002 kış sezonu kullanılan ithal linyit ve kullanılması düşünülen ithal linyit özellikleri Çizelge 6.1 de verilmiştir. Yakıt dağıtımı farklı kaynaklardan (valilik, belediye, özel) yapılmaktadır. Bu sebeple şehirde tüketilen yakıt özellikleri de değişmektedir. 2001-2002 kış sezonunda kullanılan ithal linyitin kükürt içeriği %0.34-1.1 arasında değişmektedir (İl Çevre Müd., 2001). Kent genelinde maksimum (%1S) içeriğine sahip ithal linyit kullanılmıştır. (%1S) içerikli linyit yerine, satışı az olan (19.000 ton) daha düşük kükürtlü (%0.34) linyit kullanılması durumunda, aynı kalorifik değeri karşılamak için gereken linyit miktarı gridlere göre Çizelge 6.2 deki gibidir:

Çizelge 6. 1 2001-2002 Kış Sezonunda kullanılan ithal linyit ve daha düşük kükürtlü

İthal linyit özellikleri (T.C. Sağlık Bak. Hıfzısıhha Bölge Enst. Md, 2001)

	İthal Linyit I	İthal Linyit II
Nem	%10	%5.51
Uçucu madde	%36	%21.19
Yanar kükürt	%1	%0.34
Üst ısı değeri (kuru bazda)	6350kcal/kg	7505 kcal/kg
Kül	%14	%10

Eşdeğer linyit miktarı ve buna bağlı olarak SO₂ emisyon kuvveti, A2 gridi için aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Linyit1 eşdeğer Linyit 2 miktarı} = 607(\text{t/sezon}) * \frac{6350(\text{kcal} / \text{kg})}{7505(\text{kcal} / \text{kg})} = 514(\text{t/sezon})$$

$$\text{SO}_2 \text{ Emisyon Kuvvetinin Hesaplanması: } 538(\text{t/sezon}) * 13.6(\text{kg/t}) * (1) = 2401\text{kg}$$

$$Q_{SO_2} = \frac{2401(kg / sezon) * 10^9 (\mu g / kg)}{24(sa / gün) * 30(gün / ay) * 6(ay / sezon) * 3600(sn / sa)(1.45 * 1.45 km^2) * 10^6 (m^2 / km^2)}$$

$$Q_{SO_2} = 0.07(\mu g / m^2 .sn)$$

Diğer gridlerdeki, emisyon kuvvetleride A2 gridindeki gibi hesaplanılmıştır.

Çizelge 6. 2 Grid bazında eşdeğer düşük kükürtlü linyit tüketim miktarı ve
SO₂ emisyon kuvvetleri

	Linyit 1 miktarı (t/sezon)	Odun miktarı (t/sezon)	Linyit1'e eşdeğer Linyit 2 miktarı (t/sezon)	Linyit 2 den kaynaklanan SO ₂ (kg)	Odundan kaynaklanan SO ₂ (kg)	Toplam SO ₂ (kg)	SO ₂ emisyon kuvveti ($\mu g/m^2.sn$)
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	607	135	514	2377	24	2401	0,07
A3	5868	2095	4968	22972	377	23349	0,71
B1	0	0	0	0	0	0	0
B2	2624	438	2222	10275	79	10354	0,32
B3	7421	2856	6283	29053	514	29567	0,9
C1	10185	640	8623	39873	115	39988	1,22
C2	12955	1790	10969	50721	322	51043	1,56
C3	7926	2668	6711	31032	480	31512	0,96
D1	8654	418	7327	33880	75	33955	1,04
D2	22506	4202	19055	88110	756	88866	2,72
D3	8315	1962	7040	32553	353	32906	1,01
E1	21843	0	18494	85516	0	85516	2,62
E2	13002	248	11008	50901	45	50946	1,56
E3	2155	545	1825	8439	98	8537	0,26
Toplam	124061	17997	105038	485696	3239	488935	14,95

Düşük kükürt içerikli ithal linyit kullanımı ile emisyon hızlarında yaklaşık 3 kat azalma sağlanmıştır. Toplam tüketilecek yakıt miktarında ise %15 azalma hesaplanmıştır. Bu emisyon hızlarına göre rastgele seçilen durağan şartlara sahip (21, 31 aralık, 18, 22, 23 ocak, 2mart) 6 gün ve normal şartlardaki (29, 30kasım, 24şubat, 10nisan) 4gün, toplam 10gün için ATDL model tahminleri yapılmıştır. Bu günlere ilişkin başlangıçtaki (kontrol planı uygulanmadan önceki) model sonuçları, Senaryo 1'e ilişkin model sonuçları ve ölçüm değerleri Çizelge 6.4 de

verilmiştir. C1-C2-D1-D2-D3-E1 gridleri ölçüm yapılan gridler olduğu için, kontrol yapılmadan önceki ve kontrol yapılarak elde edilen model tahminleri, ölçüm gridlerine görede kıyaslanmıştır. Günlük değerlendirme, ortalamalar üzerinden yapılmış, Çizelge 6.4 bu formatta değerlendirilmiştir. Çizelge 6.4 incelendiğinde, Senaryo1 in uygulanması ile model hesaplarında %71-82 arasında azalma görülmüştür. Tüm kent alanında %0.34S içerikli ithal linyit kullanımı ile dikkate alınan günlerde SO₂ değerleri 29-82 µg/m³ arasında hesaplanılmıştır.

Günlük model sonuçları Hava Kalitesinin Korunması yönetmeliğince, öngörülen KVS (kısa vadeli sınır değer) limiti ve WHO 24saat ve daha uzun süreler için uygun gördüğü uzun süreli limit değeri (125µg/m³) dikkate alınarak değerlendirilmiştir. KVS maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüklerine göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının %95'ini aşmaması gereken değerler olarak tanımlanmaktadır. SO₂ kirleticisi için genel ortamlardaki KVS değeri 400µg/m³ olarak belirlenmiştir. Aylık ve sezonluk ortalama model tahmin değerleri ise kış sezonu ortalama sınır değeri ve UVS(uzun vadeli sınır değerine) göre kıyaslanmıştır. UVS aşılmaması gereken, bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olup, SO₂ kirleticisi için genel ortamlardaki UVS değeri 150µg/m³ olarak belirlenmiştir. Kış sezonu ortalama sınır değeri, binaların ısıtılması ile ortaya çıkabilen hava kirlenmelerine yol açan hava kirleticiler için Ekim-Mart ayları arasında yerleşim bölgelerinde yapılan aşılmaması gereken kış sezonu UVS değeri olup, SO₂ kirleticisi için bu değer 250µg/m³ olarak belirlenmiştir (Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği,1986). WHO nün öngördüğü yıllık ortalama değer ise 50µg/m³ dır (Air Quality Guidelines,1987).

Bu sonuçlar UVS, KVS ve kış sezonu ortalaması sınır değerlerinin çok altında değerlerdir. Kontrol yapılmadan önceki günlük SO₂ miktarları 145-320 µg/m³ arasında değişmekte olup, bazı günler için KVS değerleri geçilmemiştir. Senaryo I in uygulanması ile hava kalitesi açısından ortalama %75 bir iyileşme sağlanmıştır. Günlük WHO limitini aşan gün olmamıştır.

6.1.2 Doğal Gaz ve Linyit1 (%1S) Beraber Kullanımı

Doğalgaz kullanımı en yüksek emisyon kuvveti veren, kooperatif konutların yoğun olduğu, ana caddelere yakın olması hususiyeti ile öncelikle D2 ve E1 gridlerinde uygulanmıştır. İkinci kontrol senaryosu olarak D2 ve E1 grid (bölme)lerinde doğal gaz ve diğer gridlerde mevcut (%1S) linyit kullanımı dikkate alınmıştır. Gerekli doğal gaz miktarı, örnek olması açısından D2 gridi için aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

D2 gridi için linyit1 ve oduna eşdeğer doğalgaz miktarı:

Doğal gaz için kalorifik değer 9030 kcal/m³ olarak alınmıştır [2].

$$\text{Eşdeğer Doğalgaz miktarı} = 22506 * \frac{6350(\text{kcal} / \text{kg})}{9030(\text{kcal} / \text{m}^3)} = 15826478 \text{ m}^3$$

$$\text{Oduna eşdeğer doğal gaz miktarı} = 4202 * \frac{3700(\text{kcal} / \text{kg})}{9030(\text{kcal} / \text{m}^3)} = 1721750 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam doğalgazdan kaynaklanan SO}_2 \text{ miktarı} = 17548228 \text{ m}^3 * 9.6(\text{kg} / 10^6 \text{ m}^3) = 168,463 \text{ kg}$$

SO₂ Emisyon Kuvvetinin hesaplanması:

$$Q_{\text{SO}_2} = \frac{168.43(\text{kg}) * 10^9 (\mu\text{g} / \text{kg})}{6 * 30 * 24 * 3600(\text{sn}) * (1450 * 1450 \text{ m}^2)} = 0.0052(\mu\text{g} / \text{m}^2 . \text{sn})$$

E1 gridi benzer şekilde hesaplanmıştır. Gridlere göre doğal gaz , linyit (%1S) miktarı ve SO₂ emisyon kuvvetleri Çizelge6.5 de verilmiştir.

Çizelge 6.5 incelendiğinde Senaryo II gereği D2 ve E1 gridlerinde, yakıt değişimi ile toplam 32908477m³/sezon doğal gaz ve 79712 ton (%1S) içerikli linyit ihtiyacı duyulmaktadır. Bu miktarda doğalgaz tüketimi toplam 315kg SO₂ nin kent atmosferine verilmesine sebep olmaktadır. Ancak mevcut (%1S) içerikli ithal linyitin kullanılması durumunda ise bu iki grid kareden toplam 617528kg SO₂ kent atmosferine verilmektedir. SO₂ emisyon kuvvetlerinde 1826-2088 kat bir azalma hesaplanmıştır.

Çizelge 6. 5 Doğal gaz ve linyit1 (%1S) beraber kullanıldığında grid bazında yakıt tüketimi ve SO₂ emisyon kuvvetleri

	Linyit1 miktarı (t/sezon)	Odun miktarı (t/sezon)	Linyit 1ve odundan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	Linyit1 eşdeğeri doğalgaz (m ³)	Odun eşdeğeri doğal gaz (m ³)	Toplam doğal gaz miktarı (m ³)	Doğalgazdan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	SO ₂ emisyon kuvveti (µg/m ² sn)
A1	0	0	0					0
A2	607	135	9185					0,3
A3	5868	2095	80183					2,5
B1	0	0	0					0
B2	2624	438	35752					1,1
B3	7421	2856	137147					3,3
C1	10185	640	138626					4,2
C2	12955	1790	176635					5,4
C3	7926	2668	108271					3,3
D1	8654	418	117768					3,6
D2				15826478	1721750	17548228	168	0,0052
D3	8315	1962	113435					3,5
E1				15360249	0	15360249	147	0,0045
E2	13002	248	176855					5,4
E3	2155	545	29401					0,9

Bu emisyon kuvvetleri kullanılarak elde edilen model sonuçları,10gün için, Çizelge 6.6 de verilmiştir. Kontrol yapılmadan önceki model sonuçları, kontrol senaryosu II model sonuçları ve ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 6.7 de verilmiştir.

Çizelge 6.7 incelendiğinde , günlük ortalama model değerlerinde %35-%58 arasında azalma görülmüştür. Senaryo II uygulandığında model sonuçları 67-177 (µg/m³), kontrol planı uygulanmadan ise 145-320 (µg/m³) arasında hesaplanmıştır. En yüksek kirlilik değeri veren D2 ve E1 grid karelerinde doğal gaz kullanımı ile kent hava kalitesinde ortalama %48 iyileşme görülmüştür. Bu miktarlarla KVS (400 µg/m³) değeri aşılmamıştır. Ancak WHO' nun günlük limitini (125 µg/m³) aşan altı gün belirlenmiştir.

6.1.3 Doğal Gaz ve Linyit2 (%0.34S) Beraber Kullanımı

III. kontrol senaryosu olarak D2 ve E1 gridlerinde doğalgaz, diğer gridlerde düşük kükürt içerikli linyit2 kullanılması düşünülmüştür. Grid bazında tüketilen yakıt ve buna bağlı olarak oluşan SO₂ emisyon kuvvetleri Çizelge 6.8 de verilmiştir.

Senaryo III gereği ithal linyit tüketim miktarında %15 azalma görülmüştür. %1S içeriği olan linyit yerine 67489 (ton/sezon) %0.34 S içerikli linyit kullanılması gerekmektedir. Senaryo II de olduğu gibi 32908477m³/sezon doğal gaz ihtiyacı duyulmaktadır. %0.34S içerikli linyit kullanımı ile kent atmosferine verilen SO₂ miktarı 314558kg olup, Senaryo II ye göre bu değer %72 azalma göstermiştir.

Çizelge 6. 8 Grid Bazında düşük kükürtlü linyit ve doğalgaz kullanım miktarları ve SO₂ emisyon kuvvetleri

	Linyit1 eşdeğeri Linyit2 miktarı (t/sezon)	Odun miktarı (t/sezon)	Linyit 2ve Odundan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	Linyit1 eşdeğeri doğalgaz (m ³)	Odun eşdeğeri doğalgaz (m ³)	Toplam doğal gaz miktarı (m ³)	Doğalgazdan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	SO ₂ emisyon kuvveti (µg/m ² sn)
A1	0	0	0					0
A2	514	135	2401					0,07
A3	4968	2095	23349					0,71
B1	0	0	0					0
B2	2222	438	10354					0,32
B3	6283	2856	29567					0,9
C1	8623	640	39988					1,22
C2	10969	1790	51043					1,56
C3	6711	2668	31512					0,96
D1	7327	418	33955					1,04
D2				15826478	1721750	17548228	168	0,0052
D3	7040	1962	32906					1.01
E1				15360249	0	15360249	147	0,0045
E2	11008	248	50946					1,56
E3	1825	545	8537					0,26

Kontrol senaryosu III için elde edilen emisyon kuvvetleri kullanılarak model uygulama sonuçları Çizelge 6.9 de verilmiştir. Kontrollü ve kontrolsüz model sonuçları , ölçüm değerleri Çizelge 6.10 da verilmiştir.

Çizelge 6.10 incelendiğinde kontrol senaryosu III ün uygulanması ile elde edilen model sonuçlarının $19-51\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değiştiği, ancak kontrol planı uygulanmadan ise bu değer $145-320\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında olduğu görülmektedir. Günlük model sonuçlarında, ortalama %82 lik azalma, hava kalitesinde de bu nispette iyileşme bulunmuştur. Senaryo III gereği elde edilen yeni sonuçlar, hava kalitesi KVS ve WHO günlük sınır değerlerinin çok altındadır.



Çizelge 6.9 Kontrol senaryosu III uygulanması durumunda günlük model sonuçları

GÜNLER	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Model ort.
29.Kas	2,61	8	46,89	4,58	30,63	68,2399	81,7599	105,9299	60,9399	71,5799	18,97	72,7699	22,37	97,4299	20,73	47,562
30.Kas	2,3598	7,2393	37,4263	4,4996	24,9175	47,4353	77,3723	91,5208	50,6049	68,0532	10,119	53,2347	61,5128	88,5711	13,7086	42,5717
21.Ara	8,1666	11,9898	35,3628	20,1492	25,0092	44,8326	61,218	87,2514	47,8206	66,5442	2,7144	50,3118	0,225	77,7096	12,951	36,8171
31.Ara	5,0526	8,8722	28,2942	11,1978	19,7802	35,865	56,3508	69,6114	38,2572	49,5234	5,0062	40,2498	6,6312	63,1494	10,3608	29,8801
18.Oca	5,4432	10,3158	47,1564	13,4327	27,2988	59,7762	80,6994	109,9746	63,7614	78,8994	1,9827	67,0824	0,2988	103,6134	17,269	45,8003
22.Oca	26,28	5,472	28,5588	2,7306	16,1532	37,0746	55,6452	70,3296	46,7244	43,5222	7,9537	42,498	8,239	63,1674	16,2659	31,3743
23.Oca	0	13,6706	58,8618	7,5564	34,8048	71,9352	86,2524	111,2202	85,5198	69,1038	16,7202	73,0386	0,2988	103,6422	30,8088	50,8956
24.Şub	0,33	5,1395	17,8582	3,4497	12,3388	22,6377	40,066	43,8256	24,1476	28,7771	4,9495	29,4071	10,299	40,486	6,5393	19,3501
02.Mar	8,4204	14,7888	47,1564	18,6624	32,967	59,7762	93,9186	116,0208	63,7614	82,5408	8,343	67,0824	11,052	105,2514	17,2692	49,8007
10.Nis	0	2,34	24,2598	0,22	12,9899	32,2297	42,5496	62,6294	42,1296	41,4696	9,8399	38,2396	1,89	55,5694	22,3978	25,917

Çizelge 6.10 Kontrol senaryosu III model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri

	C1 GRİDİ			C2 GRİDİ			D1 GRİDİ			D2 GRİDİ			D3 GRİDİ			E1 GRİDİ						
	Km	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	% azalma
29.Kas	82	245	277	106	355	249	72	240	127	19	619	431	73	314	256	22	602	237	48	242	263	0,8
30.Kas	77	275	311	92	320	241	68	292	96	10	533	390	53	185	221	62	595	207	43	211	244	0,8
21.Ara	61	365	387	87	324	304	67	264	206	3	482	544	50	174	161	0	473	339	37	211	324	0,82
31.Ara	56	275	142	70	257	282	50	249	242	5	402	373	40	139	124	7	415	101	30	171	211	0,82
18.Oca	81	486	580	110	432	386	79	352	165	2	643	558	67	232	202	0	630	378	46	281	378	0,84
22.Oca	56	212	350	70	262	270	44	215	91	8	419	309	42	212	187	8	425	298	31	176	251	0,82
23.Oca	86	316	460	111	558	266	69	339	151	17	718	449	73	365	222	0	631	302	51	320	308	0,84
24.Şub	40	234	300	44	261	168	29	255	76	5	307	242	29	95	73	10	297	134	19	159	166	0,88
02.Mar	94	459	246	116	430	216	83	415	152	8	671	392	67	232	260	11	693	267	50	285	256	0,82
10.Nis	43	150	181	63	221	112	41	146	58	10	352	151	38	200	127	2	358	101	26	145	122	0,82

Çizelge 6.10 de KM:Kontrol I model sonuçları,KSM:Kontrol olmayan alınan model sonuçları, ÖLÇ:Ölçüm değerleri, KMORT:KM değerlerinin tüm gridler için ortalaması, KSMORT:KSM değerlerinin tüm gridler için ortalaması, ÖLÇORT:ölçüm değerlerinin ortalaması

6.1.4 Doğalgaz- Linyit1(%1S)- Linyit2 (%0.34S) Birlikte Kullanımı

Kontrol senaryosu IV için üç yakıt tipi kullanılması düşünülmüştür. Kentteki en yüksek emisyon kuvvetine sahip bölgelerde (D2 ve E1gridlerinde) doğalgaz, yine yüksek emisyon kuvveti veren, apartman konutların yoğun olduğu bölgelerde (C1, C2, E2 gridlerinde) %0.34S içerikli linyit, diğer gridlerde, %1S içerikli linyit kullanımı dikkate alınmıştır. Her bir grid(bölme)deki SO₂ emisyon kuvveti Çizelge 6.11de verilmiştir.

Çizelge 6. 11 Grid Bazında doğalgaz-liniyit1- linyit2 kullanım miktarları ve

SO₂ emisyon kuvvetleri

	Linyit1 miktarı (t/sezon)	Odun miktarı (t/sezon)	Linyit 1ve Odundan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	Linyit1 eşdeğeri liniyit2 miktarı (t/sezon)	Linyit 2 ve odundan kaynaklanan SO ₂ (kg)	Linyit1 ve odun eşdeğeri doğalgaz (m ³)	Doğalgazdan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	SO ₂ emisyon kuvveti (µg/m ² sn)
A1	0	0	0					0
A2	607	135	9185					0,3
A3	5868	2095	80183					2,5
B1	0	0	0					0
B2	2624	438	35752					1,1
B3	7421	2856	137147					3,3
C1				8623	39873			1,2
C2				10969	50721			1,6
C3				6711	31032			3,3
D1				7327	33880			3,6
D2						17548228	168	0,0052
D3	8315	1962	113435	7040	32553			3,5
E1						15360249	147	0,0045
E2				11008	50901			1,6
E3				1825	8439			0,9

Yeni emisyon kuvvetlerine göre, günlük model sonuçları Çizelge 6.12 da verilmiştir.

