

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOCAELİ İLİ'NDE NO_x EMİSYON DAĞILIMLARININ
MODELLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Çevre Yük. Müh. Şenay ÇETİN

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

Danışman: Prof.Dr. Savaş AYBERK

KOCAELİ, 2006

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOCAELİ İLİ'NDE NO_x EMİSYON DAĞILIMLARININ
MODELLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Çevre Yük. Müh. Şenay ÇETİN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 01.09.2006

Tezin Savunulduğu Tarih: 17.10.2006

Tez Danışmanı

Prof.Dr.Savaş AYBERK

(.....)

Üye

Prof.Dr.A.Nilgün AKIN

(.....)

Üye

Yrd.Doç.Dr.Aykan KARADEMİR

(.....)

Üye

Yrd.Doç.Dr.Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU

(.....)

Üye

Yrd.Doç.Dr.Şeref SOYLU

(.....)

KOCAELİ, 2006

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Kocaeli Türkiye'nin önde gelen sanayi bölgelerinden birisidir. Ayrıca 1960'ı izleyen son 45 yılda yoğun bir kentleşmeye sahne olmuştur. Ancak bu gelişmeyle birlikte çevre sorunları kendisini daha çok göstermeye başlamıştır. 1995 yılından sonra kent merkezinden başlayarak doğal gazın yaygınlaştırılması, Kocaeli İli'nin hava kalitesinin NO_x açısından değerlendirilmesini düşündürmüştür. Bu anlamda, iyi bir emisyon envanteri hazırlanması ve bu envantere dayalı olarak modelleme çalışmasının yapılması ile bu çalışmaların ölçümlerle desteklenmesi gerekli görülmüştür.

Yapılan çalışma esnasında, ülkemizde istatistiki verilerin yetersizliği, ortam havasındaki ölçümlerin pahalı ve güç bir iş olduğu fazlasıyla hissedilmiştir. Buna rağmen, sağlığa doğrudan etkisi, yer seviyesindeki O₃ konsantrasyonuna katkısı ve asit yağışı gibi etkileri nedeniyle endüstrileşmiş ülkelerde ana konu haline gelen NO_x kirliliğinin belirlenmesi gerektiği düşüncesi bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde itici güç olmuştur.

Herşeyden önce, bana bu konuda çalışma olanağı veren, beni bu konuda yalnız bırakmayan, yönlendiren ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Savaş AYBERK'e sonsuz teşekkür ediyorum.

Tez çalışması boyunca değerli katkı ve yardımlarını aldığım Tez İzleme Komitesi hocalarım Prof. Dr. Ayşe Nilgün AKIN ve Yrd. Doç. Dr. Aykan KARADEMİR'e,

Engin bilgilerinden yararlandığım hocam Yrd. Doç. Dr. Mithat BAKOĞLU'na,

Çok yoğun olduğu anlarda bile benden ilgisini ve bilgisini esirgemeyen hocam Yrd. Doç. Dr. Beyhan PEKEY'e ve her zaman bilgi ve önerileriyle destek sağlayan hocam Yrd. Doç. Dr. Lale KIRLI'ya,

Hoşgörü ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Çevre Mühendisliği Bölümü'ndeki tüm hocalarıma,

Envanter çalışmasının gerçekleştirilmesinde destekleri ve katkıları olan, Çevre ve Orman İl Müdürlüğü, Kocaeli Sanayi Odası, Sanayi Tesisleri, Karayolları Genel Müdürlüğü, Büyükşehir Belediyesi ve Diğer Belediye çalışanları ile verilerin toplanmasında yardımcı olan tüm öğrencilere,

Ölçümler esnasında, NO_x ölçüm cihazında çıkan sorunların çözümü konusunda desteğini esirgemeyen Terralab'dan Bülent ATAMER ile Erol AKTAŞ'a, Tubitak'dan Dr. Bilgin HİLMİOĞLU ile Enver İNCİ'ye ve Yıldız Teknik Üniversitesi'nden hocam Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK'e,

Tüm ölçüm istasyonlarındaki ölçümler esnasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen burada isimlerini tek tek yazamadığım pek çok kişiye,

Ve yine ölçümler esnasında ihtiyaç duyduğum her an yardımını esirgemeyen İrfan KERTMEN'e,

Kendisi de tez hazırladığı için benim kadar yoğun olmasına rağmen desteğini, ilgisini ve hoşgörüsünü hiçbir zaman esirgemeyen oda arkadaşım Tuba ÖZTÜRK'e,

Çalışmam sırasında sağladıkları sınırsız destek ve hoşgörü için, benimle aynı odayı paylaşan eski oda arkadaşlarım Esra CAN DOĞAN ve Ayça Naciye TEKELİ'ye,

Bir dönem bana yol arkadaşlığı yapan arkadaşım Bilge ALYÜZ'e ve Çevre Mühendisliği Bölümü'ndeki diğer arkadaşlarıma,

Haritaların temininde ve dağılım haritalarının oluşturulmasında yardımlarını ve hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Ercan SANGU, Taciser ÇETİNOL ve Nur DEMİR'e,

Ölçüm cihazları ve bilgisayar arasındaki veri transferini gerçekleştirerek destek olan Birkan İSKAN'a ve veri temininde yardımını esirgemeyen Ergin ULUTAŞ'a,

Çalışmanın tamamlanmasını bekleyen ve desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen tüm arkadaşlarıma,

Çalışma boyunca bana karşı gösterdikleri sabır, anlayış, destek ve sevgileri için aileme,

Ve çalışmanın birçok aşamasında karşılaşılan sorunların yükünü benimle çekmiş olan ve burada isimlerini yazamadığım pek çok kişiye,

sonsuz teşekkür ederim.

Çevre Yük. Müh. Şenay ÇETİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER.....	xvii
ÖZET	xix
İNGİLİZCE ÖZET	xx
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1. Konunun Önemi ve Kapsamı	1
1.2. Araştırmanın Amacı.....	3
1.3. Araştırma Alanı.....	4
1.4. Araştırma Yöntemi.....	4
BÖLÜM 2. AZOT OKSİT EMİSYONLARI	8
2.1. Tanım	8
2.2. NO _x 'lerin Kaynakları.....	9
2.3. NO _x 'lerin Etkileri	11
2.4. NO _x 'lerin Atmosferik Reaksiyonları	14
2.4.1. Havadaki azotun oksitlenmesi-NO oluşumu	14
2.4.2. NO'nun oksitlenmesi.....	17
2.4.4. Reaktif azot oksitlerinin (NO _y) oluşumu	18
2.4.4. NO _x ve O ₃ (ozon)'ün temel fotokimyasal döngüsü	19
2.4.5. NO _x ve H ₂ O ₂ (hidrojen peroksit)'in atmosferik kimyası	22
2.4.6. Hidroksil radikalleri	23
2.4.7. Nitrat radikalleri.....	25
2.4.8. Karbon bileşikleri ve NO _x ilişkisi	26
2.4.8.1. NO _x ve CO (karbon monoksit)'in atmosferik kimyası	26
2.4.8.2. NO _x ve HCHO (formaldehit)'in atmosferik kimyası	27
2.4.8.3. NO _x ve CH ₄ (metan)	28
2.4.9. Organik/NO _x kimyası	30
2.4.10. VOC/NO _x oranı	33
2.5. NO _x 'lerin Atmosferden Uzaklaştırılmaları.....	34
BÖLÜM 3. EMİSYON ENVANTERİ VE KOCAELİ İLİ İÇİN YAPILAN ENVANTER ÇALIŞMASI.....	37
3.1. Emisyon Envanteri.....	37
3.1.1. Tanım.....	37
3.1.2. Bir emisyon envanterinin hazırlanma aşamaları.....	38
3.1.2.1. Planlama	38
3.1.2.2. Veri toplama	38
3.1.2.3. Veri analizi ve emisyon tahmini	38
3.1.2.4. Rapor hazırlama	39
3.1.3. Emisyon envanterlerinde emisyon tahmini	39
3.1.3.1. Emisyon faktörleri.....	40