Kontollü ve kontrolsüz model sonuçları, ölçüm sonuçları Çizelge 6.13 de verilmiştir.

Kent alanında tamamen %0.34 S içerikli linyitin kullanılması durumunu göz önüne alarak planlanan senaryo IV de, model sonuçlarında %50-91 arasında azalma , hava kalitesinde bu nispette iyileşme görülmüştür. Kontrol senaryosu IV uygulanarak elde edilen model sonuçları, 8-120 µg/m³ arasında değişme göstermektedir. Bu hava kirliliği seviyeleri hava kalitesi sınır değerlerinin altındadır.

Çizelge 6. 12 Kontrol senaryosu IV uygulanması durumunda günlük model sonuçları

GÜNLER	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	model ort.
29.Kas	0	17,4698	147,3085	0	65,7493	214,9979	70,8493	111,4189	230,3877	220,4978	44,8836	222,1878	32,1697	108,8489	80,3892	104,4772
30.Kas	8,5799	28,3097	131,7787	163,4984	86,9691	173,9483	92,9891	115,3288	173,9483	216,8678	34,2597	184,4882	19,9698	104,219	47,4395	105,5063
21.Ara	28,0728	46,1178	124,5348	33,4908	85,9698	164,3868	64,6488	110,7738	164,3868	194,058	8,7606	174,3498	0,2232	77,7096	44,8326	88,1544
31.Ara	28,9512	46,341	99,6264	38,0214	81,2898	131,5098	64,6866	101,0898	131,5098	162,7758	20,2338	139,4802	8,0032	65,5686	35,865	76,9968
18.Oca	18,7146	40,7088	166,0482	22,3272	93,843	218,988	82,9494	125,6454	219,168	248,922	6,0134	232,452	0,2988	103,6134	59,7762	109,2979
22.Oca	1,1322	21,402	100,7622	9,515	56,3058	135,666	60,7896	79,173	139,977	150,5574	27,036	147,2148	13,5758	65,5848	41,7708	70,0308
23.Oca	0,2574	3,5046	11,3202	2,1618	7,8138	14,9436	8,4528	9,8982	14,9562	17,9136	3,0294	15,849	3,0654	7,8372	4,0752	8,3386
24.Şub	1,43	19,4698	62,8894	12,0099	43,4096	83,0192	46,9595	54,9895	83,0892	99,519	16,8298	88,0491	17,0298	43,5396	22,6398	46,3249
02.Mar	29,5344	56,4534	166,0428	41,0436	114,6276	219,168	104,5638	146,79	219,168	261,468	28,0566	232,452	13,338	109,2816	59,7762	120,1176
10.Nis	0	10,059	85,7614	0,9499	44,8455	117,6782	48,2552	70,453	120,6079	131,6568	33,5666	121,7578	6,1194	63,4837	53,0947	60,5526

Çizelge 6. 13 Kontrol senaryosu IV model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri

	C1 GRIDI			C2 GRIDI			D1 GRIDI			D2 GRIDI			D3 GRIDI			E1 GRIDI					
	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ
29.Kas	71	245	277	111	355	249	220	240	127	45	619	431	222	314	256	32	602	237	104	242	263
30.Kas	93	275	311	115	320	241	217	292	96	34	533	390	184	185	221	20	595	207	105	211	244
21.Ara	65	365	387	111	324	304	194	264	206	9	482	544	174	174	161	0	473	339	88	211	324
31.Ara	65	275	142	101	257	282	163	249	242	20	402	373	139	139	124	8	415	101	77	171	211
18.Oca	83	486	580	126	432	386	249	352	165	6	643	558	232	232	202	0	630	378	109	281	378
22.Oca	61	212	350	79	262	270	151	215	91	27	419	309	147	212	187	14	425	298	70	176	251
23.Oca	8	316	460	10	558	266	18	339	151	3	718	449	16	365	222	3	631	302	8	320	308
24.Şub	47	234	300	55	261	168	100	255	76	17	307	242	88	95	73	17	297	134	46	159	166
02.Mar	105	459	246	147	430	216	261	415	152	28	671	392	232	232	260	13	693	267	120	285	256
10.Nis	48	150	181	70	221	112	132	146	58	34	352	151	122	200	127	6	358	101	61	145	122

Çizelge 6.13 de KM:Kontrol I model sonuçları,KSM:Kontrol olmayan alınan model sonuçları, ÖLÇ:Ölçüm değerleri, KMORT:KM değerlerinin tüm gridler için ortalaması, KSMORT:KSM değerlerinin tüm gridler için ortalaması, ÖLÇORT:ölçüm değerlerinin ortalaması

6.1.5 Doğalgaz-Linyit1(%1S) Birlikte Kullanımı

Kent alanının daha uzun vadede uygulanabilecek tüm bölgelerinde (C1-C2-D1-D2-D3-E1-E2) doğalgaz, diğer gridlerde (%1S) içerikli linyit kullanılması durumunda, her bir griddeki, emisyon kuvvetleri Çizelge 6.14 de verilmiştir.

Çizelge 6. 14 Grid bazında doğalgaz-liniyit1 tüketim miktarları ve SO₂ emisyon kuvvetleri

	Linyit1 miktarı (t/sezon)	Odun miktarı (t/sezon)	Linyit 1ve odundan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	Linyit1 eşdeğeri doğalgaz (m ³)	Odun eşdeğeri doğal gaz (m ³)	Toplam doğal gaz miktarı (m ³)	Doğalgazdan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	SO ₂ emisyon kuvveti (µg/m ² sn)
A1	0	0	0					0
A2	607	135	9185					0,3
A3	5868	2095	80183					2,5
B1	0	0	0					0
B2	2624	438	35752					1,1
B3	7421	2856	137147					3,3
C1				7162209	262237	7424446	71,2747	0,0022
C2				9110105	733444	9843549	94,4981	0,0029
C3	7926	2668	108271					3,3
D1				6085592	171274	6256866	60,0659	0,0018
D2				15826478	1721750	17548228	168,463	0,0052
D3				5847204	803920	6651124	63,8508	0,002
E1				15360249	0	15360249	147,4584	0,0045
E2				9143156	101617	9244773	88,7498	0,0027
E3	2155	545	29401					0,9

SenaryoV uygulandığında kent alanında $72.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ doğalgaza ihtiyaç bulunmaktadır. Bu miktar, tüketilecek olan linyit miktarını %78 oranında azaltmakta, %1S içeriği olan ithal linyitten sadece 26601 ton kullanımını gerektirmektedir. Doğalgaz kullanımı ile atmosfere verilecek olan SO₂ miktarında $11.2 \cdot 10^5 \text{ kg}$ dan $3.9 \cdot 10^5$ e düşüş sağlanmış olacaktır. Doğalgaz tüketimi düşünülen grid karelerde SO₂ emisyon kuvvetlerinde 1700-2000 kat azalma hesaplanmıştır. Bu emisyon kuvvetleri kullanılarak elde edilen günlük model sonuçları Çizelge 6.15 de gösterilmiştir. Kontrollü model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri Çizelge 6.16 da verilmiştir. Çizelge 6.16 incelendiğinde, uzun vadede alt yapı açısından uygun olan tüm bölgelerde, doğalgaz kullanımı ile, hava kalitesinde ortalama %80 iyileşme sağlanacaktır. Kontrollü model sonuçları $24-62 \text{ µg/m}^3$ arasında değişmektedir. Bu değerler hava kalitesi sınır değerlerinin oldukça altında seviyelerdir.

6.1.6 Doğalgaz-Linyit2(%0.34S) Birlikte Kullanımı

Uzun vadede uygulanabilecek, yakıtın kükürt içeriği açısından en iyi plan olarak düşünülen, Senaryo VI da C1-C2-D1-D2-D3-E1-E2 doğalgaz, diğerleri (%0.34S) içerikli linyit kullanılması durumunda, her bir griddeki, emisyon kuvvetleri Çizelge 6.17 de verilmiştir.

Çizelge 6. 17 Grid bazında doğalgaz ve linyit2 (%0.34S) tüketim miktarları ve SO₂ emisyon kuvvetleri

	Linyit1 eşdeğeri linyit 2 miktarı (t/sezon)	Odun miktarı (t/sezon)	Linyit 2ve odundan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	Linyit1 eşdeğeri doğalgaz (m ³)	Odun eşdeğeri doğalgaz (m ³)	Toplam doğal gaz miktarı (m ³)	Doğalgazdan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	SO ₂ emisyon kuvveti (µg/m ² sn)
A1	0	0	0					0
A2	514	135	2401					0,07
A3	4968	2095	23349					0,71
B1	0	0	0					0
B2	2222	438	10354					0,32
B3	6283	2856	29567					0,9
C1				7162209	262237	7424446	71,2747	0,0022
C2				9110105	733444	9843549	94,4981	0,0029
C3	6711	2668	31512					0,96
D1				6085592	171274	6256866	60,0659	0,0018
D2				15826478	1721750	17548228	168,463	0,0052
D3				5847204	803920	6651124	63,8508	0,002
E1				15360249	0	15360249	147,4584	0,0045
E2				9143156	101617	9244773	88,7498	0,0027
E3	1825	545	8537					0,26

Bu senaryoda, senaryo V ek olarak kullanılan linyit tüketim miktarı 26601 ton dan 22523ton düşerek, ilgili gridlerde(A2-A3-B1-B2-B3E3) emisyon kuvvetlerinde yaklaşık 3.5 kat azalma sağlanmıştır. Yeni emisyon kuvvetleri kullanılarak, elde edilen günlük model sonuçları Çizelge 6.18 de verilmiştir. Kontrol VI model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları, ölçüm değerleri Çizelge 6.19 de verilmiştir. Çizelge 6.19 incelendiğinde senaryo VI uygulanarak hava kalitesinde ortalama %95 oranında iyileşme sağlanmaktadır. Kontrollü model sonuçları 7-18 µg/m³ arasında değişmektedir. Senaryo VI sonucunda elde edilen hava kalitesi seviyeleri, Hava Kalitesinin Korunması yönetmeliği ve WHO sınır değerlerinin çok altındadır.

6.1.6 Doğalgaz-Linyit2(%0.34S) Birlikte Kullanımı

Uzun vadede uygulanabilecek, yakıtın kükürt içeriği açısından en iyi plan olarak düşünülen, Senaryo VI da C1-C2-D1-D2-D3-E1-E2 doğalgaz, diğerleri (%0.34S) içerikli linyit kullanılması durumunda, her bir griddeki, emisyon kuvvetleri Çizelge 6.17 de verilmiştir.

Çizelge 6. 1 Grid bazında doğalgaz ve linyit2 (%0.34S) tüketim miktarları ve SO₂ emisyon kuvvetleri

	Linyit1 eşdeğeri linyit 2 miktarı (t/sezon)	Odun miktarı (t/sezon)	Linyit 2ve odundan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	Linyit1 eşdeğeri doğalgaz (m ³)	Odun eşdeğeri doğalgaz (m ³)	Toplam doğal gaz miktarı (m ³)	Doğalgazdan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	SO ₂ emisyon kuvveti (µg/m ² sn)
A1	0	0	0					0
A2	514	135	2401					0,07
A3	4968	2095	23349					0,71
B1	0	0	0					0
B2	2222	438	10354					0,32
B3	6283	2856	29567					0,9
C1				7162209	262237	7424446	71,2747	0,0022
C2				9110105	733444	9843549	94,4981	0,0029
C3	6711	2668	31512					0,96
D1				6085592	171274	6256866	60,0659	0,0018
D2				15826478	1721750	17548228	168,463	0,0052
D3				5847204	803920	6651124	63,8508	0,002
E1				15360249	0	15360249	147,4584	0,0045
E2				9143156	101617	9244773	88,7498	0,0027
E3	1825	545	8537					0,26

Bu senaryoda, senaryo V ek olarak kullanılan linyit tüketim miktarı 26601 ton dan 22523ton düşerek, ilgili gridlerde(A2-A3-B1-B2-B3E3) emisyon kuvvetlerinde yaklaşık 3.5 kat azalma sağlanmıştır. Yeni emisyon kuvvetleri kullanılarak, elde edilen günlük model sonuçları Çizelge 6.18 de verilmiştir. Kontrol VI model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları, ölçüm değerleri Çizelge 6.19 de verilmiştir. Çizelge 6.19 incelendiğinde senaryo VI uygulanarak hava kalitesinde ortalama %95 oranında iyileşme sağlanmaktadır. Kontrollü model sonuçları 7-18 µg/m³ arasında değişmektedir. Senaryo VI sonucunda elde edilen hava kalitesi seviyeleri, Hava Kalitesinin Korunması yönetmeliği ve WHO sınır değerlerinin çok altındadır.

Çizelge 6. 18 Kontrol senaryosu VI için günlük model sonuçları

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Model ort.
29.Kas	0	4,0696	45,5154	0	19,0281	61,6538	0,34	4,1896	60,9539	1,2799	4,7895	5,5294	2,3198	5,3295	15,2085	15,3471
30.Kas	2,3598	7,2293	37,4263	4,4996	24,9175	47,4353	6,4594	9,4491	50,6049	2,6897	5,0795	0,11	3,7396	1,4499	13,7086	14,4772
21.Ara	8,1666	11,988	36,0288	0,0378	25,0092	47,8548	1,5516	0,1836	47,8476	0,1152	2,7324	0,1602	0,225	0,1764	12,987	13,0043
31.Ara	5,053	8,8722	28,2942	3,1536	19,7802	35,865	2,7324	3,7512	38,2572	0,1044	1,197	0,0792	0,747	1,0908	10,3608	10,6225
18.Oca	5,445	10,3176	47,1564	0,0252	27,2988	59,7762	1,107	0,2052	63,72	0,1368	1,9827	0,1332	0,2988	0,1782	17,2692	15,67
22.Oca	0,2646	5,472	28,5588	2,7306	16,1532	37,0746	2,0268	3,7512	38,2716	2,1492	0,2214	0,1026	0,1926	1,107	10,3806	9,8971
23.Oca	0	6,6773	53,2998	1,3842	21,2922	67,8636	0,1566	0,2552	63,8028	0,1476	0,3726	1,8108	0,2988	0,207	17,2926	15,6574
24.Şub	0,33	5,1495	17,8582	3,4497	12,3388	22,6377	2,4998	4,6495	24,1476	2,6597	0,14	0,05	0,131	1,3083	6,5393	6,9259
02.Mar	8,4204	14,7888	47,1564	5,2542	32,967	59,7762	4,5551	6,2512	63,7614	0,1764	1,9953	0,1332	0,1638	1,8162	17,2692	17,6323
10.Nis	0,22	4,5995	24,2576	2,2898	13,5886	32,2268	1,7098	3,1597	32,2168	1,8098	0,19	0,108	0,163	0,9399	8,7391	8,4146

Çizelge 6. 19 Kontrol senaryosu VI model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri

	C1 GRİDİ						C2 GRİDİ			D1 GRİDİ			D2 GRİDİ			D3 GRİDİ			E1 GRİDİ				
	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ		% azalma
29.Kas	0	245	277	4	355	249	1	240	127	5	619	431	6	314	256	2	602	237	15	242	263		0,94
30.Kas	6	275	311	9	320	241	3	292	96	5	533	390	0	185	221	4	595	207	14	211	244		0,93
21.Ara	2	365	387	0	324	304	0	264	206	3	482	544	0	174	161	0	473	339	13	211	324		0,94
31.Ara	3	275	142	4	257	282	0	249	242	1	402	373	0	139	124	1	415	101	11	171	211		0,94
18.Oca	1	486	580	0	432	386	0	352	165	2	643	558	0	232	202	0	630	378	16	281	378		0,94
22.Oca	2	212	350	4	262	270	2	215	91	0	419	309	0	212	187	0	425	298	10	176	251		0,94
23.Oca	0	316	460	0	558	266	0	339	151	0	718	449	2	365	222	0	631	302	16	320	308		0,95
24.Şub	2	234	300	5	261	168	3	255	76	0	307	242	0	95	73	0	297	134	7	159	166		0,96
02.Mar	5	459	246	6	430	216	0	415	152	2	671	392	0	232	260	0	693	267	18	285	256		0,94
10.Nis	2	150	181	3	221	112	2	146	58	0	352	151	0	200	127	0	358	101	8	145	122		0,94

Çizelge 6.19 da KM:Kontrol I model sonuçları,KSM:Kontrol senaryosu uygulanmadan önceki model sonuçları, ÖLÇ:Ölçüm değerleri, KMORT:KM değerlerinin tüm gridler için ortalaması, KSMORT:KSM değerlerinin tüm gridler için ortalaması, ÖLÇORT:ölçüm değerlerinin ortalaması

6.1.7 Doğalgaz-Linyit1(%1S)- Fuel-Oil Birlikte Kullanımı

Kontrol senaryosu VII, kentin muhtelif bölgelerinde fuel-oil light ile beraber doğalgaz, linyit kullanımı için düşünülmüştür. Özel kalorifer yakıtı olarak bilinen(%1.5S) içerikli fuel-oil yerine, kükürt içeriği maksimum %1 olan fuel-oil light kullanılmıştır. E1 ve D2 gridlerinde doğal gaz, kat kaloriferi olan müstakil konutlar ve apartmanların olduğu C1-C2-C3-D1-D3-E2 gridlerinde fuel-oil light, diğer gridlerde %1S içeriğe sahip linyit kullanılması durumunda, kullanılacak yakıt miktarı ve SO₂ emisyon kuvvetleri Çizelge 6.20 de verilmiştir. Fuel-oil tüketimi ve buna bağlı olarak oluşan SO₂ emisyon kuvveti aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Fuel-oil (%1S) için kalorifik değer 10000kcal/kg olarak alınmıştır [2].

$$\text{C1 gridi için linyit1 eşdeğer fuel-oil miktarı} = 10185 * \frac{6350(kcal / kg)}{10000(kcal / kg)} = 6467\text{ton}$$

$$\text{C1 gridi için odun eşdeğeri fuel-oil miktarı} = 640 * \frac{3700(kcal / kg)}{10000(kcal / kg)} = 237\text{ton}$$

Fuel-oilden kaynaklanan SO₂ miktarı:

$$\frac{6704 * 10^3 kg}{0.95(kg / L)} * (142 * 0.12 * 1)(kg / 10^3 L) = 114236 kg SO_2$$

SO₂ emisyon kuvveti

$$Q_{so_2} = \frac{114236(kg) * 10^9 (\mu g / kg)}{6 * 30 * 86400(sn) * (1450 * 1450 m^2)} = 3.4 (\mu g / m^2 sn)$$

Senaryo VII gereği, kent alanında 18675 ton linyit, 6069 ton odun, 41616ton fuel-oil, 31186727ton doğalgaz tüketimi hesaplanmıştır. Linyit ve odun kullanımı ile atmosfere 291668 kg SO₂, fuel-oil kullanımı ile 709137kg SO₂, doğalgaz kullanımı ile 315kg SO₂ salınmaktadır. Linyit(%1S) yerine, fuel-oil kullanımı ile ilgili gridlerdeki (C1-C2-C3-D1-D3-E2) emisyon kuvvetlerinde 1.2 oranında azalma görülmüştür.

Çizelge 6. 20 Grid bazında doğalgaz-linyit1 ve fuel oil tüketimi ve SO₂ emisyon kuvvetleri

	Linyit1 miktarı (t/sezon)	Odun miktarı (t/sezon)	Linyit 1ve Odundan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	Linyit1+ odun eşdeğeri fuel-oil miktarı (t/sezon)	Fuel-oil den kaynaklanan SO ₂ (kg)	Linyit1 eşdeğeri doğalgaz (m ³)	Doğalgazdan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	SO ₂ emisyon kuvveti (µg/m ² sn)
A1	0	0	0					0
A2	607	135	9185					0,3
A3	5868	2095	80183					2,5
B1	0	0	0					0
B2	2624	438	35752					1,1
B3	7421	2856	137147					3,3
C1				6704	114236			3,4
C2				8888	151452			4,6
C3				6020	102581			3,1
D1				5650	96276			2,9
D2						17548228	168	0,0052
D3				6006	102342			3,1
E1						15360249	147	0,0045
E2				8348	142250			4,3
E3	2155	545	29401					0,9

Kontrol senaryosu VII çerçevesinde belirlenen yeni emisyon kuvvetleri kullanılarak, elde edilen günlük model sonuçları Çizelge 6.21 de verilmiştir. Kontrol VII model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm sonuçları Çizelge 6.22 de verilmiştir.

Çizelge 6.22 de senaryo VII ile belirlenen emisyon kuvvetleri kullanıldığında ortalama %55 azalma ve bu oranda hava kalitesinde iyileşme görülmektedir. Kontrollü model sonuçları 59-155 µg/m³ arasında değişmektedir. Yine hava kalitesi sınır değeri KVS nin altında seviyelerde kalmıştır. Ancak WHO günlük sınır değeri 125 µg/m³ geçen dört gün belirlenmiştir.

Çizelge 6. 21 Kontrol senaryosu VII için günlük model sonuçları

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Model ort.
29.Kas	0	17,4766	147,2953	0	65,7268	222,7777	199,0101	300,6699	233,7166	191,8608	57,8042	197,7602	37,8262	267,8332	93,3107	135,5379
30.Kas	0	15,8084	133,2767	1,4899	70,473	189,0711	191,7908	275,9424	194,6005	185,1915	30,257	163,4337	9,0491	242,1558	68,9331	118,0982
21.Ara	27,0018	46,1178	124,5348	60,066	84,0816	164,3868	174,24	258,426	154,4238	185,076	8,7606	154,4238	0,225	214,2	14,445	111,3606
31.Ara	17,2928	33,8724	99,6282	35,2548	68,0202	131,5098	161,4708	206,73	123,5394	138,4812	15,3223	123,5394	18,351	174,762	35,865	92,2426
18.Oca	18	40,7088	166,0428	40,0446	92,5848	219,168	229,068	325,044	205,884	205,884	219,69	6,012	205,884	0,2988	285,588	150,6601
22.Oca	1,134	21,402	100,7622	9,5148	56,3058	135,666	159,9498	207,864	148,3164	122,2326	22,8798	129,7746	23,0724	174,7782	52,1244	91,0518
23.Oca	0	46,5804	205,164	21,4128	112,4028	256,896	244,08	326,988	269,748	192,636	45,6894	223,74	0,2988	285,624	97,218	155,2319
24.Şub	1,4299	19,4781	62,8937	12,0088	43,4157	83,0117	116,3984	130,5069	77,9822	81,3619	14,9185	77,9822	29,0171	112,4588	22,6377	59,0334
02.Mar	28,8198	56,4534	166,0482	58,7592	113,3676	219,168	269,118	344,574	205,884	230,796	25,5366	205,884	30,5946	291,258	59,7762	153,7358
10.Nis	0	10,059	85,7614	0,9499	44,8455	117,6782	122,0478	186,4114	133,2367	117,8482	28,4772	116,2784	5,7594	154,1146	68,0032	79,4314

Çizelge 6. 22 Kontrol senaryosu VII model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri

	C1 GRİDİ				C2 GRİDİ				D1 GRİDİ				D2 GRİDİ				D3 GRİDİ				E1 GRİDİ											
	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ			KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ
29.Kas	199	245	277	301	355	249	192	240	127	58	619	431	198	314	256	38	602	237	136	242	263											0,44
30.Kas	192	275	311	276	320	241	185	292	96	30	533	390	163	185	221	9	595	207	118	211	244										0,44	
21.Ara	174	365	387	258	324	304	185	264	206	9	482	544	154	174	161	0	473	339	111	211	324										0,47	
31.Ara	161	275	142	207	257	282	138	249	242	15	402	373	124	139	124	18	415	101	92	171	211										0,46	
18.Oca	229	486	580	325	432	386	206	352	165	220	643	558	6	232	202	206	630	378	151	281	378										0,46	
22.Oca	160	212	350	208	262	270	122	215	91	23	419	309	130	212	187	23	425	298	91	176	251										0,48	
23.Oca	244	316	460	327	558	266	193	339	151	46	718	449	224	365	222	0	631	302	155	320	308										0,52	
24.Şub	116	234	300	130	261	168	81	255	76	15	307	242	78	95	73	29	297	134	59	159	166										0,63	
02.Mar	269	459	246	345	430	216	231	415	152	26	671	392	206	232	260	31	693	267	154	285	256										0,46	
10.Nis	122	150	181	186	221	112	118	146	58	28	352	151	116	200	127	6	358	101	79	145	122										0,46	

Çizelge 6.22 de KM:Kontrol I model sonuçları, KSM:Kontrol senaryosu uygulanmadan önceki model sonuçları, ÖLÇ:Ölçüm değerleri, KMORT:KM değerlerinin tüm gridler için ortalaması, KSMORT:KSM değerlerinin tüm gridler için ortalaması, ÖLÇORT:ölçüm değerlerinin ortalaması

6.1.8 Doğalgaz-Linyit2(%0.34S)- Fuel-Oil Birlikte Kullanımı

E1 ve D2 gridlerinde doğal gaz, C1-C2-C3-D1-D3-E2 gridlerinde fuel-oil, diğer gridlerde %0.34S içeriğe sahip linyit kullanılması durumunda, kullanılacak yakıt miktarı ve SO₂ emisyon kuvvetleri Çizelge 6.23 de verilmiştir.

Çizelge 6. 23 Grid bazında doğalgaz-liniyit2 ve fuel oil tüketimi ve SO₂ emisyon kuvvetleri

	Linyit2 miktarı (t/sezon)	Odun miktarı (t/sezon)	Linyit 2ve Odundan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	Linyit1+ odun eşdeğeri fuel-oil miktarı (t/sezon)	Fuel-oil den kaynaklanan SO ₂ (kg)	Linyit1 eşdeğeri doğalgaz (m ³)	Doğalgazdan kaynaklanan SO ₂ miktarı (kg)	SO ₂ emisyon kuvveti (µg/m ² sn)
A1	0	0	0					0
A2	514	135	2401					0,07
A3	4968	2095	23349					0,71
B1	0	0	0					0
B2	2222	438	10354					0,32
B3	6283	2856	29567					0,9
C1				6704	114236			3,4
C2				8888	151452			4,6
C3				6020	102581			3,1
D1				5650	96276			2,9
D2						17548228	168	0,0052
D3				6006	102342			3,1
E1						15360249	147	0,0045
E2				8348	142250			4,3
E3	1825	545	8537					0,26

Senaryo VIII de linyit miktarı %15 azalarak 15812 tona düşmüştür. Buna bağlı olarak atmosfere verilen SO₂ miktarı, 291668 kg ‘dan, 74208kg’ a düşmüştür. Yeni emisyon kuvvetleri kullanılarak, kontrollü model sonuçları Çizelge 6.24 de verilmiştir. Kontrol VIII model sonuçları kontrolsüz model sonuçları ve ölçüm sonuçları Çizelge 6.25 de gösterilmiştir.Çizelge 6.25 de kontrol senaryosu VIII uygulanarak, günlük hava kalitesinde ortalama %60 iyileşme sağlanmıştır. Kontol VIII model değerleri 47-113 µg/m³ arasında değişmektedir. Hava kalitesi sınır değerleri aşılmamıştır.

Çizelge 6. 24 Kontrol senaryosu VIII için günlük model sonuçları

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Model ort.
29.Kas	0	4,0696	41,7458	0	19,0281	68,7731	198,2902	290,7509	22,0778	188,8811	46,1854	197,7602	32,7367	262,3338	36,0264	93,9106
30.Kas	2,3598	7,2393	37,4263	4,4996	24,9275	47,4353	214,5985	262,4438	163,3937	187,2013	31,2769	163,4337	31,2769	243,4557	13,7086	95,6451
21.Ara	19,6326	11,9898	35,3682	60,786	45,225	44,8326	170,811	258,426	154,4238	185,076	2,7151	154,4238	0,225	214,2	12,951	91,4057
31.Ara	9,639	8,8722	28,2942	27,1638	27,8676	35,865	160,0974	206,73	123,5394	138,4812	12,9042	123,5394	16,9848	172,3428	10,3608	73,5121
18.Oca	13,0896	10,3176	47,1564	40,0446	40,7772	59,7762	226,782	325,044	205,884	219,69	1,9827	205,884	0,2988	285,588	17,2692	113,3056
22.Oca	0,2646	5,472	28,5588	2,7306	16,1532	37,0746	154,8054	207,864	148,2084	122,2326	22,8798	129,7746	23,0724	172,3608	26,6184	73,2047
23.Oca	0	26,3916	69,7212	21,4128	60,5952	92,5776	244,08	327,006	269,748	192,636	45,6894	219,708	0,2988	285,624	54,7092	127,3465
24.Şub	0,33	5,1495	17,8582	3,4497	12,3388	22,6377	109,909	130,5069	77,9822	81,3619	14,9185	77,9822	29,0171	109,4091	6,5393	46,626
02.Mar	16,065	14,7888	47,1564	45,2736	46,4454	59,7762	266,814	344,574	205,884	230,796	21,5064	205,884	28,3086	287,226	17,2674	122,5177
10.Nis	0	2,3498	24,2576	0,22	12,9887	32,2268	116,3384	178,7721	133,2367	113,5186	28,4772	116,2784	5,6694	154,1146	46,5353	64,3322

Çizelge 6. 25 Kontrol senaryosu VIII model sonuçları, kontrol yapılmadan önceki model sonuçları ve ölçüm değerleri

	C1 GRİDİ				C2 GRİDİ				D1 GRİDİ				D2 GRİDİ				D3 GRİDİ				E1 GRİDİ							
	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	KM	KSM	ÖLÇ	ORT	ORT		% azalma
29.Kas	198	245	277	291	355	249	189	240	127	46	619	431	198	314	256	33	602	237	94	242	263	94	242	263			0,61	
30.Kas	215	275	311	262	320	241	187	292	96	31	533	390	163	185	221	31	595	207	96	211	244	96	211	244			0,55	
21.Ara	171	365	387	258	324	304	185	264	206	3	482	544	154	174	161	0	473	339	91	211	244	91	211	244			0,57	
31.Ara	160	275	142	207	257	282	138	249	242	13	402	373	124	139	124	17	415	101	74	171	211	74	171	211			0,57	
18.Oca	227	486	580	325	432	386	220	352	165	2	643	558	206	232	202	0	630	378	113	281	378	113	281	378			0,6	
22.Oca	155	212	350	208	262	270	122	215	91	23	419	309	130	212	187	23	425	298	73	176	251	73	176	251			0,59	
23.Oca	244	316	460	327	558	266	193	339	151	46	718	449	220	365	222	0	631	302	127	320	308	127	320	308			0,6	
24.Şub	110	234	300	130	261	168	81	255	76	15	307	242	78	95	73	29	297	134	47	159	166	47	159	166			0,7	
02.Mar	267	459	246	345	430	216	231	415	152	22	671	392	206	232	260	28	693	267	123	285	256	123	285	256			0,57	
10.Nis	116	150	181	179	221	112	114	146	58	28	352	151	116	200	127	6	358	101	64	145	122	64	145	122			0,56	

Çizelge 6.25 de KM:Kontrol I model sonuçları,KSM:Kontrol olmadan alınan model sonuçları, ÖLÇ:Ölçüm değerleri, KMORT:KM değerlerinin tüm gridler için ortalaması,

KSMORT:KSM değerlerinin tüm gridler için ortalaması, ÖLÇORT:ölçüm değerlerinin ortalaması

6.1.9 Kontrol Senaryolarının Aylık ve Sezon Ortalaması için Uygulanması

Aylık ortalama-sezonluk model hesapları için, aylık ve sezonluk ortalama rüzgar hızı ,rüzgar yönü esme frekansı kullanılmaktadır. Her kontrol senaryosuna göre grid karelerde değişen emisyon kuvvetlerine göre model hesaplama yapmaktadır. Aylık olarak atmosferik stabilite, ençok tekrarlanan kararlılık sınıfı (D) dikkate alınmıştır. Sezonluk hesaplamalarda nötr (D) stabilite kullanılmaktadır(Hanna S.R,1973).

Kontrol senaryolarına göre, aylık ve sezonluk hesaplanan model sonuçları Çizelge 6.25-6.31 arasında verilmiştir. Kontrol senaryolarına göre aylık ve sezon ortalama model sonuçlarının karşılaştırılması Şekil6.1 de gösterilmiştir.

Çizelge 6. 26 Kontrol senaryolarına göre kasım ayı ortalama model değerleri ve ölçüm değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	KSM	ÖLÇ
A1	5	12	4	9	5	1	11	8	18	
A2	10	31	8	25	22	6	30	13	34	
A3	39	137	39	131	127	36	135	47	137	
B1	9	23	7	15	6	2	20	16	30	
B2	30	94	27	72	64	19	87	43	101	
B3	56	204	56	175	160	44	183	71	179	
C1	67	215	62	74	10	3	176	171	232	254
C2	91	298	86	105	16	4	247	241	306	196
C3	75	212	61	166	153	44	169	165	230	
D1	73	217	63	176	5	1	155	152	224	108
D2	154	82	24	31	10	3	36	35	495	284
D3	74	228	66	175	6	2	166	163	216	155
E1	141	58	17	12	6	2	17	16	469	169
E2	108	280	81	83	2	1	206	204	292	
E3	37	111	32	50	43	12	59	29	83	
ORTALAMA	65	147	42	87	42	12	113	92	203	194

Çizelge 6. 27 Kontrol senaryolarına göre aralık ayı ortalama model değerleri ve ölçüm değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	MB	ÖLÇ
A1	5	14	4	13	12	3	14	7	16	
A2	9	31	8	28	28	7	30	10	29	
A3	30	104	30	103	101	29	105	32	105	
B1	9	28	8	20	12	3	26	17	30	
B2	21	71	22	65	62	18	69	29	74	
B3	39	142	39	139	134	37	142	45	135	
C1	62	195	56	64	9	3	161	159	215	175
C2	73	246	71	88	15	5	212	210	254	148
C3	49	156	45	140	132	38	145	142	169	
D1	59	162	47	152	1	0	132	132	205	73
D2	118	39	11	31	4	1	34	32	413	211
D3	53	156	45	148	4	1	139	137	184	115
E1	110	28	8	12	3	1	23	21	401	154
E2	73	220	64	71	4	1	178	175	254	
E3	24	57	17	45	37	11	54	28	84	
ORTALAMA	49	110	32	75	37	11	98	78	171	146

Çizelge 6. 28 Kontrol senaryolarına göre ocak ayı ortalama model değerleri ve ölçüm değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	MB	ÖLÇ
A1	9	20	6	15	8	2	18	14	30	
A2	17	50	13	39	34	9	48	22	56	
A3	60	210	60	203	195	55	208	72	210	
B1	14	37	11	23	9	2	32	26	50	
B2	46	141	41	111	98	28	134	66	159	
B3	79	285	79	269	247	68	280	108	272	
C1	103	330	94	114	16	5	271	263	358	369
C2	136	441	127	158	24	7	378	367	472	248
C3	99	279	81	256	236	69	260	253	344	
D1	100	294	85	270	8	2	241	235	350	133
D2	218	68	20	48	16	5	59	57	756	354
D3	94	288	83	269	13	4	254	248	327	187
E1	200	32	10	20	9	3	27	27	724	294
E2	129	395	114	128	3	1	317	315	449	
E3	36	97	28	80	68	20	92	45	126	
ORTALAMA	89	198	57	134	66	19	175	141	312	264

Çizelge 6. 29 Kontrol senaryolarına göre şubat ayı ortalama model değerleri ve ölçüm değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	MB	ÖLÇ
A1	4	13	4	11	9	2	12	7	15	
A2	10	33	9	30	28	7	32	11	32	
A3	42	148	42	145	142	40	147	46	144	
B1	8	25	7	17	9	2	22	16	28	
B2	28	93	27	82	78	22	90	37	94	
B3	56	204	56	197	189	52	201	66	184	
C1	79	253	73	83	11	3	207	203	271	286
C2	102	344	99	119	18	5	293	287	332	190
C3	74	232	67	199	182	53	213	208	219	
D1	75	225	65	208	4	1	182	179	259	92
D2	165	55	16	45	10	3	47	45	570	282
D3	80	220	64	210	7	2	194	191	249	127
E1	153	26	8	14	6	2	22	21	552	199
E2	106	305	88	98	3	1	244	242	348	
E3	37	90	26	66	52	15	82	47	143	
ORTALAMA	68	151	43	102	50	14	133	107	229	196

Çizelge 6. 30 Kontrol senaryolarına göre mart ayı ortalama model değerleri ve ölçüm değerleri

	K1	KL2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	MB	ÖLÇ
A1	5	13	4	11	8	2	12	7	16	
A2	9	30	8	21	25	6	29	11	31	
A3	33	116	33	113	111	31	115	37	116	
B1	8	23	7	17	11	3	21	13	27	
B2	24	78	22	67	63	18	76	32	84	
B3	44	159	44	153	145	40	157	54	151	
C1	63	206	59	69	11	3	169	166	218	153
C2	78	260	75	94	19	5	223	218	271	117
C3	54	165	48	152	143	42	154	148	188	
D1	63	174	50	162	3	1	142	140	219	61
D2	128	45	13	33	7	2	39	37	443	175
D3	55	170	49	162	11	3	150	146	192	98
E1	120	33	10	17	5	2	28	26	434	129
E2	79	236	68	76	4	1	190	187	273	
E3	23	62	18	52	43	12	59	30	81	
ORTALAMA	52	118	34	80	41	11	104	83	183	122