3.1.3.2. Emisyon faktörü veri tabanları.....	41
3.2. Kocaeli İli İçin Yapılan Envanter Çalışması (Yöntem)	42
3.2.1. Noktasal kaynaklar.....	43
3.2.2. Alansal kaynaklar.....	64
3.2.3. Çizgisel kaynaklar.....	68
BÖLÜM 4. ISCST3 MODELİ VE NO_x EMİSYONLARININ DAĞILIMININ MODELLENMESİ.....	71
4.1. Modelleme Yaklaşımı ve ISCST3 Modeli	71
4.2. NO _x Emisyonlarının Dağılımının Modellenmesi (Yöntem).....	74
4.2.1. Çalışma alanının özellikleri ve kabuller.....	74
4.2.1.1. Çalışma alanı.....	74
4.2.1.2. Alıcılar	75
4.2.1.3. Meteorolojik veriler.....	75
4.2.1.4. Yöreye özgü iklim parametreleri	77
4.2.1.4.1. Minimum monin-obukhov uzunluğu-kararlı koşullar	77
4.2.1.4.2. Yüzey pürüzlülük uzunluğu-ölçüm alanı ve uygulama alanı	78
4.2.1.4.3. Öğle vakti albedosu	79
4.2.1.4.4. Bowen oranı	80
4.2.1.4.5. Antropojenik ısı akısı	82
4.2.1.4.6. Yere absorplanan net radyasyon fraksiyonu	84
4.2.1.5. Dağılım katsayısı.....	84
4.2.1.6. Üstel bozunma	85
4.2.1.7. Arazi yüksekliği seçenekleri.....	85
4.2.1.8. Arazi hesaplamaları.....	85
4.2.1.9. Ortalanma zamanı seçenekleri	85
4.2.2. Kirlenici kaynağı.....	86
4.2.3. ISCST3 modeli seçenekleri	86
4.2.3.1. Konsantrasyon.....	86
4.2.3.2. Kuru birikim	87
4.2.3.3. Islak birikim.....	90
BÖLÜM 5. NO_x EMİSYONLARININ ÖLÇÜM YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ	93
5.1. Ölçüm İstasyonları	93
5.2. Ölçüm Yöntemi.....	97
5.3. Ölçüm Sonuçları	100
5.3.1. Yeniköy ölçüm istasyonu	101
5.3.1.1. Saatlik değişimler.....	101
5.3.1.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları.....	101
5.3.1.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları.....	104
5.3.1.1.3. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları.....	107
5.3.1.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri	110
5.3.1.3. Mevsimsel değişim.....	112
5.3.1.4. Sıcaklıkla değişimler	113
5.3.1.5. Rüzgar verileri	114
5.3.2. Yahya Kaptan	115
5.3.2.1. Saatlik değişimler.....	115
5.3.2.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları.....	115
5.3.2.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları.....	118
5.3.2.1.3. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları.....	121

5.3.2.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri	124
5.3.2.3. Mevsimsel değişim.....	126
5.3.2.4. Sıcaklıkla değişimler	127
5.3.2.5. Rüzgar verileri	128
5.3.3. İzmit-Amıtpark	129
5.3.3.1. Saatlik değişimler.....	129
5.3.3.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları.....	129
5.3.3.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları.....	134
5.3.3.1.3. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları.....	137
5.3.3.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri	141
5.3.3.3. Mevsimsel değişim.....	142
5.3.3.4. Sıcaklıkla değişimler	143
5.3.3.5. Rüzgar verileri	145
5.3.4. Köseköy.....	145
5.3.4.1. Saatlik değişimler.....	145
5.3.4.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları.....	145
5.3.4.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları.....	148
5.3.4.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri	151
5.3.4.3. Mevsimsel değişim.....	152
5.3.4.4. Sıcaklıkla değişimler	153
5.3.4.5. Rüzgar verileri	154
5.3.5. Körfez-Tüpraş.....	155
5.3.5.1. Saatlik değişimler.....	155
5.3.5.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları.....	155
5.3.5.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları.....	157
5.3.5.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri	160
5.3.5.3. Mevsimsel değişim.....	161
5.3.5.4. Sıcaklıkla değişimler	162
5.3.5.5. Rüzgar verileri	163
5.3.6. Körfez-İgşaş.....	164
5.3.6.1. Saatlik değişimler.....	164
5.3.6.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları.....	164
5.3.6.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları.....	167
5.3.6.1.3. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları.....	170
5.3.6.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri	176
5.3.6.3. Mevsimsel değişim.....	178
5.3.6.4. Sıcaklıkla değişimler	179
5.3.6.5. Rüzgar verileri	180
5.3.7. Körfez-Petkim.....	181
5.3.7.1. Saatlik değişimler.....	181
5.3.7.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları.....	181
5.3.7.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları.....	184
5.3.7.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri	187
5.3.7.3. Mevsimsel değişim.....	188
5.3.7.4. Sıcaklıkla değişimler	189
5.3.7.5. Rüzgar verileri	190
5.3.8. Değirmendere.....	191
5.3.8.1. Saatlik değişimler.....	191
5.3.8.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları.....	191