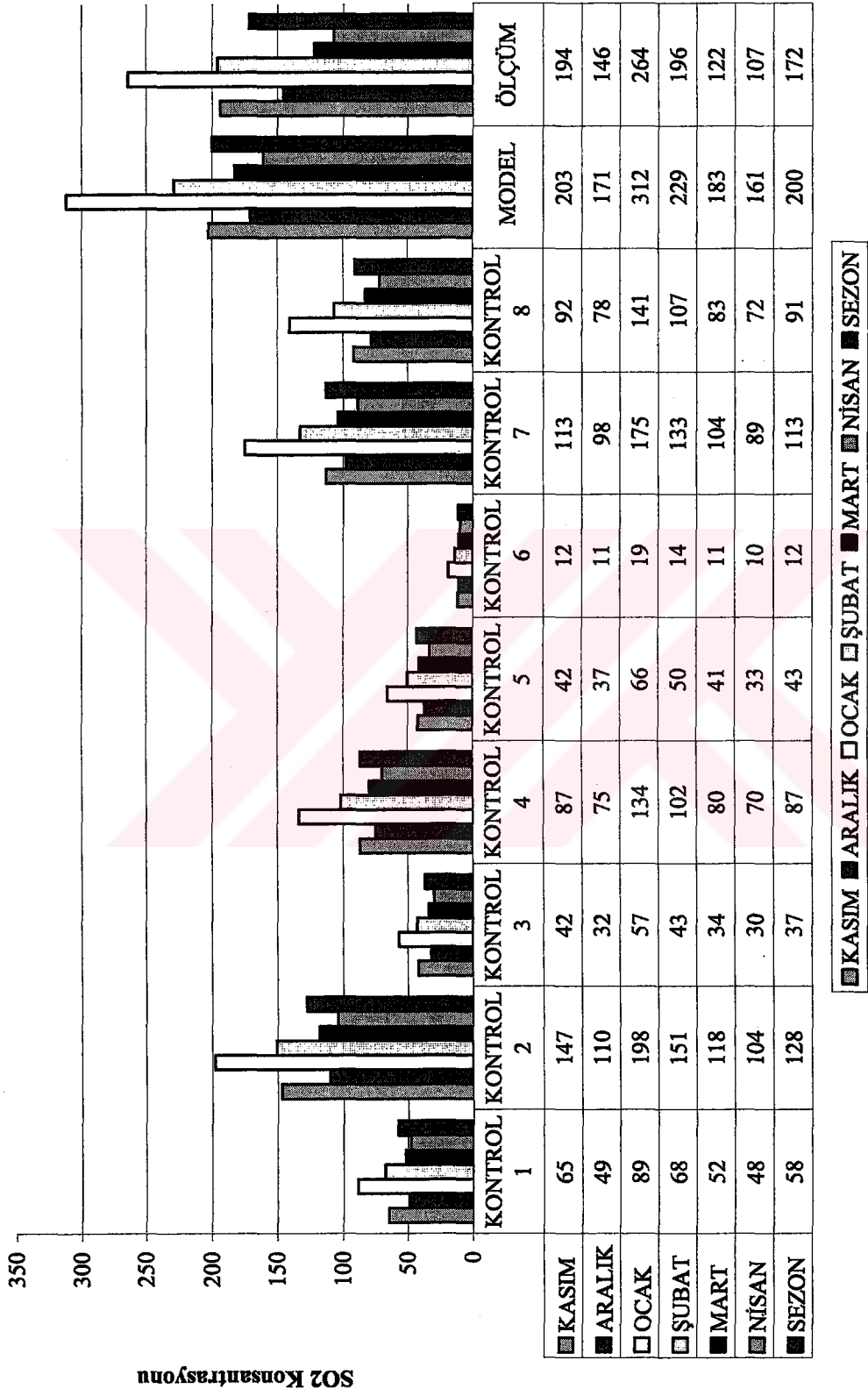
Çizelge 6. 31 Kontrol senaryolarına göre nisan ayı ortalama model değerleri ve ölçüm değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	MB	ÖLÇ
A1	3	9	2	7	4	1	7	5	12	
A2	8	24	6	20	18	5	22	9	24	
A3	32	112	32	107	103	29	107	37	108	
B1	6	15	4	11	6	2	13	9	19	
B2	23	73	21	57	51	15	67	32	77	
B3	43	156	43	144	130	36	147	58	144	
C1	54	177	51	58	7	2	140	138	179	164
C2	72	237	69	85	11	3	196	193	240	106
C3	57	150	44	135	124	36	135	133	191	
D1	51	147	43	141	2	1	116	115	171	54
D2	118	32	10	25	4	1	27	26	397	140
D3	53	159	46	144	3	1	135	133	179	67
E1	104	15	5	7	3	1	13	12	365	108
E2	68	209	60	67	2	1	162	161	230	
E3	21	52	15	40	34	10	47	24	73	
ORTALAMA	48	104	30	70	33	10	89	72	161	107

Çizelge 6. 32 Kontrol senaryolarına göre sezonluk ortalama model değerleri ve ölçüm değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	MB	ÖLÇ
A1	5	13	4	11	8	2	12	7	16	
A2	10	32	8	27	26	7	31	12	32	
A3	37	129	37	126	122	35	128	42	128	
B1	8	25	7	17	9	3	22	15	29	
B2	27	86	25	72	67	19	82	36	92	
B3	49	177	49	169	159	44	174	62	168	
C1	68	219	63	73	10	3	180	176	235	234
C2	86	287	83	103	17	5	246	241	298	168
C3	62	184	53	166	154	45	170	166	215	
D1	66	189	55	176	3	1	154	152	229	87
D2	141	45	13	34	8	2	39	38	486	241
D3	63	187	54	175	7	2	164	162	217	123
E1	130	26	8	14	5	2	22	21	468	176
E2	86	257	74	83	3	1	206	204	297	
E3	27	67	19	54	44	13	63	33	93	
ORTALAMA	58	128	37	87	43	12	113	91	200	172

K1:kontrol senaryosu I, K2: kontrol senaryosu II, K3: kontrol senaryosu III, K4: kontrol senaryosu IV, K5:kontrol senaryosu V, K6:kontrol senaryosu VI, K7:kontrol senaryosu VII, K8:kontrol senaryosu VIII, MB:kontrol senaryoları uygulanmadan önceki model sonuçları, ÖLÇ: ölçüm değerleri



Şekil 6.1 Kontrol senaryolarının aylık ve sezonluk periyotlar için karşılaştırılması

Şekil6.1 incelendiğinde, aylık ve sezonluk ortalama değerlerin, hava kalitesi kış sezonu ortalaması sınır değerlerinin altında kaldığı görülmektedir. Ocak ayı için 2 ve 7 nolu kontrol senaryosu UVS değerini aşan değerler vermiştir. Diğer kontrol senaryoları UVS ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) değerini geçmemiştir. Kontrol senaryosu 6 en iyi hava kalitesi değerlerini vermektedir. Aylık ve sezonluk ortalamalar $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altındadır. Kontrol 5 ve Kontrol 6 senaryoları kentte doğalgazın altyapı uygun olan tüm alanlara dağıtılmasını planlamaktadır. Bu uzun vadede düşünülecek, en geçerli plandır. Kontrol 4 model sonuçları $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ altındadır. Erzurum ilinde doğalgaz döşemesi, D2 ve E1 gridlerini içine alan bölgelerde dağıtılmak üzere altyapı çalışmaları devam etmektedir. Şehir merkezinde (C1,C2) %0.34S içerikli linyit kullanımına teşvik edilmesi suretiyle uygulanması en olası plandır. Diğer bölgelerde, mevcut yakıt (%1S) linyit kullanımına devam edilebilir. Fuel-oil light (maksimum%1S), piyasada kullanılmaktadır. Ancak konutlarda ısınma amaçlı kullanılan fuel-oil daha yüksek kükürt içeriğine sahiptir.

Kontrol senaryoları hava kalitesini iyileştirme yanında ekonomikliği ile de dikkate alınmalıdır. Standartlara uygun sonuçlar veren senaryolar, ekonomik oldukları müddetçe uygulama imkanı bulabilirler. Fayda-maliyet açısından en uygun yöntemin araştırılması gerekmektedir. Burada hava kalitesi kontrolünde herhangi bir arıtım ünitesi önerilmediğinden, yakıt değişimi durumunda, şehirde yakıt tüketiminin toplam maliyeti üstünden ekonomik bir değerlendirme yapılmıştır. Kontrol senaryolarında önerilen ithal linyit için birim fiyat 250.00TL/kg, doğalgaz için birim fiyat 350.000 TL/ m^3 , fuel-oil için 959.000 TL/kg [2] olarak alınıp, maliyet hesabı yapılmıştır. Bu durumda kentin yakıt ihtiyacına göre maliyet hesabı Çizelge 6.33 de gösterilmiştir. Çizelge 6.33 incelendiğinde senaryo II,V,VII ve VIII, kentte linyit (%1S) kullanımı durumuna göre ekonomik açıdan daha pahalı uygulamalardır. Hava kalitesinde yaptığı iyileşmeler dikkate alındığında, en iyiden en kötüye V, VIII, VII, II olarak sıralanabilir. Sezon ortalamaları Senaryo V, VIII, VII, II için sırasıyla $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $128 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dir. Bu durumda senaryo VII ve II diğerlerine göre ekonomik olmaması ve hava kalitesinde iyileşmede de daha zayıf olması sebebiyle elimine edilebilir. Hava kalitesi açısından en iyi iyileştirmeyi senaryo VI uygulandığında elde etmekteyiz. Maliyeti dikkate alındığında ($3.09 \cdot 10^{13}$ TL), mevcut yakıt kullanımından ($3.16 \cdot 10^{13}$ TL) daha az para sarfiyatına neden olmaktadır. Ancak şehrin C1-C2-D1-D2-D3-E1-E2 gridlerinde doğalgaz döşemesinin yapılmış olması gerekmektedir. Erzurum ilinde, doğal gaz altyapı çalışmaları D2-E1 gridlerine öncelik verilerek başlamış bulunmaktadır. Diğer bölgelerde (C1-C2-D1-D3-E2) aynı çalışmanın yürütülmesi uzun vadede tamamlanacak bir planlamadır. Aynı şekilde senaryo V için de, aynı bölgelerde (C1-C2-D1-D2-D3-E1-E2) doğalgaz

uygulaması önerilmişti, ancak maliyet açısından uygun bir strateji olmadığı görülmektedir. Senaryo VII uygulaması hem uzun vadede uygulanabilecek ancak ekonomik anlamda uygun olmayacak bir senaryodur. Senaryo I, III ve IV ekonomik olarak en uygun stratejilerdir. Toplam tüketim maliyetleri sırasıyla $2.62 \cdot 10^{13}$ TL, $2.83 \cdot 10^{13}$ TL, $3.1 \cdot 10^{13}$ TL olarak hesaplanmıştır. En düşük maliyet tüm şehirde %0.34 S içerikli ithal linyit kullanımı ile olmaktadır. Ancak tüm şehirde aynı nitelikte yakıtı kullanmak oldukça güçtür. Doğalgaz planlaması dikkate alındığında, senaryo III ve IV en uygulanabilecek stratejilerdir. %0.34 S (kükürt) içerikli yakıt 2001-2002 kış sezonunda yaklaşık 20000 ton civarında kullanılmıştır. Senaryo III ve IV de düşük kükürtlü yakıttan sırasıyla 67490 ton ve 53503 ton yakıldığı hesaplanmıştır. Bu nitelikte yakıtın satılmasının teşviğiyle, III ve IV uygulanabilecek planlamalardır. Ancak hava kalitesi değerleri ve ekonomikliği dikkate alındığında senaryo III en uygulanabilecek kısa vadedeki en uygun çözümdür. Uzun vadede senaryo VI, hava kalitesi açısından en iyi, ancak ekonomik olarak mutedil bir çözümdür.

Çizelge 6.33 Kontrol senaryolarına göre tüketilen yakıt miktarı ve maliyet hesabı

	Linyit I		Linyit II		Fel-oil		Doğalgaz		Toplam maliyet (10 ¹³ TL)
	Tüketim Miktarı (ton/sezon)	Maliyet (10 ¹³ TL)	Tüketim miktarı (ton/sezon)	Maliyet (10 ¹³ TL)	Tüketim miktarı (ton/sezon)	Maliyet (10 ¹³ TL)	Tüketim miktarı (m ³ /sezon)	Maliyet (10 ¹³ TL)	
BM	124061	3,16							3,16
K1			105038	2,62					2,62
K2	79712	2,03					32908477	1,15	3,18
K3			67490	1,68			32908477	1,15	2,83
K4	24835	0,62	53503	1,33			32908477	1,15	3,1
K5	26601	0,66					72329235	2,53	3,19
K6			22523	0,56			72329235	2,53	3,09
K7	18675	0,46			41616	3,99	32908477	1,15	5,6
K8			15812	0,39	41616	3,99	32908477	1,15	5,53

7. SONUÇLAR

Erzurum ili için yapılan emisyon envanteri ve hava kalitesi modelleme çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde değerlendirilebilir:

7.1 Yakıt Kullanımının Değerlendirilmesi

Yakıt tüketimini etkileyen parametreler iki kısımda ele alınmıştır:

- 1)Yapısal parametreler; binaların taban alan genişliği ve binalardaki nüfus yoğunluğunun etkileri
- 2)Meteorolojik parametreler; sıcaklık , sıcaklık-rüzgar hızının etkileri olarak dikkate alınmıştır.

Binalarda ısınma amacıyla yakıt kullanımını etkileyen farklı birçok etken bulunmaktadır. Bunlar konut taban alan genişliği, ısıtma sistemi(merkezi veya sobalı), bina izolasyonunun olup olmaması , konutta yaşayan ailenin yapısı, ailenin ekonomik durumu, yaşanan bölgenin meteorolojik özellikleri gibi faktörler olarak sıralanabilir (Douthitt,1998; Hutton 1984). Bu çalışma kapsamında konut taban alan genişliği , konutta yaşayan kişi sayısı ve meteorolojik etkenler dikkate alınmıştır. Daire başına günlük yakıt tüketimini belirlemek amacıyla, yakıt tüketim faktörleri geliştirilmiştir. Konut taban alan genişliği ve konut nüfus yoğunluğunun yakıt kullanımına etkisi için, rastgele olarak belirlenen 65 konutun (41 sobalı, 24 kaloriferli olmak üzere) verileri dikkate alınmıştır. Kaloriferli konutlarda yakıt tüketimi, nüfus yoğunluğundan ziyade alan genişliği ile ilişkilidir. Ancak sobalı konutlar için, nüfus yoğunluğu da dikkate alınmıştır. 41 sobalı daire , 40 m² den küçük, 40-59 m², 60-79 m², 80-99 m², 100-119 m², 120-139 m² ve 140 m² den büyük olmak üzere 7 taban alan grubuna ayrılmıştır. 40-59 m² grubunda hiç veri alınamamıştır. 60-79 m² grubunda ortalama kömür tüketimi 1.5ton/sezon, odun tüketimi 580 kg/sezondur. Bu grupta ortalama 4 kişi için 1.5 ton/sezon kömür tüketimi mevcuttur. 80-99 m² grubu için, ortalama 1.9tonkömür/sezon, 750 kg/sezon odun tüketimi belirlenmiştir. Ortalama 4 kişi için 1.9 ton kömür/sezon miktarı hesaplanmıştır. 100-119 m² grubu için ortalama kömür 2 ton/sezon, odun 570 kg/sezon olarak belirlenmiştir. Ortalama 4 kişi için kömür tüketimi 2 ton/sezon olarak hesaplanmıştır.120-139 m² alan grubu için ortalama kömür tüketimi 2 ton/sezon, odun tüketimi 580 kg/sezon olarak bulunmuştur. Ortalama 4 kişi için kömür tüketimi 2 ton/sezon olarak bulunmuştur. Taban alan genişliği 100 m² ve yukarısı için etkili olmamaktadır. Konutta yaşayan kişi sayısının da yakıt tüketimi üzerinde etkinin olmadığı görülmüştür. 41 sobalı evden alınan bilgiler ışığında, sobalı konutlar için sezonluk kömür tüketimi 2 ton, sezonluk odun

tüketimi 600kg olarak alınmıştır. Kaloriferli konutlar , 100-119m², 120-139 m² ve 140m² den büyük olmak üzere üç taban genişliği grubuna ayrılmıştır. 100-119 m² taban grubu kömür tüketimi ortalama 2.3 ton/sezon, odun tüketimi 560 kg/sezon ; 120-139 m² taban grubu ortalama kömür tüketimi 2.6 ton/sezon, odun tüketimi 510 kg/sezon; 140 m² den büyük taban grubu için ortalama kömür tüketimi 2.7 ton/sezon, odun tüketimi 1375 kg/sezon olarak belirlenmiştir. Aynı taban grubunda olup da kömür ve odun tüketiminde bina izolasyonu, rüzgara açık cephelerinin olup olmaması ile alakalı olarak farklılıklar görülmüştür. Ancak hem sobalı hem de kaloriferli konutlar için ortalama tüketim değerleri kullanılarak, ilgili taban grubu tüketim miktarları oluşturulmuştur. Kaloriferli konutlar için ortalama kömür tüketimi 2.5 ton/sezon, odun tüketimi 1000kg/sezon olarak alınmıştır. 75 m² den küçük sobalı konutlar, gecekondular olarak değerlendirilmiştir ve ortalama kömür tüketimi 1250 kg/sezon, odun tüketimi 500 kg/sezon olarak belirlenmiştir.

Meteorolojik parametrelerin yakıt tüketimine etkileri araştırılmıştır. Bunun için

- 1) sıcaklık,
- 2) sıcaklık-rüzgar hızına

bağlı olarak yakıt kullanım indisleri geliştirilmiştir. 20sobalı olmak üzere toplam 85 dairede 23 Aralık-28Nisan 2003 arasında, günlük tüketilen yakıt miktarları izlenmiştir. Günlük olarak sıcaklık ve rüzgar hızı verisi de takip edilmiştir. Konutlarda günlük olarak takip edilen yakıt tüketim miktarlarında ilgili konutlar için fazla değişiklik kaydedilmemiştir. Her konutun, sıcaklık değişimine bağlı olarak günlük tükettiği toplam yakıt miktarı üzerinden ifade edilen , yakıt kullanım indeksi ($YKİ1 = \frac{\text{toplam yakıt (ton)}}{\text{daire.gün}}$) 8.69-16.61 (kg kömür/daire.gün) arasında değişmektedir. $YKİ1$, 2001-2002 kış sezonu için toplam yakıt tüketimi hesabında test edilmiş, toplam yakıt 118442 ton olarak, %4.4 lük hata ile bulunmuştur. $YKİ2$ ise sıcaklık-rüzgar hızı beraber dikkate alınarak üretilmiştir. Rüzgar hızının en şiddetli olduğu aralıklar, sıcaklığın en düşük olduğu aralıklara oranlanarak elde edilen $U_{max}/T(^{\circ}K)_{min}$, $YKİ2$ 38.8-3.8 arasında değişmektedir. $YKİ2$ de 2001-2002 kış sezonu için test edilmiş, toplam yakıt 119842 ton olarak, %3.4 lük hata ile belirlenmiştir. $YKİ2$ değerleri kullanılarak, herhangi bir tarih için, günlük yakıt tüketimini hesaplamak mümkündür. Günlük meteorolojik parametrelere bağlı olarak geliştirilen bu indeks, o gün şartlarında hesaplanacak en doğru tüketim miktarlarını vermektedir. Gün içerisindeki sıcaklık ve rüzgar hızı değişimine bağlı olarak, hergün için farklı yakıt tüketim miktarı bulmak mümkündür. Güne özel olarak hesaplanacak yakıt tüketimi hesaplanarak, o güne

ait kirletici emisyonunu hesaplamak mümkündür. Rastgele olarak belirlenen 4aralık,10ocak, 18ocak, 5şubat, 25şubat, 16şubat, 24şubat, 1mart, 5mart, 26mart günleri için YKİ2 kullanılarak, günlük yakıt tüketimleri hesaplanmıştır. Bu günlere ilişkin faktör grubu çokçok küçük-orta2 grubu arasında yer almaktadır.

7.2 Emisyon Miktarlarının Değerlendirilmesi

Isıtma tipine bağlı olarak geliştirilen, birim konut yakıt tüketim miktarları kullanılarak; 2001-2002 kış sezonunda toplam 124061 ton kömür, 17997 ton odun tüketildiği bulunmuştur. Çalışma bölgesi 1.45km*1.45km lik grid alanlara ayrılarak, toplam 15 gridde emisyon kuvvetleri, AP-42 emisyon faktörü taban verisi kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyon envanteri çalışmasında, yerleşim bölgelerinden kaynaklanan sezonluk toplam emisyon miktarları hesaplanmıştır. Çalışma peryodunda tüketilen yakıt (kömür+odun) miktarından sezonluk atmosfere verilen SO₂ 1740786 kg olarak hesaplanmıştır. Grid alanlardaki emisyon kuvvetleri 0-9.5 µg/m²sn arasında değiştiği ve kent üzerindeki toplam emisyon şiddetinin ise 52.4 µg/m²sn olduğu hesaplanmıştır. YKİ2 kullanılarak elde edilen günlük yakıt tüketiminin bulunması ile 4 aralık-26mart arasında rastgelelikle belirlenen 10 gün için kent üzerindeki toplam emisyon kuvveti 49.9-64 µg/m²sn arasında değişmektedir. Faktör kullanılmadan hesaplanan emisyon kuvvetine oranla 0.95-1.22 arasında farklı değerler almaktadır. Hava kalitesi ölçümleri, çalışma alanının 6 farklı noktasında yapılmaktadır. Rüzgar hızı ve sıcaklık değerlerinin düşmesi ile SO₂ seviyelerinde artışlar görülmüştür. 2001-2002 kış sezonu için ortalama SO₂ ölçüm değeri 172 µg/m³ olarak bulunmuştur.