5.3.8.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları.....	194
5.3.8.1.3. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları.....	197
5.3.8.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri	201
5.3.8.3. Mevsimsel değişim.....	203
5.3.8.4. Sıcaklıkla değişimler	204
5.3.8.5. Rüzgar verileri	205
5.3.9. Sopalı.....	206
5.3.9.1. Saatlik değişimler	206
5.3.9.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları.....	206
5.3.9.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları.....	209
5.3.9.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri	212
5.3.9.3. Mevsimsel değişim.....	213
5.3.9.4. Sıcaklıkla değişimler	214
5.3.9.5. Rüzgar verileri	215
5.3.10. Yuvam	216
5.3.10.1. Saatlik değişimler	216
5.3.10.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları.....	216
5.3.10.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları.....	219
5.3.10.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri	222
5.3.10.3. Mevsimsel değişim.....	223
5.3.10.4. Sıcaklıkla değişimler	224
5.3.10.5. Rüzgar verileri.....	225
5.4. NO _x -CO ilişkisi	226
BÖLÜM 6. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	243
6.1. Envanter Çalışması Bulguları ve Tartışma.....	243
6.2. Model Bulguları ve Tartışma.....	251
6.3. Ölçüm Sonuçları Bulguları ve Tartışma.....	264
6.4. Model Sonuçları İle Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması	274
BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	283
KAYNAKLAR.....	291
EKLER.....	301
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	331
ÖZGEÇMİŞ.....	332

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma yöntemi	4
Şekil 2.1. Temiz troposferde azot oksitinin gaz fazı kimyasının özeti.....	18
Şekil 2.2. NO ₂ fotolizi ve O ₃ oluşum mekanizması	19
Şekil 2.3. NO _x , HC ve güneş ışığı arasındaki ilişki	21
Şekil 2.4. Propanın OH radikali tarafından başlatılan oksidasyonu.....	31
Şekil 2.5. NO _x 'lerin birikim türleri.....	36
Şekil 3.1. Emisyon envanteri akım şeması	42
Şekil 3.2. Sektörel gruplara göre tesislerin sayıları.....	44
Şekil 3.3. Tesislerin yakıt tüketimleri.....	64
Şekil 3.4. Evsel ısınma için tüketilen yakıt miktarları	67
Şekil 4.1. WRLPLOT ile hazırlanan 2002 yılı verileri için rüzgar gülü	77
Şekil 5.1. Ölçüm noktaları	96
Şekil 5.2. M200E NO _x cihazı akış diyagramı	98
Şekil 5.3. NO ₂ dönüşüm prensibi	99
Şekil 5.4. Model 300E CO cihazı ölçüm prensibi.....	100
Şekil 5.5. Yeniköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	102
Şekil 5.6. Yeniköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	105
Şekil 5.7. Yeniköy ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	108
Şekil 5.8. Yeniköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	111
Şekil 5.9. Yeniköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	111
Şekil 5.10. Yeniköy ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	112
Şekil 5.11. Yeniköy ölçüm istasyonundaki NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi.....	113
Şekil 5.12. Yeniköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	113
Şekil 5.13. Yeniköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	114
Şekil 5.14. Yeniköy ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	114
Şekil 5.15. Rüzgar verileri-Yeniköy	115
Şekil 5.16. Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	116

Şekil 5.17. Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	119
Şekil 5.18. Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	122
Şekil 5.19. Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	125
Şekil 5.20. Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	125
Şekil 5.21. Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	126
Şekil 5.22. Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	127
Şekil 5.23. Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	127
Şekil 5.24. Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	128
Şekil 5.25. Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	128
Şekil 5.26. Rüzgar verileri-Yahya Kaptan.....	129
Şekil 5.27. İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	130
Şekil 5.28. İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	135
Şekil 5.29. İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	138
Şekil 5.30. İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	141
Şekil 5.31. İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	142
Şekil 5.32. İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	142
Şekil 5.33. İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	143
Şekil 5.34. İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	144
Şekil 5.35. İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	144
Şekil 5.36. İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	144
Şekil 5.37. Rüzgar verileri-İzmit Anıtpark.....	145
Şekil 5.38. Köseköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	146

Şekil 5.39. Köseköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	149
Şekil 5.40. Köseköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	152
Şekil 5.41. Köseköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	152
Şekil 5.42. Köseköy ölçüm istasyonundaki NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	153
Şekil 5.43. Köseköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	154
Şekil 5.44. Köseköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	154
Şekil 5.45. Rüzgar verileri-Köseköy	155
Şekil 5.46. Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	156
Şekil 5.47. Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	158
Şekil 5.48. Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük değişimi.....	161
Şekil 5.49. Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	161
Şekil 5.50. Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	162
Şekil 5.51. Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	163
Şekil 5.52. Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi.....	163
Şekil 5.53. Rüzgar verileri-Körfez Tüpraş	164
Şekil 5.54. Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	165
Şekil 5.55. Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	168
Şekil 5.56. Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri.....	171
Şekil 5.57. Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	177
Şekil 5.58. Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	177
Şekil 5.59. Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	178
Şekil 5.60. Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	179

Şekil 5.61. Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	179
Şekil 5.62. Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	180
Şekil 5.63. Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	180
Şekil 5.64. Rüzgar verileri-Körfez İgşaş.....	181
Şekil 5.65. Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri.....	182
Şekil 5.66. Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri.....	185
Şekil 5.67. Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	188
Şekil 5.68. Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	188
Şekil 5.69. Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	189
Şekil 5.70. Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	190
Şekil 5.71. Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	190
Şekil 5.72. Rüzgar verileri-Körfez Petkim.....	191
Şekil 5.73. Değirmendere ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri.....	192
Şekil 5.74. Değirmendere ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri.....	195
Şekil 5.75. Değirmendere ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri.....	198
Şekil 5.76. Değirmendere ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	202
Şekil 5.77. Değirmendere ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	202
Şekil 5.78. Değirmendere ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	203
Şekil 5.79. Değirmendere ölçüm istasyonundaki NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	204
Şekil 5.80. Değirmendere ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	204
Şekil 5.81. Değirmendere ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	205
Şekil 5.82. Değirmendere ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	205
Şekil 5.83. Rüzgar verileri-Değirmendere	206

Şekil 5.84.	Sopalı ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	207
Şekil 5.85.	Sopalı ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	210
Şekil 5.86.	Sopalı ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük değişimi	212
Şekil 5.87.	Sopalı ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük değişimi	213
Şekil 5.88.	Sopalı ölçüm istasyonundaki NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	214
Şekil 5.89.	Sopalı ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	214
Şekil 5.90.	Sopalı ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	215
Şekil 5.91.	Rüzgar verileri-Sopalı	215
Şekil 5.92.	Yuvam ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	216
Şekil 5.93.	Yuvam ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri	219
Şekil 5.94.	Yuvam ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	223
Şekil 5.95.	Yuvam ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi	223
Şekil 5.96.	Yuvam ölçüm istasyonundaki NO-NO ₂ -NO _x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi	224
Şekil 5.97.	Yuvam ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	225
Şekil 5.98.	Yuvam ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x -sıcaklık ilişkisi	225
Şekil 5.99.	Rüzgar verileri-Yuvam	226
Şekil 5.100.	İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	229
Şekil 5.101.	İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x konsantrasyonuna karşı CO konsantrasyonu grafiği ...	230
Şekil 5.102.	Köseköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	231
Şekil 5.103.	Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	232
Şekil 5.104.	Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	233
Şekil 5.105.	Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	234
Şekil 5.106.	Sopalı ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	235
Şekil 5.107.	Yuvam ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	236