7.3 Hava Kalitesi Modelleme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu tezde, Gauss Hüzme eşitliğine dayanan ATDL kutu modeli kullanılarak yer seviyesindeki hava kirletici konsantrasyonları hesaplanmıştır. Kirletici konsantrasyonları ve çalışma bölgesindeki dağılımları, günlük, aylık ve sezonluk ortalamalar olarak belirlenmiştir. Modelleme sonucunda hesaplanan SO₂ konsantrasyonlarında en yüksek değerler, bina sayısının ve dolayısıyla nüfusun yoğun olduğu gridlerde belirlenmiştir. Model konsantrasyonları ölçüm değerleri ile karşılaştırılmış, modelin kalibrasyonu ve verifikasyonu gerçekleştirilmiştir. Modelin çalışma şartları ortaya konduktan sonra, model hava kalitesini iyileştirme senaryolarının geliştirilmesinde kullanılmıştır.

Modele göre, hem günlük, hemde aylık ve sezonluk tahminlerde, en yüksek konsantrasyon D2 ve E1 gridlerinde hesaplanmıştır. D stabilite ve sezonluk ortalama rüzgar hızına (2.5m/s) göre hesaplanmış sezonluk değerleri D2 için $486 \mu\text{g}/\text{m}^3$, E1 için $468 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dir. En yüksek aylık ortalama değerler D2 için $756 \mu\text{g}/\text{m}^3$, E1 için $724 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Aylık ortalama değerlerin hesaplanmasında en çok tekrarlanan, nötr atmosferik şartlar dikkate alınmıştır. Sezonluk hesaplamalarda ise nötr şartlar dikkate alınmaktadır (Hanna S.R,1970). Günlük hesaplamalar için, günlük rüzgar hızı ve yönü verileri derlenmiş, stabilite değeri Pasquill-Gifford stabilite tablosu kullanılarak; rüzgar hızı ve bulutluluğun bir fonksiyonu olarak, gün için ortalama değer olarak belirlenmiştir. Günlük model tahminleri takip edildiğinde, rüzgar hızının minimum olduğu günlerde yüksek sonuçlar çıkmıştır. Kasım ayı için pik yapan değer 19 Kasım gününe aittir. SO_2 konsantrasyonu $771 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Bu güne ait meteorolojik şartlar dikkate alındığında, kararlı atmosferik yapının olduğu, rüzgar hızının ortalama 2.2 m/s olduğu görülmektedir. Model E stabiliteye sahip günler için genelde yüksek değerler vermiştir. Aralık ayında pik yapan değer 5 şubat için $1510 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dır. Bugüne ait rüzgar hızı 0.3 m/s, nötr atmosferik yapı vardır. Ancak rüzgar hızının düşük olması, tahmin sonucunu yükseltmiştir. Ocak ayı kararlı atmosferik yapının en çok görüldüğü aydır. 17 Ocak günü hem kararlı atmosferik yapının hemde rüzgar hızının çok düşük olduğu bir gündür. Ocak ayı için model, bu günde pik değer vermiştir. Şubat ayı için pik değer 4 şubat gününde alınmıştır. 4, 21, 22 şubat günleri için model değeri ölçüm değerinin 8 katı civarındadır. Mart ayında, pik değer 3 mart günü için, $2348 \mu\text{g}/\text{m}^3$, olarak bulunmuştur. Model tahmini/ölçüm değeri oranı en yüksek olan gün ise 4 mart olup, bu değer 13 e ulaşmıştır. Bu günde atmosferik stabilite nötr dır, ancak rüzgar hızı 0.4 m/s gibi küçük bir değere sahiptir. Nisan ayında ortalama rüzgar hızı arttığından (1-6.4 m/s) model hesapları, ölçüm değerlerine yaklaşmıştır. 11 Nisan günü rüzgar hızı 1m/s iken, model tahmini ölçüm değerinin 3.6 katı, $473 \mu\text{g}/\text{m}^3$, olarak hesaplanmıştır.

Gridler bazında yapılan karşılaştırmada, aylık ortalama model sonuçları mekana göre değerlendirilmiştir. 3*5 gride ayrılan çalışma bölgesinde, genelde D2 ve E1 gridlerinde model sonuçları ile ölçüm değerleri arasında farklılıklar görülmüştür. Emisyon envanterindeki en yüksek emisyon kuvveti değerleri sırasıyla E1 ($9.5 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$) ve D2 ($9.4 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$) aittir. E1 gridi hakim rüzgar yönünde hava koridorlarına açık bulunan bir griddir. Bu sebeple ölçüm değerleri genelde beklenen altındadır. Bina ve nüfus yoğunluğu açısından şehrin başta gelen gridi olmasına rağmen, topoğrafik yapısı (yerleşim olarak şehre göre daha yüksekte bulunması),

binalaşmanın rüzgar yönünü kesmesi nedeniyle, ölçüm değerleri model sonuçlarına göre düşük değerlere sahiptir. D2 gridi bina ve nüfus yoğunluğu fazla olan bir griddir. Ancak, hakim rüzgar yönünde meyilli bir arazide bulunması , kirleticilerin dağılımını kolaylaştırmaktadır. Buda daha düşük ölçüm değerlerine neden olmaktadır. Model-ölçüm değerleri arasında en iyi uyum C1 gridinde mevcuttur. Bina yoğunluğu fazla değildir Özellikle kamu-kurum kuruluşlarının ve lojmanlarının bulunduğu bu gridda, yakıt cinsi ve tüketimi oldukça kontrollüdür.

ATDL kompleks model, E stabilite ve D stabilitede düşük rüzgar hızlarında yüksek tahmin sonuçları vermiştir. ATDL modelin düşük rüzgar hızları için şüpheli sonuçlar ürettiği, bu durumda modelin çalıştırılabilmesi için uygun rüzgar hızı aralığının belirlenerek, bu aralık sınırlarında tekrar hesaplama yapılması gerektiği vurgulanmıştır (Simpson R.W et al, 1983). Aynı şekilde ISC modelinin de düşük rüzgar hızlarında (1m/s den düşük) yüksek sonuçlar verdiği, bu şartlarda rüzgar hızı 1m/s alınarak hesap yapıldığı bildirilmiştir (Hao J. et al, 2000). Erzurum ili için yapılan bu çalışmada, E (kararlı) stabilite ve rüzgar hızının 0.5 m/s nin altında olduğu belirlenen 8 gün için, ATDL model %95 hata ile okuma yapmıştır. Aynı şekilde D stabilite ve 0.5 m/s den düşük rüzgar hızına sahip 21 gün için, model %82 hata ile okuma yapmıştır. Rüzgar hızı 0.5m/s nin üzerindeki stabilite kategorisi D, E, C olan diğer günler dikkat alındığında, model bu günlerde ölçüm sonuçlarına daha yakın sonuçlar vererek; FB, NMSE ve R^2 değerlerinde iyileşme görülmüştür. D stabilite ve rüzgar hızı 0.5m/s altındaki günlere ait model sonuçları 0.18 katsayısı ile, E stabilite deki günlere ait model sonuçları 0.05 katsayısı ile çarpılarak, hata payı düşürülmüştür. Bu günlere ait stabiliteye bağımlı olan A parametresi 17-20 arasında bulunmuştur. A parametresinin, kararsız,nötr ve kararlı ortamlar için değeri sırasıyla 50,200, 600 dür (Hanna S.R, 1973). Buradan modelin düşük rüzgar hızına sahip günler için ancak kararsız ortam şartlarında uygun hesaplama yapabileceği sonucuna ulaşabilmekteyiz. ATDL modelin İstanbul-Zeytinburnu bölgesi için uygulamasında kararsız ve nötr ortam şartları için iyi sonuçlar ürettiği bulunmuştur. Ortalama rüzgar hızının 2.6 m/s alındığı bu çalışmada, A parametresi SO_2 için kararsız ortam hesaplamalarında 20-50 arasında olduğu bulunmuştur (Ak N, 1997). ATDL modelin ancak nötral şartlar civarında daha sofistike 3D RAM modeli ile yakın sonuçlar ürettiği ifade edilmiştir (Rao K.S et al,1988). Buradan ATDL modelin rüzgar verisine bağlı olarak, en iyi tahminleri kararsız ve nötral ortamlar için ürettiği sonucuna ulaşılmaktadır.

YKF2 kullanılarak belirlenen emisyon kuvvetlerinin, gerekli günlerde düzeltme katsayıları kullanılarak yapılan model tahminleri , ölçüm değerlerine oldukça yakın değerler üretmiştir.

Rastgele belirlenen (4aralık-26mart arasında) 10 gün için yapılan günlük model tahminlerinde, 6 gün için, ölçüm değerlerine daha yakın değerler vermiştir. Emisyon envanterine temel oluşturacağı düşünülen YKİ2 nin, hava kalitesi modellemelerinde, başarı ile kullanılabileceği söylenebilir.

Düzeltilme yapılan verilerle beraber oluşturulan yeni set için FB, NMSE ve R^2 sırasıyla 0.61, 1.9, 0.71 olarak hesaplanmıştır. Model bu iyileştirme ile ilk duruma göre %77 daha iyi bir tahmin yapabilmektedir. Günlük verilerin hesaplanmasında, model %71 doğrulukla hesap yapabilmektedir. ATDL modelden elde edilen istatistiksel sonuç, yine gauss huzme denklemi ve kutu model yaklaşımını kullanan cadde kanyonlarda uygulanan OSPM model sonuçları ile benzerdir. OSPM model sonuçları ile ölçüm değerleri arasındaki istatistiksel sınamada $FB=0.01$, $R^2=0.7$ bulunmuştur(Kukkonen J. et al, 2003). ISC ve EPA Screen modelleri için performans kriterleri $FB=0.98$, $R^2=0.75$, $NMSE=1.27$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre modellerin iyi derecede tahmin yaptığı ifade edilmiştir (Mehdizadeh F., 2004). Buradan Erzurum ili ATDL model çalışmasında, düzeltme katsayıları kullanılarak elde edilen sonuçların, yeterince iyi seviyede günlük tahminlere imkan vereceği görülmektedir.

Aylık ve sezonluk model hesapları, nötr atmosferik şartlarda ve aylık, sezonluk ortalama rüzgar verisine göre yapılmıştır. Aylık model sonuçları ile ölçüm değerleri arasındaki karşılaştırmada, $R^2=0.94$ olarak bulunmuştur. ATDL modelin nötr ortamda ve ortalama rüzgar hızı (2.5m/s) daha iyi sonuçlar ürettiği görülmektedir. Sezonluk karşılaştırma ise model tahmini $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ölçüm değeri $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Model %86 doğrulukla hesap yapmıştır.

Model aylık ve sezonluk hesaplarda iyi derecede tahminler yapmaktadır. Günlük hesaplamalarda ise, atmosferik stabilitenin değişmesi (kararlı durum için) ve rüzgar hızının düşmesi ile yüksek tahmin değerleri vermektedir. Bu durumlarda, kararsız atmosferik şartlar kabul ederek hesap yapıldığında, iyi seviyede tahminlere ulaşılabilmektedir. Bu düzeltmeler çerçevesinde modelin kullanımı söz konusudur. Modelin çalışma aralığı belirlenmiş ve gerekli düzeltmeler yapılarak , model hava kalitesi yönetimi için bir araç olarak kullanılmıştır. Uzun vadede hava kalitesini iyileştirmek amacıyla, düşünülen kontrol senaryoları, ATDL model vasıtasıyla uygulanmıştır. Erzurum ili için uygulanan kontrol senaryoları, daha çok emisyon hızlarının azaltılmasını amaçlayan yakıt kalitesinin düzenlenmesine yöneliktir.

Hava kalitesi kontrolü amacına ilişkin model seçimi, yapılacak çalışmanın amaçlarına göre

değişmektedir. Günümüzde çeşitli kirletici kaynaklar için, kompleks modeller geliştirilmiş olup, bu modellerin uygulama gereksinimleri farklıdır. Kompleks modeller, atmosferik taşınım süreçlerini daha iyi ifade edebilmektedirler. Bu yüzden EPA onaylı CALPUFF gibi daha yeni ve kompleks modeller, taşınım olaylarının birçok yönüne hitap edebilmektedirler. Ancak ATDL basit model, ATDL kompleks modele göre, daha başarılı tahmin sonuçları verebilmiştir (Hanna S.R,1973). Ayrıca model giriş parametrelerinin hassasiyeti ve ölçüm periyodu (kirlilik ölçüm değerleri, radiosonde ölçümleri gibi), model seçimini sınırlamaktadır. Erzurum ili için günlük ortalama olarak alınan ölçüm değerlerini kullanabilecek ve stabilite değerini tablolar yardımıyla tahmini olarak, günlük ortalama olarak alabilecek ATDL kompleks modeli kullanılmıştır.

Erzurum ili hava kirliliği, ısınma kaynaklı fosil yakıt tüketimi ile ilgili olarak değerlendirilmiştir. Sezonluk ortalama kirlilik seviyesi, ölçüm değerlerine göre $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dür. Hava kalitesinin korunması yönetmeliğine göre SO_2 için , kış sezonu ortalaması $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak verilmiştir. Ortalama değer olarak, 2001-2002 kış sezonu SO_2 miktarı bu sınırı geçmemiştir. Bu sezon için yakıt kontrollerinin sıkı yapılması, şehre giren yakıt kalitesini artırmıştır. Şehir genelinde %0.3-1.5 arasında kükürt içeren ithal linyit tüketimi, hava kalitesinde geçen senelere oranla iyileşme sağlamıştır. Ancak şehrin fiziki dokusu ile alakalı olarak, bazı yerlerde çok yoğunlaşmış olması ve topoğrafik yapının da mevcut kirliliğinin dağılımını engellemesi nedeniyle şehir merkezinde bulunan C2, D2, D3 gridlerinde daha yüksek miktarlarda kirliliğe maruz kalınmaktadır. Hava kalitesini iyileştirmek amacıyla çeşitli kontrol senaryoları ileri sürülmüştür. Önerilen senaryolar, yakıt kalitesini iyileştirme esasına dayanmaktadır. Şehrin birim karedeki bina yoğunluğu , ısıtma türü ve sosyo-ekonomik durumu dikkate alınarak yakıt değişimine bağlı kontrol önerilerinde bulunulmuştur. Önerilen yakıtlar düşük kükürtlü (%0.34S) ithal linyit, %1 S fuel-oil ve doğalgazdır. Hava kirliliğinin yoğun olduğu ve olabileceği düşünülen bölgelere, doğalgaz şebekesi bağlanmalıdır. Bu amaçla kontrol senaryolarında SO_2 emisyon kuvvetlerinin en yüksek olduğu D2 ve E1 gridlerinde doğalgaz kullanımına öncelik verilmiştir. Binaların ısınma tesisatı tipine bağlı olarak zaman içinde kirliliğin yoğun olabileceği diğer bölgeler içinde (C1-C2-D1-D2-D3-E1-E2) doğalgaz şebekesi bağlanmalıdır. Bu gridler için doğalgaza bağlanma sırası emisyon kuvvetlerinin büyüklüğüne bağlı olarak, D2-E1-C2-E2-C1-D1-D3 şeklinde olmalıdır. Uzun vadede en iyi çözüm, kirliliğin yoğun olabileceği tüm bölgelerde doğalgaz kullanımı teşvik edilmelidir. Ancak daha kısa dönemler için, doğalgaz şebekesine bağlanmayan yerlerde, daha nitelikli (kükürt muhtevası düşük, kalorifik değeri yüksek) yakıt kullanımına gidilmelidir. Bu

amaçla düşük kükürt içerikli ithal linyit ve fuel-oil kullanımı tavsiye edilmiş, farklı yakıt kombinasyonları için, hava kalitesinde iyileştirmeler ATDL model kullanılarak, incelenmiştir. Sekiz senaryo içerisinde kentin sosyo-ekonomik yapısına göre doğalgaz-düşük kükürtlü ithal linyit ve mevcut kullanılan %1S içerikli ithal linyit kombinasyonunu içeren , senaryo IV üzerinde yoğunlaşmıştır. Senaryo IV hem ekonomik açıdan hemde hava kalitesini iyileştirme açısından makul önerilerden birisidir. Uzun vadede, senaryo VI hava kalitesini iyileştirmesi bakımından en iyi plandır.

Sonuç olarak, bu tez kapsamında konut taban alan genişliğine bağlı olarak geliştirilen, birim konut için yakıt tüketim katsayısı ve günlük yakıt tüketimini meteorolojik parametrelere bağlı olarak belirleyen, yakıt tüketim indisleri, emisyon envanterlerinin hazırlanmasında önemli veri tabanıdır. Matematik modellere giriş verisi olarak kullanılacak emisyon kuvvetlerinin hesaplanmasında başarı ile uygulanabilecektir. Bu tez kapsamında kullanılan Gauss huzme esaslı matematik modelin, herhangi bir bölgede hava kirliliğini, istenilen seviyeye azaltmak, hava kalitesi standartlarının altında tutmak ve kontrol etmek için çeşitli alternatifler, senaryolar ve öneriler geliştirmek adına oldukça faydalı bir şekilde kullanılabildiği görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Air Quality Guidelines for Europe, (1987), WHO Regional Office for Europe, WHO Regional Pub. Series, 23, Copenhagen.
- Ak N.,(1997), "İstanbul- Zeytinburnu İlçesinde Hava Kirliliğinin Matematik Modelle İncelenmesi", Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enst., İstanbul
- Akkurt M., (1999), Bilgisayar Destekli Uygulamalı İstatistik, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Arndt R.L and Carmichael G.R., (1997), "SO₂ Emissions and Sectorial Contributions to Sulphur Deposition in Asia", Atmospheric Env. 31:1553-1572.
- Arya S.P, (1996), "Air Pollution Meteorology And Dispersion", North Carolina State Univ., Oxford University Press, New York.
- Barna M.G. and Ginson N.R., (2002) "Dispersion Modelling of a Wintertime Particulate Pollution Episode in Christchurch, New Zealand", Atmospheric Env., 36: 3531-3544.
- Battye W., Aneja V.P and Roelle P.A., (2003), "Evaluation and Improvement of Ammonia Emission Inventories", Atmospheric Env., 37(27): 3873-3883.
- Benson P.E., (1982), "Modifications to the Gaussian Vertical Dispersion Parameter, Sigma_z, Near Roadways", Atmospheric Env(1967), 16(6): 1399-1405.
- Berman S., KuJian J-Y and Rao S.T., (1997), "Uncertainties in Estimating the Mixing Depth-Comparing Three Mixing Depth Models with Profiler Measurements", Atmospheric Env. 31(18): 3023-3039.
- Boubel R. W, Fox. D.L., Turner D. B.and Stern A.C, (1994), "Fundamentals of Air Pollution" , Third Edition, Academic Press, New York
- Byun W.D., Dennis R., (1995), "Design Artifacts in Eulerian Air Quality Models: Evaluation of the Effects of Layer Thickness and Vertical Profile Correction on Surface Ozone Concentration", Atmospheric Env. 29(1):105-126.
- Chao Y.C. And Wong K.K., (2002), "Residential Indoor PM₁₀ and PM_{2.5} in Hong-Kong and Elemental Composition", Atmospheric Env., 36(2):265-277.
- Chen C-M., (2004), "The Emission Inventory of PCDD/PCDF in Taiwan", Chemosphere, 54(10):1413-1420.
- Çomaklı K. And Yüksel B., Article in Press, "Environmental Impact of Thermal Insulation Thickness in Buildings", Applied Thermal Engineering.
- Dabberdt W.F. and Miller E., (2000), "Uncertainty, Ensembles and Air Quality Dispersion Modelling: Applications and Challenges", Atmospheric Env., 38(27):4667-4673.
- Davis M., (1998), "Rural Household Energy Consumption The Effects of Access to Electricity 2013; Evidence From South Africa", Energy Policy, 26(3):207-217.
- Dobbins R.A, (1979), "Dispersion Of Air Pollutants-The Gaussian Plume Model", Atmospheric Motion and Air Pollution , Brown Univ. Providence RI, John Wiley And Sons Inc., New York.