Şekil 5.108. Değirmendere ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	237
Şekil 5.109. Değirmendere ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	238
Şekil 5.110. Yeniköy ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	239
Şekil 5.111. Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	240
Şekil 5.112. İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	241
Şekil 5.113. Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO _x – CO ilişkisi	242
Şekil 6.1. NO _x 'in kaynakları	244
Şekil 6.2. NO _x için 2004 yılı emisyon envanteri.....	246
Şekil 6.3. Oluşan emisyonların sektörel dağılımları	248
Şekil 6.4. Çalışma alanındaki; yol uzunlukları, bu yollardan geçen araç sayıları ve hesaplanan NO _x emisyon miktarlarının dağılımı.....	249
Şekil 6.5. Trafik kaynaklı, km başına düşen emisyon miktarları	250
Şekil 6.6. Konut kaynaklı NO _x emisyon miktarları.....	250
Şekil 6.7. Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için 24 saatlik dağılım grafiği	253
Şekil 6.8. Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için aylık dağılım grafiği	254
Şekil 6.9. Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için yıllık dağılım grafiği	255
Şekil 6.10. Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için 24 saatlik dağılım grafiği.....	256
Şekil 6.11. Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için aylık dağılım grafiği.....	257
Şekil 6.12. Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için yıllık dağılım grafiği.....	258
Şekil 6.13. Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için yıllık dağılım grafiği.....	259
Şekil 6.14. Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için yıllık dağılım grafiği	260
Şekil 6.15. Tüm kirletici kaynak grupları için, ortalanma süresine (t) karşı maksimum konsantrasyon (C _{ymax}) grafiği	262
Şekil 6.16. Sanayi tesisleri için, ortalanma süresine (t) karşı maksimum konsantrasyon (C _{ymax}) grafiği	263
Şekil 6.17. Konutlar için, ortalanma süresine (t) karşı maksimum konsantrasyon (C _{ymax}) grafiği	263
Şekil 6.18. Araçlar için, ortalanma süresine (t) karşı maksimum konsantrasyon (C _{ymax}) grafiği	264
Şekil 6.19. NO _x kirlilik haritası.....	266
Şekil 6.20. Ölçümlerin yapıldığı istasyonlar içinde kirliliğin diğer yerlere göre yüksek olduğu 2 bölgedeki mevsimsel değerler (ortanca değerlere göre).....	269
Şekil 6.21. Ölçümlerin yapıldığı istasyonlar içinde kirliliğin diğer yerlere göre yüksek olduğu 2 bölgedeki mevsimsel değerler (%95'lik santil değerlerine göre)	269

Şekil 6.22. Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Yeniköy	278
Şekil 6.23. Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Yahya Kaptan	278
Şekil 6.24. Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-İzmit-Anıtpark	279
Şekil 6.25. Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Köseköy	279
Şekil 6.26. Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Körfez-Tüpraş	280
Şekil 6.27. Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Körfez-İgşaş	280
Şekil 6.28. Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Körfez-Petkim.....	281
Şekil 6.29. Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Değirmendere.....	281
Şekil 6.30. Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Sopalı.....	282
Şekil 6.31. Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Yuvam	282

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1	NO _x 'ler ile ilgili standartlar	13
Tablo 3.1.	Emisyonların hesaplanmasında kullanılan emisyon faktörleri	45
Tablo 3.2.	Alikahya'daki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	46
Tablo 3.3.	Alikahya'daki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	46
Tablo 3.4.	Bahçecik'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	47
Tablo 3.5.	Derince'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	47
Tablo 3.6.	Derince'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	48
Tablo3.7.	Gölcük'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	48
Tablo 3.8.	Gölcük'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	49
Tablo 3.9.	İzmit'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	49
Tablo 3.10.	İzmit'teki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	50
Tablo 3.11.	Körfez'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	53
Tablo 3.12.	Körfez'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	54
Tablo 3.13.	Köseköy'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	55
Tablo 3.14.	Köseköy'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	56

Tablo 3.15. Kullar-Vezirçiftliği-Körfez Sanayi Sitesi'ndeki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	57
Tablo 3.16. Kullar-Vezirçiftliği-Körfez Sanayi Sitesi'ndeki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	58
Tablo 3.17. Kuruçeşme'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	61
Tablo 3.18. Solaklar Köyü'ndeki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	61
Tablo 3.19. Uzunçiftlik'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	62
Tablo 3.20. Uzunçiftlik'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	62
Tablo 3.21. Yeniköy'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	63
Tablo 3.22. Yeniköy'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	63
Tablo 3.23. Eysel ısınmadan kaynaklanan emisyon hesabında kullanılan emisyon faktörleri.....	65
Tablo 3.24. Kocaeli İli Merkez İlçesi'ndeki nüfus, konut sayısı, yakıt tüketimleri ile ilgili veriler ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	65
Tablo 3.25. Kocaeli İli Gölcük İlçesi'ndeki nüfus, konut sayısı, yakıt tüketimleri ile ilgili veriler ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	66
Tablo3.26. Kocaeli İli Körfez İlçesi'ndeki nüfus, konut sayısı, yakıt tüketimleri ile ilgili veriler ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	66
Tablo 3.27. Kocaeli İli Derince İlçesi'ndeki nüfus, konut sayısı, yakıt tüketimleri ile ilgili veriler ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri	67
Tablo 3.28. Konut kaynaklı m ² 'ye düşen emisyon oranları	68
Tablo 3.29. Farklı araç tipleri için emisyon hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörleri.....	69
Tablo 3.30. Çalışma alanındaki yollar ve araç sayıları ile ilgili veriler ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri.....	70
Tablo 4.1. Model özelliklerinin özeti	72
Tablo 4.2. Modelleme için giriş verileri.....	73
Tablo 4.3. Rüzgar hızı esme sayısı (rüzgar hızı m/s).....	76
Tablo 4.4. Rüzgar hızı yinelenme sıklığı (rüzgar hızı m/s).....	76
Tablo 4.5. Arazi kullanım türlerine göre minimum monin-obukhov uzunlukları	78

Tablo 4.6. Mevsimler ve arazi kullanım türlerine göre yüzey pürüzlülük uzunlukları (m).....	79
Tablo 4.7. Mevsimler ve arazi kullanım türlerine göre albedo değerleri (m)	80
Tablo 4.8. Mevsimler ve arazi kullanım türlerine göre günlük bowen oranları-kuru koşullar	81
Tablo 4.9. Mevsimler ve arazi kullanım türlerine göre günlük bowen oranları-ortalama koşullar.....	81
Tablo 4.10. Mevsimler ve arazi kullanım türlerine göre günlük bowen oranları-ıslak koşullar	81
Tablo 4.11. Bazı şehirler için ortalama antropojenik ısı akısı (Qf) ve net radyasyon (Q*) değerleri	83
Tablo 4.12. Çalışmada kullanılan yöreye özgü iklim parametreleri	84
Tablo 4.13. Çeşitli kaynaklara göre NO _x 'ler için kuru birikim hızları.....	89
Tablo 4.14. Çekoslovakya'da arazi türlerine göre, 10 m yüksekliğinde, NO _x için hesaplanan yıllık ortalama V _d (mm/s) değerleri	89
Tablo 5.1. Ölçüm istasyonları.....	93
Tablo 6.1. Çalışma alanında toplam, sektörel ve yakıt tüketimine bağlı emisyonlar.....	244
Tablo 6.2. Tesislerin kirlilik miktarlarına göre sıralanışı, yakıt türleri emisyon değerleri	247
Tablo 6.3. Konsantrasyon seçeneğinde tüm kaynaklar için modelleme değerleri	251
Tablo 6.4. Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için modelleme değerleri	252
Tablo 6.5. Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için modelleme değerleri.....	252
Tablo 6.6. Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için modelleme değerleri	252
Tablo 6.7. NO _x -Sıcaklık ilişkileri.....	273
Tablo 6.8. NO _x -CO ilişkisi.....	274

SİMGELER

c	: Absorplanan gazın konsantrasyonu (CO)
C _y	: Kirleticinin havadaki konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
C _{y_{max}}	: Maksimum konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
C(z)	: z yüksekliğinde kirleticinin konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
D _d	: Kirleticinin kuru birikimi ($\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{s})$)
D _j	: Aracın katettiği mesafe (j)
D _{wg}	: Gazların yıllık ıslak birikim oranı ($\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{y})$)
D _{yw}	: Yıllık ıslak birikim oranı ($\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{y})$)
E _e	: Task-based emsiyon faktörü (g/MJ)
E _i	: Emisyon miktarı (i)
EF _{i,j}	: Yakıtı bağlı (j) emisyon faktörü (i)
E _{i,j,km}	: Araç tipi (j) ve hızı (km) bağlı emisyon faktörü (i)
E _m	: Mass based emisyon faktörü (g/kg)
f _p	: Partikül fazı fraksiyonu (birimsiz)
f _v	: Buhar fazı fraksiyonu (birimsiz)
g	: Yerçekimi ivmesi ($9,82 \text{ m/s}^2$)
H	: Yakıtın kalorifik değeri (kcal/kg)
H	: Henry kanunu katsayısı ($\text{atm}.\text{m}^3/\text{mol}$)
η	: Buhar kazanının termal verimi (%)
I ₀	: Absorplanmayan ışığın yoğunluğu
I	: Absorplanan ışığın yoğunluğu
L	: Işığın absorplanana kadar katettiği mesafe
Q _s	: Kirleticinin emisyon oranı (mg/s)
r	: Partikül çapı (cm)
R	: İdeal gaz sabiti ($0,082061 \text{ atm}.\text{dm}^3/\text{mol}.\text{K}$)
R _a	: Türbülans tabakası için aerodinamik rezistans
R _b	: Laminerimsi tabaka için laminar tabaka rezistansı
R _c	: Alıcı için yüzey ya da örtü (canopy) direnci
P	: Yıllık ortalama yağış (m/y)
t	: Ortalanma süresi (h)
T	: Ortalama yıllık sıcaklık ($^{\circ}\text{K}$)
χ/Q_n	: Nominal (birim) emisyon oranı başına modellenen kirleticinin havadaki konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(mg/s)
v	: Havanın kinematik viskozitesi (cm^2/s)
V _d	: Kirleticinin birikim hızı (m/s)
V _{eh_j}	: Araç tipine bağlı araç sayısı (j)
W _c	: Yıkanma katsayısı (birimsiz)
W _g	: Gazlar için yıkanma katsayısı (birimsiz)
Yakıt _j	: Tüketilen yakıt miktarı (j)
α	: Absorpsiyon katsayısı
ρ _p	: Partikül yoğunluğu (g/cm^3)
ρ _a	: Havanın yoğunluğu ($1.19 \times 10^{-3} \text{ g}/\text{cm}^3$)

Kısaltmalar

DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
CORINAIR	: European Union Emission Inventory Programme
HKDYY	: Hava Kalitesini Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
HKKY	: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
ISCST3	: Industrial Source Complex Short Term
NAAQS	: National Ambient Air Quality Standards
USEPA	: US Environmental Protection Agency
WHO	: World Health Organization

KOCAELİ İLİ'NDE NO_x EMİSYON DAĞILIMLARININ MODELLENMESİ

Şenay ÇETİN

Anahtar Kelimeler: Emisyon envanteri, emisyon faktörleri, dağılım modeli, ISCST3, NO_x emisyonları, CO emisyonları, Kocaeli.

Özet: Bu çalışmada, Türkiye'nin en fazla endüstrileşmiş bölgesi olan Kocaeli İli'nde çevre havasındaki NO_x kirliliği değerlendirilmiştir. Çalışma; emisyon envanteri, dağılım modellemesi, çevre havasında NO_x konsantrasyonlarının izlenmesi ve sonuçların değerlendirilmesi şeklinde dört aşamadan oluşmaktadır. Kocaeli İli'nde NO_x emisyon kaynaklarının belirlenmesi ve bunların çevre havasında toplam NO_x kirliliğine katkısı, bölgenin NO_x kirliliği yönünden incelenmesi, NO_x konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi ve çevre havasında NO_x-CO ilişkisinin tartışılması çalışmanın ana sonuçlarıdır.

Çalışma, Kocaeli İli'nin doğu-batı yönünde 26 km uzunluğunda, kuzey-güney yönünde 10,5 km genişliğinde olan pilot bölgede yapılmıştır. Bu bölge nüfus dağılımı, motorlu taşıt kullanımı, endüstriyel kuruluşların türü ve dağılımı ve meteorolojik koşullar gibi etmenler göz önüne alınarak belirlenmiştir. Bu alanda, farklı tip kaynakların NO_x kirliliğine katkı paylarının belirlenmesinde iki yaklaşım kullanılmıştır. Bunlardan ilki, ayrıntılı emisyon envanterinin hazırlanması ve bölgede farklı kaynaklardan açığa çıkan NO_x emisyonunun tahmin edilmesidir. Emisyon envanteri, kirlletici kaynakları; noktasal, alansal ve çizgisel olmak üzere üç sınıfa ayrılarak yapılmıştır. Bu kaynaklardan toplanan bilgiler ışığında emisyon faktörleri de kullanılarak NO_x kirlletici miktarı ve kaynakların katkı payları hesaplanmıştır. Çalışmada noktasal ve alansal kaynaklar için US Environmental Protection Agency (USEPA)'nın, çizgisel kaynaklar için ise CORINAIR'ın emisyon faktörleri kullanılmıştır.