- Douthitt R.A., (1989), "An Economic Analysis of The Demand for Residential Space Heating Fuel in Canada", *Energy*, 14(4): 187-197.
- Duryamaz A ve Kadioğlu M., (2003), "Heating Energy Requirements and Fuel Consumption in Biggest City Centers of Turkey", *Energy Conversion and Management*, 44(7):1177-1192.
- Eagleman J.R., 1991, "Air Pollution Meteorology", University of Kansas, 41.
- Economopoulos A., (1997), "Management of Space Heating Emission for Effective Abatement of Urban Smoke and SO₂ Pollution", 31(9):1327-1337.
- Elbir T., (2003), "Comparison of Model Predictions with the Data of an Urban Air Quality Monitoring Network İzmir, Turkey", *Atmospheric Env.* 37(15):2149-2157.
- Engelbrecht J.P, Swanepoel L., Chow J.C, Watson J.G. and Egami R.T., (2002), "The Comparison of Source Contributions from Residential Coal and Low-Smoke Fuels, Using CMB Modeling in South Africa", *Environmental Science and Policy*, 5(2):157-167.
- Ertürk F., (1981), "İstanbul'un Haliç Bölgesinde Hava Kirlenmesinin Modelle İncelenmesi", Doçentlik Tezi, İTÜ, İstanbul.
- Ertürk F., (1985), "Hydrogen as an Alternative Fuel for the Assessment of Air Pollution Control Strategies in İstanbul by Application of Mathematical Model", 7th Miami International Conference on Alternative Energy Sources, Florida ,USA, 507,
- Ertürk F., (1993), "Hava Kirliliği Modellemesi II", Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, TÜBİTAK-MAM, Gebze.
- Ertürk F, (2002), "Hava Kirliliği ve Kontrolü Ders Notları", YTÜ, İstanbul.
- Flagan R.C. and Seinfeld J.H., (1988) , "Fundamentals of Air pollution Engineering", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Garg A., Shukla P.R., Bhattacharga S.and Dadhwal V.K., (2001), "Sub-Region(District) and Sector Level SO₂ and NO_x Emissions for India:Assessment of Inventories and Mitigation Flexibility", *Atmospheric Env.*, 35: 703-713.
- Gargava P., (2001), "Application of The Model for Air Poll. Predictions due to Domestic Sources-A Case Study", *Proceedings of Second International Symposium on Air Quality Management Urban Regional and Global Scales*, İstanbul, 644-371.
- Gifford F.A. and Hanna S.R, (1973), "Modeling Urban Air Pollution", *Atmospheric Env.* 7(1) : 131-136.
- Goyal P., Singh M.P., Bandopadhyay T.K., and Krishna R., (1995), "Comparative Study of Line Source Models for Estimating Lead Levels due to Vehicular Traffic in Delhi", *Environmental Software*, 10(4):289-299.
- Goyal P. and Krishna R., (1999), "A Line Source Model for Delhi", *Transportation Research Part D: Transport and Env.*, 4(4): 241-249.

- Hagrefe C., Rao S.T. and Kasibhatla P., (2001), "Evaluation the Performance of Regional-Scale Photochemical Modeling Systems: Part II-Ozone Predictions", *Atmospheric Env.* 35(24): 4175-4188.
- Hanna S.R., (1970), "Air Pollution Meteorology of the Rockwood-Harriman, Tennessee, Valley", Air Resources Atmospheric Turbulence Lab., Oak -Ridge, Tennessee,.
- Hanna S.R., (1971), "A Simple Method of Calculating Dispersion From Urban Area Sources", *JAPCA*, 21:771-777.
- Hanna S.R., (1972), An Air Quality Model For Knox Country, Tennessee, Air Resources Atmospheric Turbulence Lab., Oak -Ridge, Tennessee,.
- Hanna S.R., (1973), "A simple dispersion model for the analysis of chemically reactive pollutants", *Atmospheric Env.*, 7(8): 803-817.
- Hanna S.R., Gifford F.A., (1977), "Application of the Simple Urban Dispersion Model to Frankfurt, Air Resources Atmospheric Turbulence Lab.", Oak -Ridge, Tennessee,
- Hanna S.R., (1988), "Air Quality Evaluation An Uncertainty", *JAPCA*, 38:406-412.
- Hanna S.R., Moore G.C. and Fernau M.E., (1996), "Evaluation of Chemical Grid Models UAM-IV, UAM-V and ROM/UAM-IV Couple Using Data From The Lake Michigan Ozone Study(Lmos)", *Atmospheric Env.* 30(19):3265-3279.
- Hao J., He D., Wu Y., Fu L. and He K., (2000), "A study of emission and concentration distribution of vehicular pollutants in the urban area of Beijing" *Atmospheric Env.*, 34(3): 453-465.
- Heron T.M., Kelly J.F., Haatoja P.G., (1984), "Validation of Industrial Source Complex Dispersion Model in a Rural Setting", *JAPCA*, 34(4):365-369.
- Hess G.D., (1989), "A Photochemical Model for Air Quality Assessment: Model Description and Verification", *Atmospheric Env.*, 23(3): 643-660.
- Hills P., (1994), "Household Energy Transition in Hong-Kong", *Energy*, 19(5):517-528.
- Hutton S., (1984), "Domestic Fuel Expenditure an Analysis of Three National Surveys", *Energy Economics* , 6(1):52-58.
- Hwang H-M., Wade T.L. and Sericano J.L., (2003), "Concentrations and Source Charecterization of PAH in Pine Needles from Korea, Mexico And USA", *Atmospheric Env.*, 37(16):2259-2267.
- Jaber J.O and Probert S.D., (2001), "Energy Demand, Poverty and the Urban Environment in Jordan", *Applied Energy*, 68(2):119-134.
- Jaber J.O, (2002), "Prospects of Energy Savings in Residential Space Heating", *Energy Buildings*, 34(4):311-319.
- Jang J-C C., Harwey E., Byun J. D. and Pleim J. E., (1995), "Sensitivity of Ozone to Model Grid Resolution-I.Application of High-Resolution Regional Acid Deposition Model", *Atmospheric Env.* 29(21):3085-3100.

Juda-Rezler K., (1989), "Air Pollution Modeling", Encyclopedia of Env. Cont. Tech. , Paul N. Cheremisinoff. Edit.

Kalma J.D, Johnson M. and Newcombe K. J., (1978), "Energy Use and The Atmospheric Environment in Hong-Kong; Part I Inventory of Air Pollutant Emissions and Prediction of Ground Level Concentrations of SO₂ and CO", Urban Ecology 3(1): 29-57.

Kara S., Kaytakoğlu S., Döğeroğlu T. ve Var F., (1991), "Sabit Emisyon Kaynaklarında Hava Kirleticilerin Ölçüm Yöntemleri", Anadolu Üniv. Mühendislik Mimarlık Fak., Kimya Müh. Böl., Eskişehir.

Karppinen A., Kukkonen J. and Elolahti T., (2000), "A Modelling System for Predicting Urban Air Pollution: Comparison of Model Predictions with the Data of an Urban Measurement Network in Helsinki", Atmospheric Env. 34(22):3735-3743.

Kassomenos P., Katroni V. and Kallos G., (1995), "Analysis of Climatological and Air Quality Observations from Greater Athens Area", Atmospheric Env., 29(24): 3671-3688.

Kemerdere N., (1996), "Gebze İlçesinde Emisyon Envanteri ve Hava Kalitesi Modellemesi Raporu", Enerji Sis. ve Çevre Arş. Ens., Marmara Araştırma Mer., Kocaeli.

Kim K-H. and Kim M-Y, (2000), "The Effects of Anthropogenic Source on Temporal Distribution Characteristics of Total Gaseous Mercury in Korea", Atmospheric Env., 34(20):3337-3347.

Kumar A., Belam A.N, Sud A., (1999), "Performance of an Industrial Source Complex Model: Predicting Long-Term Concentration in An Urban Area", Environmental Progress 18(12):93-100.

Kumar N., Russell A.G., Tesche T.W. and McNally D.L., (1994), "Evaluation of Calgrid Using Two Different Ozone Episodes and Comparison to UAM Results", Atmospheric Env., 28(17):2823-2845.

Kukkonen J., Partanen L. and Karppinen A.(a), (2003), "Evaluation of The OSPM Model with an Urban Background Model Against The Data Measured in 1997 in Runeberg Street, Helsinki", Atmospheric Env. 37(8):1101-1112.

Kukkonen J., Partanen L., Karppinen A. and Ruuskanen (b), (2003), "Extensive Evaluation of Neural Network Models for Prediction of NO₂ And PM₁₀ Concentrations, Compared of with Deterministic Modelling System and Measurements in Central Helsinki", Atmospheric Env., 37(32): 4539-4550.

Lena F. and Desiato F.,(1999), "Intercomparison of Nocturnal Mixing Height Estimate Methods for Urban Air Pollution Modeling", Atmospheric Env., 33(15): 2385-2393.

Li Y.F., Zhang Y.J., Cao G.L., Liu J.H. and Barrie L.A., (1999), " Distribution of Seasonal SO₂ Emissions from Fuel Combustion and Industrial Activities in Shanxi Province, China", Atmospheric Env., 33: 257-269.

Li S-M., Anlauf K.G. and Wiebe H.A, (1994), " Evaluation of Comprehensive Eulerian Air Quality Model with Multiple Chemical Species Measurements Using Principal Component Analysis", Atmospheric Env., 28(21):3449-3461.

- Lindley S.J., Canlon D.E, Raper D.W and Watson A.F.R., (2000), "Uncertainties in Compilation of Spatially Resolved Emission Inventories", *Atmospheric Env.*, 34:375-388.
- Lutgens F.K and Tarbuck E.J, (1998), "The Atmosphere", Simon and Schuster Company, Prentice Hall, New Jersey.
- Marmur A., Mamane Y., (2003), "Comparison and Evaluation of Several Mobile Source and Line Source Models in Israel", *Transportation Research Part D: Transport and Env.*, 8(4): 249-265.
- Masera O.R., Navia J., (1997), "Fuel Switching or Multiple Cooking Fuels? Understanding Inter-Fuel Substitution Patterns in Rural Mexican Households", *Biomass and Bioenergy*, 12(5):347-361.
- Mehdizadeh F.and Rifai H.S, (2004), "Modeling Point Source Plumes at High Altitudes Using a Modified Gaussian Models", *Atmospheric Env.*, 38(6):621-631.
- Mishra V.K., Padmanabhamutry B., (2003), "Performance Evaluation of CALINE-3, CAL3QHC and Part 5 in Predicted Lead Concentration in The Atmosphere Over Delhi", *Atmospheric Env.*, 37(22):3077-3089.
- Moseholm L., Silva J., Larson J., (1996), "Forecasting CO Concentrations Near a Sheltered Intersection Using Video Traffic Surveillance and Neural Network", *Transportation Research Part D: Transport and Env.*, 1(1):15-28.
- Munshi U. and Patil R.S., (1983), "A Nomographic Technique for Estimation of Air Quality in Urban Areas", *Atmospheric Env.*(1967), 17(5) : 1027-1028.
- Müezzinoğlu A., (1987), "Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları", Dokuz Eylül Üniv. ,İzmir.
- Nevers N, (1995), "Air Pollution Control Engineering", McGraw Hill Inc, New York
- Nurrohman A. and Sakugawa H., (2004) , "A Fuel-Based Inventory of NO_x and SO₂ Emissions from Manufacturing Industries in Hiroshima Prefecture, Japan", *Applied Energy.*, 78(4):355-369.
- Ocak S., (1997) , "Erzurum'da Hava Kirliliği, Değerlendirilmesi ve Meteorolojik Parametrelerle İlişkilendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniv., Erzurum.
- Özkan A., (2002), "Çorlu İlçesinde Emisyon Envanteri ve Hava Kalitesi Modellemesi", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, İstanbul.
- Öztürk M., (1999), "Şehiriçi Bölgelerde Hava Kalitesinin Belirlenmesi", İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Daire Başkanlığı, İstanbul.
- Painter D.E, (1974), *Air Pollution Tech.*, Pitt.Tech. Inst. Grenville, North Caroline.
- Para-Guevara P. and Skiba Y.N., (2003), "Elements of the Mathematical Modeling in the Control of Pollutants", *Ecological Modelling*, 167(3): 263-275.
- Patel V.C. and Kumar A., (1998), "Evaluation of Three Air Dispersion Models ISC-ST, ISC-LT, SCREEN for Mercury Emissions in an Urban Area", *Environmental Monitoring and Assessment*, 53: 259-277.

Paliatsos A.G. and Amanatidis G.T, (1994), "Smoke Concentrations in Athens Greece:Trends And Strong Episodes 1984-1991", *The Science of the Total Env.*, 144(1-3):137-144.

Qin Y., Oduyemi Y., (2003), "Atmospheric Aerosol Source Identification and Estimates of Source Contributions to Air Pollution in Dundee, UK", *Atmospheric Env.* 37(13):1799-1809.

Quab U., Ferman M., Bröcker G., (2004), "The European Dioksin Air Emission Inventory, Final Results", *Chemosphere* 54(9):1319-1327.

Querol X., Alastuey A., Rodriguez S., Plana F., Ruia C., Cots N., Massague G., and Puig O., (2001), "PM10 And PM2.5 Source Apportionment in The Barcelona Metropolitan Area, Catalonia, Spain", *Atmospheric Env.*, 35(36):6407-6419.

Rao K.S., Ku J-Y. and Rao S.T, (1988), "A Comparison Study of The Three Urban Air Pol. Models", *Atmospheric Env.* 23(4):793-801.

Reddy M.S. and Venkataraman C., (2002), "Inventory of Aerosol And SO2 Emissions from India", *Atmospheric Env.*, 36: 677-697.

Rodriguez D., Walker H., Klepikova N., Kostrikov A., Zhuk Y., (1995), "Evaluation of Two Pollutant Dispersion Models Over Continental Scales", *Atmospheric Env.*, 29(7): 799-812.

Rose T., Batty W.T. and Probert S.D., (1989), "Comfort and Fuel Use in 14South-London Pensioners' Flats During Winter", *Applied Energy*, 32(1):19-37.

Saeed T., Ahmad A., Al-Omar A. And Umair M.B.,(1998), "Comparisan of The Levels of PAHS Present in The Dust Collected from Different Residential Areas of Kuwait 1991 And 1996", *Environmental International* , 24(1-2):197-203.

Schnoor J.L, (1996), "Environmental Modeling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air, and Soil", John Waley and Sons Inc, NewYork.

Seinfeld J.H., (1975), "Air Pollution Physical and Chemical Fundamentals", Mc-Grow Hill, New-York.

Sequeira R. and Lai K-H, (1998) "The effect of Meteorological Parameters and Aerosol Constituents on Visibility in Urban Hong-Kong", *Atmospheric Env.*, 32(16): 2865-2871.

Sharma P. and Khare M., (2001), "Modeling of Vehicular Exhausts-Review", *Transportation Research Part D: Transport and Environment* , 6(3):179-198.

Simpson R.W., Daly N.J. and Jakeman A.J., (1983), "The Prediction of Maximum Air Pollution Concentration for TSP and CO using Larsen's model and ATDL model", *Atmospheric Env*(1967) , 17(12): 2497-2503.

Sivacoumer R., Bhanarkar A.D., Goyal S.K. and Gadkari J.K, (2001), "Air Pollution Modeling for an Industrial Complex and Model Performance Evaluation", *Environmental Pollution* 111(3):471-477.

Smith M.E., (1968), "Recommended Guide for The Prediction of The Dispersion of Airborne Effluents", *ASME* :85.

- Smith S.J., Pitcher H., Wigley T.M.L., (2001), "Global and Regional Anthropogenic SO₂ Emissions", *Global And Planetary Change*, 29: 99-119.
- Stein A.F., Lamb D., Draxler R.R, (2000), "Incorporation of Detailed Chemistry into a 3D Lagrangian-Eulerian Hybrid Model: Application to Regional Tropospheric Ozone", *Atmospheric Env.*, 34(25):4361-4372.
- Stern C.A, (1976), "Air Pollution, Air Pollutants, Their Transformation and Transport ", Third Edition, Academic Press, New York, USA.
- Streets D.G., Tsai N.Y., Akimoto H., and Oka K., (2000), "SO₂ Emissions in Asia in Period 1985-1997", *Atmospheric Env.*, 34: 4413-4424.
- Sturm P.J., Sudy Ch., Almbauer R.A. and Meinhart J., (1999), "Updated Urban Emission Inventory with a High Resolution in Time and Space for The City of Graz", *The Science of The Total Environment* , 235(1-3):111-118.
- Symeonidis P., Ziomas I. and Proyou A., (2004), "Development of an Emission Inventory System from Transport in Greece", *Environmental Modelling and Software.*, 19(4):413-421.
- Tayanç M., (1995), "Determination of the Acceptable Locations for the Ambient Air Quality Monitoring Systems", *Marmara Üniversitesi, Çevre Müh. Böl., İstanbul.*
- T.C. Başbakanlık DİE, Bina Sayımı 2000-2001, Ankara.
- T.C. Çevre ve Orman Bak. Devlet Meteoroloji İşleri Gen. Müd., 2003.
- T.C. Çevre ve Orman Bak. Hava Kalitesi Koruma Yönetmeliği, 1986.
- T.C Sağlık Bakanlığı Erzurum Bölge Hıfzısıhha Enstitü Müdürlüğü, Katı yakıt analiz raporu, 2001, Erzurum.
- Turner B., 1970, "Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates", EPA.
- Tünay O., Alp K., (1996), "Hava Kirlenmesi Kontrolü", İTO, İstanbul.
- Ulke A.G. and Mazzeo N. A, (1998), " Climatological Aspects of Daytime Mixing Height in Buenos Aires City, Argentina", *Atmospheric Env.* , 32(9) :1615-1622.
- Vardar N., (1993), "Bursa'daki Hava Kirliliğinin Matematik Modelle İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, İstanbul.
- Villasenor R., Magdalenoll M., Quintanar A., Gallardo J.E. and Lopez M.T, (2003), "An Air Quality Emission Inventory of Offshore Operations for The Exploration and Production of Petroleum by The Mexican Oil Industry", *Atmospheric Env.*, 37(26):3713-3729.
- Wark K., Warner C.F. and Addison W.T., (1998), "Air Pollution-Its Origin and Control", Wesley Longman Inc, New York.
- Yeşilyurt C., Akcan N, (2001), "Hava Kirliliği İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri", T.C. Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı, Ankara.

Zannetti P., (1990), "Air Pollution Modeling Theories, Computational Methods and Available Software", Van Nostrand Reinhold, New York.