Farklı tip kaynakların NO_x kirliliğine katkı paylarının belirlenmesinde ikinci yaklaşım ise, hava kirliliği dağılım modeli yaklaşımıdır. Çalışmada hava dağılım modeli olarak USEPA onaylı Industrial Source Complex Short Term (ISCST3) Modeli kullanılmıştır.

Yapılan model çalışması sonuçlarına göre NO_x emisyonları konsantrasyonlarının yüksek ve düşük olduğu yerlerde belirlenen 10 istasyonda, ortam havasında NO_x ölçümleri 21.12.2005-06.07.2006 tarihleri arasında 6,5 ay boyunca ölçüm yapılan alanlardaki saatlik, günlük, hafta içi-hafta sonu ve mevsimsel değişimi ortaya koyacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca NO_x-CO ilişkisini belirlemek amacıyla NO_x ölçümleriyle beraber yapılan CO ölçümleri ise, 25.03.2006-06.07.2006 tarihleri arasındaki yaklaşık 3,5 aylık süreyi içermektedir.

DISPERSION MODELLING OF NO_x EMISSIONS IN KOCAELI

Şenay ÇETİN

Key Words: Emission inventory, emission factors, air dispersion modelling, ISCST3, NO_x emissions, CO emissions, Kocaeli.

Abstract: The ambient air NO_x pollution was assessed in details in Kocaeli, the most industrialized region of Turkey, in the study. The study was performed in four stages: emission inventory, dispersion modelling, monitoring NO_x concentrations in the ambient air and detailed assessment of the results. The determination of the NO_x emission sources and their contributions to the total NO_x pollution in ambient air in Kocaeli, the investigation of the NO_x pollution through the area, variation of NO_x levels with respect to time and discussion of NO_x-CO relationship in ambient air were the major outcomes of the study.

The study was conducted in the pilot area with a length of 26 km in east-west direction and a width of 10.5 km in north-south direction within the area of Kocaeli province. The area was determined according to distribution of population, use of motor vehicles, distribution and types of industrial institutions and the meteorological conditions. Two approaches were applied for the determination of contributions of the different source types to the NO_x pollution in the ambient air. The first approach includes the preparation of a detailed emission inventory and the estimation of the NO_x emission rates of the different emission sources. The emission inventory was obtained by categorising the pollutant sources into three groups; point, area and line sources. Then NO_x emission rates and contributions of the sources were computed by combining the source specific data with the corresponding NO_x emission factors. The emission factors given by US Environmental Protection Agency (USEPA) were used for the point and area sources, while those provided by CORINAIR for the line sources.

The second approach applied for the determination of the contributions of the different sources to the total NO_x pollution was air pollution dispersion modelling. In the modelling studies an USEPA-approved Gaussian dispersion model, namely the Industrial Source Complex Short Term (ISCST3) Model was used.

In the experimental section, NO_x concentrations in the ambient air were monitored in 10 stations where the model results displayed high and low NO_x concentrations through 6.5 months (between 21.12.2005 and 06.07.2006) to observe hourly, daily, week-weekend and seasonally changes in the ambient air NO_x concentrations. Additionally CO measurements were conducted simultaneously in the same points through 3.5 months (between 25.03.2006 and 06.07.2006) to observe the NO_x-CO relationship.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Konunun Önemi ve Kapsamı

Kocaeli, özellikle körfez çevresi, sahip olduğu çok elverişli ekolojik özellikler, ulaşım olanakları ve coğrafi konumu nedeni ile sürekli olarak ilgi odağı olmuştur. Yoğun sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak hızla gelişen Kocaeli İli ekonomik açıdan Türkiye'nin en ileri illerinden biri konumuna gelmiştir. Ancak bu gelişmeyle birlikte artan çevre sorunları kendisini daha çok göstermeye başlamıştır (Ayberk, 2002). Çeşitli üretim alanlarını temsil eden sanayi kuruluşları, artan konutlar ve trafik araçlarından kaynaklanan kirleticiler, kirliliği yüksek düzeylere çıkarmıştır.

EPA'ya göre hava kirliliğine neden olan 6 temel kirletici kükürt dioksit (SO_2), partikül madde (PM), azot oksit (NO_x), karbon monoksit (CO), ozon (O_3) ve kurşun (Pb)'dur (USEPA, 2005). Bu kirleticiler arasında SO_2 ve PM ölçümleri, Sağlık Bakanlığı bünyesinde, ülke genelinde 69 il ve 7 ilçede olmak üzere 76 yerleşim bölgesindeki toplam 198 istasyonda etkin bir şekilde gerçekleştirilmektedir (RSHM, 2004). Diğer kirleticiler ile ilgili ölçümler ise henüz yaygınlaşmamıştır. Kocaeli İli'nde de 1987 yılından bu yana SO_2 ve PM ölçümü sürekli olarak yapılmakta, ancak diğer kirletici ölçümleri henüz yapılmamaktadır.

Bu emisyonlar arasında NO_x hariç diğerleri 1970'deki Temiz Hava Yasası'ndan bu yana önemli derecede azalırken, NO_x 'lerin bu periyottaki artış oranı %10 olmuştur (USEPA, 1998a; Yang et al., 2005). Diğer antropojenik gaz kirleticilerle birçok benzer özelliğe sahip olmasına rağmen, kimyasındaki karmaşıklıktan ötürü uzmanlar tarafından kontrol edilmesi zor kirletici olarak tanımlanmaktadır (<http://scholar.lib.vt.edu>). Bugün NO_x kirliliği, onun sağlığa doğrudan etkisi, yer seviyesindeki O_3 konsantrasyonuna (derişim) katkısı ve asit yağışı gibi etkileri nedeniyle endüstrileşmiş ülkelerde ana konu haline gelmiştir. Bu ülkelerde NO_x

emisyollarının denetimi için yasalar onaylanmış ve limitler uyulması zorunlu hale getirilmiştir (Radojevic, 1998). Bizim lkemizde de 01.01.2006 tarihinden itibaren yrrlge giren Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile ortam havasındaki NO_x'ler için verilen limit değerin 01.01.2012 tarihine kadar %50 düşürülmesi, 01.01.2021 tarihine kadar ise sifira düşecek şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılması öngörülmektedir. Bu nedenle, NO_x emisyonları, hava kirliliği çalışmalarında önemli bir yer kazanmaktadır.

Türkiye'nin önde gelen sanayi bölgelerinden birisi olan Kocaeli İli, 1960'ı izleyen son 45 yılda yoğun bir kentleşmeye sahne olmuştur. 1995 yılından sonra kent merkezinden başlayarak doğal gaz yaygınlaştırılmıştır ve halen de devam etmektedir. Bunun sonucu olarak evsel ve endüstriyel kaynaklardan önemli oranlarda NO_x emisyonu oluşumu söz konusudur. Dolayısıyla bölgede bu kirleticinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada NO_x emisyonlarına ilişkin bir değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme aşamasında, yine hava kirleticilerinden biri olan CO ile ilişkisine de bakılıp, atık gazda ters olan ilişkinin (Cardu, 2005), ortam havasındaki durumu ve trafiğin kirlilikteki rolü incelenmiştir.