2.İNTERNET KAYNAKLARI

[1] www.epa.gov

[2] www.dosider.com

[3] www.titas.com.tr



EKLER

Ek 1 Matematik Model Programı

Ek 2 Anket Formu

Ek 3 Günlük Yakıt Tüketimi İçin Anket Formu

Ek 4 Günlük Yakıt Tüketim Tabloları

Ek 5 Erzurum Haritası



Ek 1 Matematik Model Programı

```
CLS
E=30: Z=20: Y=10
DIM S(E,E), FU(E,E), C(E,E), A(E,E), QE(E,E), SS(E,E), AE8E(E), AC(E,E)
DIM IC(Y,E), JC(Y,E), QEC(Y,E), ID(E), JD(E), ST(100), RX(Y), PX(Y), H(Z)
DIM NP(Z), AAB(E,E), RAT(E,E), F(16)
INPUT "DX, BX"; DX, BX
INPUT "NR, NC"; NR, NC
INPUT "NO, NH"; NO, NH
FOR I=1 TO NR : FOR J=1 TO NC
S(I,J)=BX
NEXT J: NEXT I
NN=1
FOR I=1 TO NN
INPUT "R(X)"; RX(I): NEXT I
FOR I=1 TO NN
INPUT "PX(I)"; PX(I): NEXT I
INPUT "U"; U
LPRINT "F MATRISI DATALARI"
FOR I=1 TO 8
READ F(I): NEXT I
DATA 0.12, 0.21, 0.07, 0.09, 0.15, 0.23, 0.06
FOR I=1 TO NO
INPUT "ID(I)"; ID(I)
NEXT I
FOR J=1 TO NO
INPUT "J(D)"; J(D)
NEXT J
FOR J=1 TO NO
INPUT "ST(J)"; ST(J)
NEXT J
JI= NC-4 : IJ=NR -4
LPRINT "S(I,J) DEGERLERİNİN GİRİLMESİ"
FOR I=5 TO IJ : FOR J=5 TO JI
LPRINT "I="; I: "J="; J
INPUT S(I,J)
NEXT J: NEXT I
FOR I=1 TO NH : INPUT "H(I)"; H(I): NEXT I
FOR I=1 TO NH : INPUT "NP(I)"; NP(I): NEXT I
FOR I=1 TO NH: NNP=NP(I)
FOR J=1 TO NNP : INPUT "IC(I,J)"; IC(I,J): NEXT J
FOR J=1 TO NNP : INPUT "JC(I,J)"; JC(I,J): NEXT J
FOR J=1 TO NNP: INPUT "QEC(I,J)"; QEC(I,J) : NEXT J
NEXT I
LPRINT "RUZGAR GULU"
FOR I=1 TO 8: LPRINT "F(" ; I ; ")="; F(I) : NEXT I
FOR I=1 TO 9 : FOR J=1 TO 9 : FU(I,J)=0 : NEXT J: NEXT I
```

```

E=1/U
FU(5,5)=E
FOR I=1 TO 4
FU(5-I, 5+I)=F(2)*E
FU(5+I, 5+I)=F(6)*E
FU(5+I, 5-I)=F(10)*E
FU(5-I, 5-I)=F(14)*E
FU(5-I, 5)=F(16)*E
FU(5, I+5)=F(4)*E
FU(5+I, 5)=F(8)*E
FU(5, 5-I)=F(12)*E
NEXT I
FU(4,5)=FU(4,5) +E*(F(1)+F(15))
FU(5,6)=FU(5,6) +E*(F(3)+F(5))
FU(6,5)=FU(6,5) +E*(F(7)+F(9))
FU(5,4)=FU(5,4) +E*(F(11)+F(13))
FOR I=1 TO 2
FU(1+I, 6)=F(1)*E
FU(4, I+6)=F(3)*E
FU(6, I+6)=F(5)*E
FU(6+I, 6)=F(7)*E
FU(6+I, 4)=F(9)*E
FU(6, I+1)=F(11)*E
FU(4, I+1)=F(13)*E
FU(1+I, 4)=F(15)*E
NEXT I
FU(1,7)=F(1)*E
FU(3,9)=F(3)*E
FU(7,9)=F(5)*E
FU(9,7)=F(7)*E
FU(9,3)=F(9)*E
FU(7,1)=F(11)*E
FU(3,1)=F(13)*E
FU(1,3)=F(15)*E
LPRINT "SATIR SAYISI="; NR
LPRINT "SUTUN SAYISI="; NC
LPRINT "NO="; NO
LPRINT "NH="; NH
LPRINT " m biriminde DX="; DX
LPRINT "BX="; BX
LPRINT "RUZGAR HIZI=";U; "M/S"
FOR I=1 TO NR : FOR J=1 TO NC : QE(I,J)=0 : NEXT J: NEXT I
FOR K=1 TO NO: I=ID(K): J=JD(K): S(I,J)=ST(K): NEXT K
FOR I=1 TO NR : FOR J=1 TO NC : PRINT "S(“; I,” “;J,”)=“;S(I,J)
NEXT J: NEXT I
FOR II=1 TO NN: R=RX(II): B=PX(II)
PRINT

```

```

LPRINT "SIGMA USTEL KANUN PARAMETRELERINE AIT YENI SET"; "R=";R : "B=";B
1190 IF NO <=0 THEN 1860 ELSE 1200
1200 IF NO I=1 TO 9 : FOR J=1 TO 9
C(I,J)=0
NEXT J: NEXT I
BB=((DX/2)^(1-B) / (R*(1-B))
CC=9^(1-B) - 7^(1-B)
DD=0.8*BB*CC
FOR J=1 TO 9 STEP 2
C(1,J)=DD*FU(1,J)
C(9,J)=DD*FU(9,J)
NEXT J
FOR I=3 TO 7 STEP 2
C(I,1)=DD*FU(I,1)
C(I,9)=DD*FU(I,9)
NEXT I
CC=7^(1-B) - 5^(1-B)
DD=0.8*BB*CC
C(8,8)=DD*FU(8,8)
C(2,2)=DD*FU(2,2)
C(2,8)=DD*FU(2,8)
C(8,2)=DD*FU(8,2)
FOR J=4 TO 6
C(2,J)=DD*FU(2,J)
C(8,J)=DD*FU(8,J)
NEXT J
FOR I=4 TO 6
C(I,2)=DD*FU(I,2)
C(I,8)=DD*FU(I,8)
NEXT I
CC=5^(1-B) - 3^(1-B)
DD=0.8*BB*CC
FOR J=3 TO 7
C(3,J)=DD*FU(3,J)
C(7,J)=DD*FU(7,J)
NEXT J
FOR I=4 TO 6
C(I,3)=DD*FU(I,3)
C(I,7)=DD*FU(I,7)
NEXT I
CC=3^(1-B)-1^(1-B)
DD=0.8*BB*CC
FOR J=4 TO 6
C(4,J)=DD*FU(4,J)
C(6,J)=DD*FU(6,J)
NEXT J
C(5,4)=DD*FU(5,4)

```

```

C(5,6)=DD*FU(5,6)
C(5,5)=0.8*BB*FU(5,5)
LPRINT "ALAN KAYNAK KATSAYILARI MATRISI"
FOR I=1 TO 9 : FOR J=1 TO 9 : LPRINT "C(“;I;”, “;J;”)=“; C(I,J)
NEXT J : NEXT I
FOR I=5 TO IJ : FOR J=5 TO JI
A(I,J)=0
FOR K=1 TO 9 : FOR L=1 TO 9
A(I,J)=C(K,L)*S(I-5+K, J-5+L) + A(I,J)
NEXT L: NEXT K: NEXT J: NEXT I
LPRINT "YER KAYNAKLARININ KONSANTRASYONLARI"
FOR I=5 TO IJ: FOR J=1 TO JI: LPRINT "A(“;I;”, “;J;”)=“; A(I,J)
NEXT J: NEXT I
1860 IF QEC(1,1)<=0 THEN 3130 ELSE 1870
1870 LPRINT "YUKSEK KAYNAKLAR"
FOR I=5 TO IJ : FOR J=5 TO JI : AAB(I,J)=0
NEXT J: NEXT I
FOR NI=1 TO NH : FOR KL=1 TO NR : FOR KM=1 TO NC : QE(KL,KM)=0
NEXT KM: NEXT KL
LPRINT "EFEKTIF KAYNAK YUKSEKLIGI=H(“;NI;”)=“; H(NI)
NNP=NP(NI)
FOR K=1 TO NNP
LPRINT "SATIR SAYISI"; IC(NI,K)
LPRINT "SUTUN SAYISI"; JC(NI,K)
LPRINT "EMISYON(MIKROGRAM/S)"; QEC(NI,K)
NEXT K
FOR K=1 TO NNP: I=IC(NI,K) : J=JC(NI,K): QE(I,J)=QEC(NI,K) : NEXT K
FOR L=1 TO 9: FOR K=1 TO 9: D(L,K)=0: NEXT K: NEXT L
XY=H(NI)^2/2
P=EXP(-XY/(R^2*((DX/2)^(2*B))))
PA=R*((DX/2)^(B+1))
XINT=0
DDR=0
XX2=DX/2
FOR IJJ=1 TO 100
IF IJJ<=10 THEN DR=100 ELSE DR=1000
DDDR=DDR+DR/2 : DDR=DDR+ DR : XYZ=XY/(R^2*(DDDR^(2*B)))
IF XYZ<=20 THEN 2230 ELSE 2240
2230 XINT=XINT+DR*EXP(-XYZ)/(DDDR^B)
2240 IF XX2<=DDR THEN IJJ=100 ELSE 2250
2250 NEXT IJJ
D(5,5)=XINT/(8*R*XX2^2)
FOR L=1 TO 4 : E=2*L
EF=E^(2*B) : XF=1.4*E : FE=XF^(2*B)
Z=P^(1/EF) / (PA*(E^(B+1)))
IF L<=1 THEN 2390 ELSE 2340
2340 D(5, 5+L)=Z : D(5, 5-L)=Z : D(5+L, 5)=Z : D(5-L, 5)=Z

```

```

GOTO 2340
2390 D(5, 6)=Z/3 : D(5,4)=Z/3: D(6,5)=Z/3: D(4,5)=Z/3
2430 Z=P^(1/FE)/(PA*(XF^(B+1))): D(5+L, 5+L)=Z
D(5-L, 5+L)=Z: D(5+L, 5-L)=Z : D(5-L, 5-L)=Z
NEXT L
FOR L=1 TO 2: QQ=2*L+2: QG=1.1*QQ : G=QG^(2*B)
Z=P^(1/G)/(PA*(QG^(B+1))): D(4 -L, 6)=Z : D(4-L, 4)=Z
D(6+L, 4)=Z: D(6+L, 6)=Z : D(4, 4-L)=Z: D(6, 4-L)=Z
D(4, 6+L)=Z: D(6, 6+L)=Z
NEXT L
FOR L=1 TO 2
QQ=2*L+2
QG=1.1*QQ
G=QG^(2*B)
Z=P^(1/G) / (PA*(QG^(B+1)))
D(4 -L, 6)=Z : D(4-L, 4)=Z: D(6+L, 4)=Z: D(6+L, 6)=Z
D(4, 4-L)=Z: D(6, 4-L)=Z: D(4, 6+L)=Z: D(6, 6+L)=Z
NEXT L
Z=P^(0.125^(2*B)) / (PA*(8^(B+1)))
D(1,7)=Z: D(3,1)=Z : D(3,9)=Z: D(7,1)=Z: D(7,9)=Z: D(9,3)=Z
FOR K=1 TO 9 : FOR L=1 TO 9
SS(K,L)=2.04*D(K,L)*FU(K,L)
NEXT L: NEXT K
LPRINT "YUKSEK KAYNAKLAR İÇİN KATSAYILAR"
FOR I=1 TO 9 : FOR J=1 TO 9
PRINT "SS(“;I;”, “;J;”)=”; SS(I,J)
NEXT J:NEXT I
FOR I=5 TO IJ: FOR J=5 TO JI: AA(I,J)=0
FOR K=1 TO 9 : FOR I=1 TO 9 : ADD=SS(K,L)*QE(I-5+K, J-5+L)
AA(I,J)=AA(I,J)+ADD: AAB(I,J)=AAB(I,J)+ADD
NEXT L: NEXT K: NEXT J: NEXT I
LPRINT H(NI); "YUKSEKLIGINDEKİ KAYNAKLARIN KONSANTRASYONLARI"
FOR I=1 TO 11: FOR J=1 TO 11: LPRINT "AA(“;I;”, “;J;”)=”; AA(I,J)
NEXT J: NEXT I
NEXT NI
IF NO<> 0 THEN 2960 ELSE 3130
2970 FOR I=5 TO IJ: FOR J=5 TO JI : AC(I,J)=A(I,J)+AAB(I,J)
RAT(I,J)=A(I,J)/AC(I,J)
NEXT J: NEXT I
LPRINT "ALAN KAYNAKLARIN TOPLAM KONSANTRASYONA ETKİ ORANI"
FOR I=5 TO IJ: FOR J=5 TO JI : LPRINT "RAT(“;I;”, “;J;”)=”; RAT(I,J)
NEXT J: NEXT I
3130 NEXT II
END

```


Ek 2 Anket Formu

I.ANKETİ CEVAPLAYAN HAKKINDA BİLGİLER

1.Adı,Soyadı

2.Mahallesi

I.BİNANIN TÜRÜ

1.Apartman

2.Müstakil

3.Diğer

III. ÜNİTE (BİRİM) ADEDİ

1.Daire

2.Diğer

IV. BİNANIN KULLANLIŞ MAKSADI

1.Konut

2.İşyeri

V. Konut ise

1.Müstakil

2.Daire

VI.İŞYERİ İSE

1. Kasap

2.Berber

3. Marangoz

4.Terzi

5. Diğer

VII. KULLANILAN YAKIT TÜRÜ

1.Kömür

2.Odun

3.Fuel-oil

4.Motorin

5.LPG

6.Gaz

7.Diğer

VIII. HANDİ MAKSATLA TÜKETİLDİĞİ

1.Isınma

2.İmalat

IX.ISINMA MAKSATLI İSE

1.Kalorifer

2.Soba

3.Diğer

X.KALORİFER İSE KAZAN KAPASİTESİ

1. kcal/h

XI.KULLANILAN YAKIT MİKTARI

1.....kömür

2.....odun

3.....fuel-oil

XII.KULLANILAN KÖMÜRÜN TÜRÜ

1.Linyit

2.Taşkömürü

3.Briket

XIII.LİNYİT İSE

1.Yerli

2.İthal

XIV.NÜFUSLA İLGİLİ BİLGİLER

1.Binada.....

2.Dairede..... kaç kişi oturuyor

XV.APARTMANDA/İŞYERİNDE KULLANILAN ARAÇLAR

1.Otomobil.....

2.Minibüs

3.Kamyon



Ek 3 Günlük Yakıt Tüketimi İçin Anket Formu

I.Tarih:

II.Kullanılan Yakıt tipi

1.Kömür

2.Odun

III.Ölçek

1.kömür kovası....(kg)

2.Torba.....(kg)

3.El arabası.....(kg)

IV.Haftanın Günlerine Göre

Pazartesi.....(kg)

Salı..... (kg)

Çarşamba.....(kg)

Perşembe.....(kg)

Cuma.....(kg)

Cumartesi.....(kg)

Pazar.....(kg)

IV.Bir önceki hafta kullanılına yakıt tipi ve miktarı

1.....kg kömür

2.....kg odun

Ek 4 Günlük Yakıt Tüketim Tabloları

Ek Çizelge1 23-30.12.2002 Günlük Yakıt Tüketimi

1.hafta/ 23-30. 12.2002	23	24	25	26	27	28	29
Ş.P.1	16	16	16	20	20	16	12
Ş.P.2	13.5	18	18	18	22.5	22.5	18
ŞP3	25	25	22.5	25	25	22.5	25
ŞP4	13	13	13	13	13	13	13
ŞP5	18	18	18	18	18	18	18
A1	18	18	18	18	18	18	18
A2	15	15	15	15	15	15	15
A3	26	25	25	23	28	30	20
A4	25	23	20	25	28	28	20
A5	17	15	20	22	20	20	25
A6	15	15	15	15	15	15	15
A7	23	23	23	23	23	23	23
A8	20	20	20	20	20	20	20
A9	25	22	24	25	25	20	25
A10	25	20	20	25	25	20	25
B1	25	25	23	25	24	25	23
B2	16	15	17	18	18	17	17
B3	25	25	25	25	25	25	25
B4	65	65	65	65	60	50	50
B5	320	320	320	320	320	320	320
N1	18	18	18	18	18	18	18
N2	10	10	10	10	15	10	15
Y1	235	235	282	235	282	282	235
Y2	300	300	300	250	250	350	350
Toplam	1295	1299	1325	1271	1305	1353	1345

Ek Çizelge2 30.12-6.1.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

2.hafta/30.12-6.1.2003	30	1.1.2003	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1.2003
Ş.P.1	16	16	12	16	16	16	8
Ş.P.2	13.5	13.5	9	9	9	9	13.5
ŞP3	20	22.5	25	20	20	20	22.5
ŞP4	13	13	13	13	13	13	13
ŞP5	12	12	12	12	12	12	12
A1	18	18	18	18	18	18	18
A2	15	15	15	15	15	15	15
A3	25	25	25	25	25	25	25
A4	22	20	20	20	18	18	20
A5	18	18	18	18	18	18	18
A6	25	25	25	25	20	20	25
A7	30	28	30	25	20	18	20
A8	20	18	18	17	18	18	18
A9	17	18	18	17	17	18	18
A10	20	18	20	20	20	20	20
B1	22	20	20	20	24	20	18
B2	15	13	15	12	15	16	15
B3	20	18	18	15	20	18	20
B4	55	55	50	50	55	50	50
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	18	18	18	24	12	18
N2	5	10	10	10	15	10	15
Y1	235	188	188	188	235	188	235
Y2	250	250	250	300	250	300	300
Toplam	1191	1116	1147	1183	1197	1172	1201

Ek Çizelge 3 6-13.1.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

3.hafta/ 6.1-13.1.2003	6.1	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1
	16	12	12	8	12	16	12
Ş.P.1	9	9	13.5	13.5	9	13.5	13.5
Ş.P.2	20	20	20	25	20	22.5	22.5
ŞP3	13	6.5	13	19.5	6.5	13	13
ŞP4	12	12	12	12	12	12	12
ŞP5	19	18	20	18	20	20	22
A2	20	17	15	18	19	20	20
A3	22	22	22	22	22	22	22
A4	18	15	15	18	18	15	18
A5	18	17	15	15	17	15	18
A6	15	15	18	15	20	15	15
A7	15	15	15	15	15	15	15
A8	18	15	18	18	20	18	18
A9	18	20	18	18	18	18	18
A10	20	20	18	20	20	20	20
B1	18	17	17	20	18	18	15
B2	12	10	13	14	12	10	10
B3	18	17	17	18	20	18	18
B4	49	48	45	45	50	40	45
B5	280	280	280	280	280	280	280
N1	18	18	18	12	18	18	24
N2	5	5	10	5	5	10	15
Y1	188	188	235	235	235	235	235
Y2	250	250	300	250	300	300	300
Toplam	1091	1060	1166	1101	1180	1148	1165

Ek Çizelge 4 13-20.12003 Günlük Yakıt Tüketimi

4.hafta/13-20.1.2003	13.1	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1
Ş.P.1	16	16	16	12	16	16	24
Ş.P.2	9	13.5	13.5	13.5	13.5	9	18
ŞP3	17.5	20	20	25	25	22.5	20
ŞP4	13	13	6.5	13	13	13	6.5
ŞP5	12	0	12	12	18	18	18
A1	20	22	18	20	20	20	20
A2	18	20	20	17	18	14	20
A3	20	22	20	20	20	20	20
A4	18	17	18	19	20	20	20
A5	20	18	20	20	20	20	20
A6	15	17	18	15	18	15	15
A7	18	18	18	18	18	18	18
A8	15	18	18	19	20	20	20
A9	18	18	15	18	20	18	15
A10	20	20	18	20	18	20	20
B1	15	17	17	17	15	18	15
B2	13	12	12	12	13	13	10
B3	18	18	18	18	20	18	15
B4	47	47	46	47	47	45	45
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	18	12	24	18	18	18
N2	10	10	10	15	10	15	10
Y1	235	235	235	282	282	282	282
Y2	250	300	250	300	300	300	300
Toplam	1138	1196	1131	1263	1269	1250	1263

Ek Çizelge 5 20-27.1.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

5.hafta/20-27.1.2003	20.1	21.1	22.1	23.1	24.1	25.1	26.1
Ş.P.1	16	16	16	16	16	8	16
Ş.P.2	13.5	9	9	13.5	13.5	9	9
ŞP3							
ŞP4	6.5	6.5	13	13	13	6.5	6.5
ŞP5	12	12	12	12	12	18	12
A1	20	22	22	20	20	20	20
A2	15	18	15	18	18	18	15
A3	22	20	20	20	20	20	20
A4	18	17	18	16	17	18	18
A5	20	18	20	22	20	18	20
A6	15	18	15	15	15	15	18
A7	18	20	18	20	20	20	22
A8	18	18	15	18	18	18	18
A9	18	17	16	15	18	17	20
A10	20	18	20	18	20	20	20
B1	16	15	18	18	15	18	15
B2	13	12	12	12	13	13	10
B3	18	18	18	18	20	18	15
B4	47	47	46	47	47	45	45
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	18	18	24	24	18	18
N2	15	15	15	15	15	10	15
Y1	282	235	282	235	282	282	282
Y2	250	250	250	250	300	300	300
Toplam	1171	1133	1188	1142	1243	1223	1228