Çalışma dört aşamadan oluşmaktadır:

- ✓ Envanter alışması,
- ✓ Modelleme,
- ✓ Belirlenen istasyonlarda lm,
- ✓ Sonuçların değerlendirilmesi (konsantrasyon değişimlerinin değerlendirilmesi, standartlarla karşılaştırma, model ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması, NO_x-CO ilişkisinin değerlendirilmesi).

Hava kirliliğini belirleme ve önlemeye yönelik çalışmaların ilk adımı, kirletici kaynaklardan atmosfere verilen kirletici maddelerin belirlenmesidir. Bu alışma emisyon envanteri olarak bilinir. Emisyonların envanterinin yapılması, alınacak önlemleri göstermesinin yanı sıra, geleceğe yönelik olarak yapılacak planlama çalışmalarına da katkı sağlayacaktır. Baca yüksekliklerinin belirlenmesi, emisyon kontrol stratejilerinin geliştirilmesi, kaynakların etkilerinin ve azaltma stratejilerinin

belirlenmesi, acil durum planlarının yapılması gibi konularda değerlendirilebilecek ve kararlar buna göre alınabilecektir (Elbir vd., 2000; USEPA, 1997; Tünay ve Alp, 1995).

Hava kalitesi modelleri, hava kirletici emisyonlarını azaltma stratejilerinin geliştirilmesinde ve hava kalitesini iyileştirmede güçlü bir destekleyicidir (Brulfert et al., 2005).

Gerçek emisyonlar, hem kaynakta hem de alıcı ortamda yapılan ölçümler ile tespit edilebilir. Ancak pahalı ve güç bir iştir. Bu nedenle de ölçüm yapılması olanaksız olduğu durumlarda ölçüm yerine, emisyon faktörleri kullanılarak hesaplama yöntemi tercih edilmektedir.

Kocaeli İli'nin hava kalitesi dikkate alındığında, iyi bir emisyon envanteri hazırlanması gerektiği görülmüştür. Temiz hava planı çalışmalarında yerel ölçekte hazırlanan bu envanterler gereklidir. Bu envantere dayalı olarak yapılacak modelleme çalışmasının da kirletici azaltma stratejilerinin belirlenmesinde destek olacağı düşünülmüştür. Ancak bu iki çalışma yeterli görülmeyip ölçümlerle de mevcut durumun belirlenmesi gerekli görülmüştür.

1.2. Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı, Kocaeli İli'nde NO_x kirliliği yönünden hava kirliliğinin boyutu ve önemi konusunda bir değerlendirme yapabilmektir. Bu amaç doğrultusunda,

- ✓ Kirletici kaynaklarının saptanarak; bu kaynakların kirliliğe katkı paylarının belirlenmesi,
- ✓ Bölgenin NO_x kirliliği yönünden incelenerek belirlenen konsantrasyonların standartlarla karşılaştırılması,
- ✓ NO_x konsantrasyonlarının zamana bağlı değişkenlik (temporal variability)'inin incelenerek, değişimlerin nedenlerinin belirlenmesi,

- ✓ NO_x-CO ilişkisinin değerlendirilmesi (yanma olayı ile doğrudan ilişkili olan ve atık gazda aralarında ters ilişkinin olduğu NO_x ve CO emisyonlarının ortam havasındaki ilişkisinin incelenmesi ve trafiğin kirlilikteki rolünün incelenmesi)

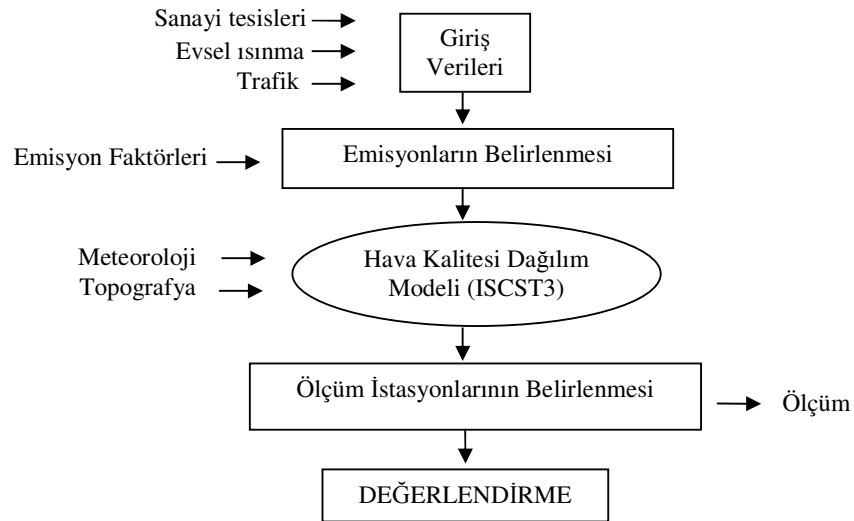
hedeflenmiştir.

1.3. Araştırma Alanı

Bu çalışmada, araştırma alanı olarak Kocaeli İli'nin doğu-batı yönünde 26 km, kuzey-güney yönünde 10,5 km olmak üzere, toplam 273 km²'lik bir alan seçilmiştir (Ek-1). Bu bölge nüfus dağılımı, motorlu taşıt kullanımı, sanayi kuruluşları türü ve dağılımı ve meteorolojik koşullar gibi etmenler göz önüne alınarak belirlenmiştir. Bölge, İzmit Körfezi'nin doğu bölümünü oluşturması ve yoğun bir yerleşim alanı olması nedeniyle özel bir önem taşımaktadır.

1.4. Araştırma Yöntemi

Çalışma yöntemi, Şekil 1.1'de şematik olarak verilmiştir. Ana başlıkları; emisyon envanteri, hava dağılım modeli ve ortam havası ölçümleri olan inceleme konularındaki yöntemler burada kısaca açıklanmış, ayrıntılara ilgili bölümlerde yer verilmiştir.



Şekil 1.1: Çalışma yöntemi

Emisyon envanteri, kirletici kaynakları üç sınıfa ayrılarak yapılmıştır. Bu sınıflar, noktasal kaynaklar (sanayi tesisleri), alansal kaynaklar (evsel ısınma) ve çizgisel kaynaklardır (trafik). Bu kaynaklardan toplanan bilgiler ışığında emisyon faktörleri de kullanılarak NO_x kirletici miktarı hesaplanmıştır. Bu çalışmada henüz Türkiye’de türetilmiş özel emisyon faktörlerinin bulunmaması nedeniyle,

- ✓ Noktasal ve alansal kaynaklar için US Environmental Protection Agency (USEPA, 1996; USEPA, 1998b)’nin mass-based emisyon faktörleri,
- ✓ Çizgisel kaynaklar için CORINAIR (CITEPA, 2004)’in task-based emisyon faktörleri kullanılmıştır.