Ek Çizelge 6 27.1-3.2.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

6.hafta/ 27.1- 3.2.2003	27.1	28.1	29.1	30.1	31.1	1.2	2.2.2003
Ş.P.1	16	16	20	16	16	16	16
Ş.P.2	13.5	18	9	9	9	13.5	9
ŞP3	20	17.5	17.5	17.5	15	20	15
ŞP4	13	13	13	13	13	13	13
ŞP5	12	12	6	0	12	6	12
A1	22	20	21	22	21	22	20
A2	17	18	16	17	15	18	16
A3	21	20	21	22	21	22	21
A4	16	18	17	15	16	17	18
A5	18	17	20	18	18	19	18
A6	18	17	17	18	17	18	17
A7	18	16	18	18	18	15	18
A8	18	20	18	15	15	18	18
A9	18	18	20	18	16	18	15
A10	20	20	22	18	20	20	20
B1	15	15	15	15	15	15	15
B2	13	10	10	13	13	13	13
B3	15	15	15	15	15	15	15
B4	45	45	45	45	45	45	45
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	18	18	18	12	18	18
N2	15	15	15	20	15	10	10
Y1	235	235	235	235	235	235	282
Y2	250	250	250	250	300	300	300
Toplam	1153	1146	1141	1130	1192	1193	1244

Ek Çizelge 7 3-10.2.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

1.hafta/3-10. 2.2003	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2
Ş.P.1	16	16	16	16	16	8	16
Ş.P.2	9	9	9	9	13.5	9	13.5
ŞP3	15	15	15	17.5	17.5	15	15
ŞP4	13	13	19.5	13	13	13	13
ŞP5	12	12	12	12	12	12	12
A1	20	22	22	20	20	22	20
A2	18	16	18	18	15	18	16
A3	20	22	22	22	22	22	20
A4	15	18	16	18	15	18	18
A5	18	15	18	15	18	18	20
A6	18	18	18	18	15	18	18
A7	18	18	20	18	20	20	20
A8	20	18	18	20	20	20	20
A9	20	20	15	15	15	18	18
A10	20	20	20	18	18	18	18
B1	15	15	15	15	15	15	15
B2	13	13	13	13	13	13	13
B3	15	15	15	15	15	15	15
B4	45	45	45	45	45	45	45
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	18	18	18	12	12	18
N2	15	15	15	15	15	10	15
Y1	235	235	235	235	235	235	282
Y2	250	250	250	250	300	300	300
Toplam	1158	1158	1145	1138	1169	1194	1247

Ek Çizelge 8 17-24.2.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

8.hafta/17-24.2.2003	17.2	18.2	19.2	20.2	21.2	22.2	23.2
Ş.P.1	16	16	16	16	16	16	16
Ş.P.2	9	9	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
ŞP3	20	20	22.5	25	20	22.5	22.5
ŞP4	13	13	19.5	13	13	13	13
ŞP5	12	18	12	12	18	18	18
A1	20	20	20	22	22	22	22
A2	18	18	15	15	18	18	15
A3	22	20	20	22	22	22	22
A4	15	15	15	17	17	17	17
A5	18	18	18	18	18	18	20
A6	18	18	18	18	18	18	18
A7	18	18	18	18	18	18	18
A8	18	18	20	18	18	20	20
A9	18	20	18	20	18	20	18
A10	20	22	22	22	22	20	20
B1	15	15	15	15	15	15	15
B2	13	13	13	13	13	13	13
B3	15	15	15	15	15	15	15
B4	45	45	45	45	45	45	45
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	18	18	12	18	18	18
N2	15	15	15	10	15	15	10
Y1	235	235	235	235	235	235	282
Y2	250	250	250	250	300	300	300
Toplam	1161	1169	1118	1151	1214	1196	1235

Ek Çizelge 9 24.2-3.3.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

9.hafta/24.2-3.3.2003	24.2	25.2	26.2	27.2	28.2	1.3	2.3
Ş.P.1	16	16	16	16	16	16	16
Ş.P.2	9	9	9	9	13.5	18	18
ŞP3	25	27.5	25	30	30	25	22.5
ŞP4	13	13	19.5	19.5	19.5	26	19.5
ŞP5	18	12	12	18	12	12	12
A1	20	22	20	20	20	20	22
A2	15	15	18	15	18	18	18
A3	20	20	22	22	20	22	20
A4	15	15	18	15	18	15	18
A5	20	20	18	20	20	18	18
A6	18	18	18	18	18	18	18
A7	20	18	18	18	18	20	20
A8	20	18	20	20	20	20	20
A9	20	18	17	19	17	18	18
A10	20	22	20	22	20	20	20
B1	15	15	15	15	15	15	15
B2	13	13	13	13	13	13	13
B3	15	15	15	15	15	15	15
B4	45	45	45	45	45	45	45
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	18	18	18	12	18	18
N2	15	15	15	15	15	15	10
Y1	188	188	235	188	188	235	235
Y2	250	250	250	250	200	250	250
Toplam	1128	1095	1157	1121	38804	1192	1139

Ek Çizelge 10 3-10.3.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

10.hafta/3-10.3.2003	3.3	4.3	5.3	6.3	7.3	8.3	9.3.2003
Ş.P.1	8	8	8	8	12	12	8
Ş.P.2	9	9	9	9	4.5	4.5	4.5
ŞP3	10	10	10	10	12.5	10	10
ŞP4	6.5	6.5	13	6.5	13	13	13
ŞP5	12	12	6	6	12	12	6
A1	20	18	18	18	18	18	18
A2	15	15	15	15	15	15	15
A3	18	18	18	18	18	17	18
A4	15	15	15	15	15	15	15
A5	15	15	17	17	15	17	17
A6	15	18	17	18	15	17	17
A7	15	17	17	17	17	17	15
A8	17	15	15	17	15	15	17
A9	18	18	20	15	17	17	20
A10	20	18	18	20	20	20	20
B1	15	15	15	15	15	15	15
B2	13	13	13	13	13	13	13
B3	15	15	15	15	15	15	15
B4	45	45	45	45	45	45	45
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	18	18	18	18	18	12
N2	15	15	15	10	15	15	15
Y1	188	235	188	188	235	188	235
Y2	250	200	250	250	250	200	250
Toplam	1066	1062	1075	1057	1108	1024	1109

Ek Çizelge 11 10-17.3.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

11.hafta/10-17.3.2003	10.3	11.3	12.3	13.3	14.3	15.3	16.3
Ş.P.1	12	12	12	12	8	8	8
Ş.P.2	4.5	4.5	9	9	9	4.5	4.5
ŞP3	15	10	10	10	10	10	10
ŞP4	6.5	6.5	6.5	6.5	13	6.5	6.5
ŞP5	12	12	6	6	6	6	6
A1	18	15	15	20	20	15	18
A2	15	13	15	15	15	13	12
A3	20	20	20	20	20	20	20
A4	15	15	15	15	15	15	15
A5	15	15	18	15	15	15	18
A6	15	15	15	15	15	15	15
A7	15	15	15	15	15	15	15
A8	18	18	18	18	18	18	18
A9	15	18	15	15	18	15	18
A10	18	20	20	18	20	20	20
B1	15	15	15	15	15	15	15
B2	13	13	13	13	13	13	13
B3	15	15	15	15	15	15	15
B4	45	45	45	45	45	45	45
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	12	18	18	0	0	0
N2	15	15	15	10	15	15	15
Y1	188	188	188	188	188	188	188
Y2	200	200	200	250	250	250	200
Toplam	1012	1001	1012	1057	1058	1026	984

Ek Çizelge 12 17-24.3.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

12.hafta/17-24.3.2003	17.3	18.3	19.3	20.3	21.3	22.3	23.3
Ş.P.1	16	16	16	16	16	16	16
Ş.P.2	9	9	13.5	13.5	13.5	18	18
ŞP3	20	20	25	17.5	17.5	17.5	17.5
ŞP4	13	19.5	19.5	19.5	13	13	19.5
ŞP5	12	12	12	12	12	12	12
A1	20	20	20	18	20	20	20
A2	15	15	15	15	18	18	15
A3	20	20	20	20	20	20	20
A4	18	17	18	18	18	17	18
A5	20	18	20	18	20	18	20
A6	18	17	18	18	17	18	18
A7	20	18	17	20	20	18	20
A8	18	18	18	18	18	18	18
A9	15	18	20	20	18	18	20
A10	18	20	20	20	20	20	20
B1	15	15	15	15	15	15	15
B2	13	13	13	13	13	13	13
B3	15	15	15	15	15	15	15
B4	45	45	45	45	45	45	45
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	18	18	18	18	12	18
N2	15	15	10	15	15	15	15
Y1	188	188	188	188	188	188	188
Y2	150	150	150	150	150	150	150
Toplam	1011	997	993	972	989	997	994

Ek Çizelge 13 24-31.3.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

13.hafta/24-31.3.2003	24.3	25.3	26.3	27.3	28.3	29.3	30.3.2003
Ş.P.1	8	12	16	16	12	8	12
Ş.P.2	13.5	13.5	13.5	13.5	9		
ŞP3	20	20	17.5	20	17.5	22.5	22.5
ŞP4	13	19.5	19.5	19.5	13	13	19.5
ŞP5	12	15	12	12	12	15	15
A1	18	18	18	18	18	18	18
A2	15	15	15	15	15	15	15
A3	20	20	20	20	20	20	20
A4	15	15	15	15	15	15	15
A5	15	18	15	15	18	18	18
A6	15	18	18	18	18	15	15
A7	18	18	18	18	18	18	18
A8	18	18	20	18	18	18	15
A9	15	15	20	18	18	15	18
A10	18	18	18	18	18	20	18
B1	15	15	15	15	15	15	15
B2	13	13	13	13	13	13	13
B3	15	15	15	15	15	15	15
B4	45	45	45	45	45	45	45
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	18	18	18	18	12	12
N2	15	15	15	10	10	15	10
Y1	188	235	235	235	235	235	235
Y2	250	250	250	250	250	200	250
Toplam	1079	1126	1111	1122	1123	1058	1092

Ek Çizelge 14 31.3-7.4.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

14.hafta/31.3-7.4.2003	31.3	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4
Ş.P.1	16	16	8	8	8	12	12
Ş.P.2							
ŞP3	15	15	17,5	15	15	12,5	12,5
ŞP4	13	13	19,5	13	6,5	6,5	6,5
ŞP5	15	12	12	12	15	15	15
A1	20	20	15	15	20	15	15
A2	15	10	10	10	15	15	10
A3	20	20	18	20	20	18	15
A4	15	15	15	10	10	10	10
A5	15	15	15	15	15	15	15
A6	15	15	15	15	15	15	15
A7	15	17	15	15	17	17	18
A8	18	18	15	15	15	15	18
A9	15	15	15	15	15	15	15
A10	18	18	18	18	18	18	18
B1	13	13	13	13	13	13	13
B2	13	13	13	13	13	13	13
B3	15	15	15	15	15	15	15
B4	45	45	45	45	45	45	45
B5	300	300	300	300	300	300	300
N1	18	18	18	12	18	18	18
N2	15	15	10	15	15	15	15
Y1	250	200	250	200	250	200	200
Y2	200	200	200	250	250	200	200
Toplam	1094	1038	1053	1059	1117	999	995

Ek Çizelge 15 7-14.3.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

15.hafta/7-14.3.2003	7.4	8.4	9.4	10.4	11.4	12.4	13.4
Ş.P.1	8	8	8	8	8	8	8
Ş.P.2	9	9	9	9	9	9	9
ŞP3	10	10	15	5	7,5	7,5	5
ŞP4	6,5	6,5	13	6,5	6,5	6,5	6,5
ŞP5	9	9	6	6	9	9	6
A1	10	10	8	10	8	8	8
A2	7	7	7	7	7	7	7
A3	10	10	10	10	10	10	10
A4	7	7	7	7	7	7	7
A5	7	7	7	7	7	8	8
A6	10	8	8	8	8	8	8
A7	8	8	8	8	8	8	8
A8	8	8	8	8	8	7	7
A9	8	8	7	7	7	8	8
A10	10	10	8	8	8	8	8
B1	8	8	8	8	8	8	8
B2	5	5	5	5	5	5	5
B3	8	8	8	8	8	8	8
B4	25	25	25	25	25	25	25
B5	150	150	150	150	150	150	150
N1	18	18	18	18	18	12	18
N2	15	15	15	15	15	10	15
Y1	200	200	200	200	250	250	200
Y2	200	200	200	200	250	200	200
Toplam	750	748	758	737	833	773	736

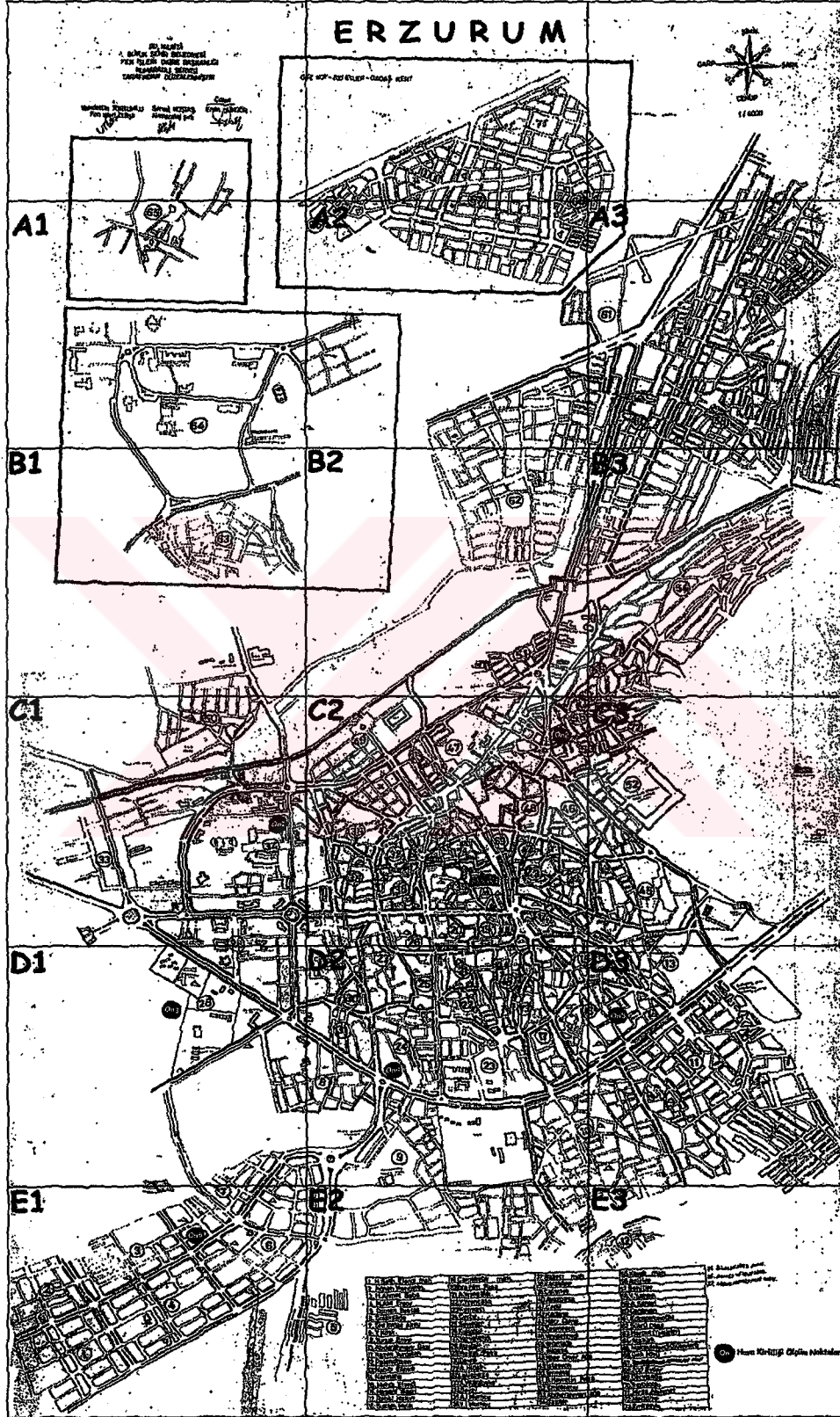
Ek Çizelge 16 14-21.4.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

16.hafta/ 14- 21.4.2003	14.4	15.4	16.4	17.4	18.4	19.4	20.4
Ş.P.1	12	12	12	8	8	8	8
Ş.P.2	4.5	4.5	4.5	4.5	9	9	9
ŞP3	10	10	12.5	10	7.5	7.5	7.5
ŞP4							
ŞP5	15	12	12	9	9	9	6
A1	7	7	7	7	7	7	7
A2	5	5	5	5	5	5	5
A3	8	8	8	8	8	8	8
A4	5	5	5	5	5	5	5
A5	6	5	5	5	5	5	5
A6	7	7	7	7	7	7	5
A7	8	8	7	7	7	7	7
A8	8	8	8	8	8	8	8
A9	8	8	8	8	8	8	8
A10	10	10	9	10	8	10	8
B1	7	7	7	7	7	7	7
B2	5	5	5	5	5	5	5
B3	5	5	5	5	5	5	5
B4	25	25	25	25	25	25	25
B5	150	150	150	150	150	150	150
N1	6	6	6	6	6	6	12
N2	5	5	5	5	5	5	5
Y1	200	200	200	200	250	200	200
Y2	200	250	200	200	200	250	200
Toplam	712	758	696	700	747	749	698

Ek Çizelge 17 21-28.4.2003 Günlük Yakıt Tüketimi

17.hafta/21- 28.4.2003	21.4	22.4	23.4	24.4	25.4	26.4	27.4
Ş.P.1	12	8	8	8	8	8	8
Ş.P.2	9	9	9	9	9	9	4.5
ŞP3	7.5	10	10	10	7.5	12.5	10
ŞP4							
ŞP5	12	15	15	12	9	9	9
A1	6	6	6	6	6	6	6
A2	4	4	4	4	4	4	4
A3	8	8	8	7	7	7	7
A4	4	4	4	4	4	4	4
A5	5	5	5	5	5	5	5
A6	5	5	5	5	5	5	5
A7							
A8	7	7	6	6	6	7	7
A9	7	7	7	6	6	6	6
A10	8	8	7	7	7	7	7
B1	7	7	7	7	7	7	7
B2	5	5	5	5	5	5	5
B3	5	5	5	5	5	5	5
B4	25	25	25	25	25	25	25
B5	150	150	150	150	150	150	150
N1	12	0	6	12	18	6	6
N2	10	10	10	15	15	10	10
Y1	150	150	150	150	150	150	150
Y2	150	200	150	150	200	200	200
Toplam	601	648	602	608	651	635	636

Ek 5 Erzurum Haritası



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 27.7.1969

Doğum yeri Artvin

Lise 1983-1986 Erzurum Lisesi

Lisans 1986-1990 19 Mayıs Üniv. Fen Fak. Çevre Müh. Böl.

Yüksek Lisans 1993-1997 Atatürk Üniv. Fen Bil. Enst. Çevre Müh. Prog.

Doktora 1998-2004 Yıldız Teknik Üniv. Fen Bil. Enst. Çevre Müh. Prog.

Çalıştığı kurumlar

1992-1995 Erzurum Belediyesi Fen İşleri Daire Başkanlığı

1995-Devam ediyor Atatürk Üniv. Çevre Sorunları Araştırma Merkezi