Noktasal kaynak kapsamında; sanayi tesisleri ile bu tesislerdeki yakıt tüketimleri ve emisyon kaynaklarının özellikleri belirlenmiştir. Bu bilgilerin elde edilmesinde Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü ve Kocaeli Sanayi Odası’ndan alınan veriler ile sanayi tesislerinde yapılan anketler yoluyla elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Alansal kaynak kapsamında, bölgede yaşayan nüfus ve ısınma amaçlı tüketilen yakıt miktarları esas alınmıştır. Nüfus değerleri T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü’nün 2000 yılı nüfus sayımı sonuçlarına dayanan istatistiklerden sağlanmıştır. Yakıt tüketimlerinin belirlenmesinde Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü ile Kocaeli Belediyelerinden elde edilen bilgiler kullanılmıştır.

Çizgisel kaynak kapsamında ise, sadece motorlu kara taşıtları değerlendirilmiştir. Emisyonlar hesaplanırken araç sayıları temel alınmıştır. Araç sayıları Devlet Karayollarından temin edilen bilgiler ile gün içerisinde yapılan sayımların değerlendirilmesi sonucunda elde edilmiştir.

Emisyon envanteri ile ilgili yöntem Bölüm 3’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çalışmada hava dağılım modeli olarak “Lakes Environmental Software” tarafından hazırlanmış olan ve US Environmental Protection Agency (USEPA) onaylı Industrial Source Complex Short Term (ISCST3) Modeli kullanılmıştır (USEPA, 1995).

ISCST3 modeli, çeşitli kirlilik kaynaklarının söz konusu olduğu yerlerde, bu kaynaklara ait emisyonların dağılımlarının modellenmesi yönünde farklı seçenekler sunabilen bir modelleme yaklaşımıdır. Modelin temeli, türbülans sonucu kirleticilerin yatay ve düşey dağılımlarını tanımlamak için kullanılan Gauss dağılım denklemidir. Modelin çalıştırılması için;

- ✓ Harita Genel Komutanlığı tarafından yapılmış 1/25000 ölçekli .bmp formatında topografik harita kullanılmıştır.
- ✓ Saatlik sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü, basınç, günlük bulut yükseklikleri ve yağış ölçümlerini içeren meteorolojik veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ)'ne bağlı olan ve İzmit Merkez, Bağçeşme Mahallesi'nde kurulu bulunan, Kocaeli Meteoroloji İstasyonu (İstasyon No:17066)'ndan alınmıştır.
- ✓ Çalışma alanına ilişkin özellikler, literatürden elde edilen bilgiler ışığında elde edilmiştir.
- ✓ NO_x emisyonları ile ilgili bilgiler ise; envanter çalışması ile elde edilmiştir. Modele, yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler noktasal kaynak olarak girilirken, 1 MW'ın altında olanlar emisyon oranlarının düşük olması nedeniyle alansal kaynak olarak, konutlar alansal kaynak olarak, araçlar ise çizgisel kaynak olarak girilmiştir.

Modelleme ile ilgili yöntem Bölüm 4'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Ortam havası ölçümlerinde, örnekleme aktif örnekleme tekniği ile yapılmıştır. Kimyasal ışıma ilkesine göre ölçüm yapan 200 E Model NO_x ölçüm cihazı ile Beer Kanunu prensibine göre ölçüm yapan 300 E Model CO ölçüm cihazı kullanılmıştır. Model sonuçlarına göre araştırma alanı içerisinde belirlenen 10 istasyonda ortam havasında NO_x ölçümleri 21.12.2005-06.07.2006 tarihleri arasında 6,5 ay yapılmıştır. NO_x-CO arasındaki ilişkiyi değerlendirmek açısından yapılan CO ölçümleri ise, 25.03.2006-06.07.2006 tarihleri arasındaki yaklaşık 3,5 aylık süreyi içermektedir. Örnekleme süresi:

- ✓ Saatlik,
- ✓ Günlük,
- ✓ Hafta içi-hafta sonu,
- ✓ Mevsimsel

değişimi ortaya koyacak şekilde seçilmiştir. Örneklemenin yapılacağı istasyonların belirlenmesinde ise,

- ✓ Yapılan model çalışması sonuçlarına göre NO_x konsantrasyonlarının yüksek ve düşük olduğu yerler,
- ✓ Hava Kalitesini Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) Ek II-A-III'de kk ölçekli yerleştirmeler için verilen örnekleme noktasının, yer seviyesinden 1,5 m (nefes alma seviyesi) ve 4 m yukarda olması, ancak daha büyük bir alanı temsil etmesi istendiğinde 8 m'den daha yüksek konuma yerleştirmenin uygun olması,
- ✓ Elektrik hatlarına yakınlık,
- ✓ Güvenlik

gibi faktörler göz önüne alınmıştır.

Ortam havası ölçümleri ile ilgili yöntem Bölüm 5'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

BÖLÜM 2. AZOT OKSİT EMİSYONLARI

2.1. Tanım

Azot oksitler; azot monoksit (NO), azot dioksit (NO₂), diazot oksit (N₂O), diazot trioksit (N₂O₃), diazot tetroksit (N₂O₄), diazot pentoksit (N₂O₅) olmak üzere 6 farklı gazın karışımıdır (Uyar, 1994). Bunlara ilave olarak NO_x'in diğer reaktif azot bileşikleri (NO_y) de bulunmaktadır (Graham et al., 1997). Ancak bunlardan ikisi hava kirleticisi olarak önemlidir. Bunlar kentsel ve endüstriyel bölgelerde yüksek konsantrasyonlarda bulunabilen NO ve NO₂ olup, birlikte NO_x (NO+NO₂=NO_x) adı altında anılır (Harrison, 1996). Başlangıçta NO₂, toplamın %5'inden daha az olacak şekilde oluşur. Ancak atık gaz kanallarında ve atmosferde NO hızla NO₂'ye dönüşür. Bu yüzden NO_x, NO₂ olarak da kabul edilebilir (Cardu and Baica, 2005; Hill and Smoot, 2000).

NO; renksiz, kokusuz ve suda çözünürlüğü düşük olan bir gazdır. NO₂ ise kırmızımsı-kahve renkli, keskin kokulu bir gazdır (Graham et al., 1997). Soğuk ortamda aşağıdaki formülde görüldüğü biçimde NO₂'nin dimeri olan N₂O₄ (diazot tetroksit) oluşturur. N₂O₄ açık sarı renkli olup miktarı sıcaklığa bağlıdır. 140-150 °C arasında NO₂ şeklindedir. Vücut sıcaklığında ise %70 N₂O₄ ve %30 NO₂ bulunur. 22 °C'nin altında tamamen N₂O₄'e kondanse olur (Vural, 1996).



21,1 °C kaynama noktasına sahip NO₂'nin düşük kısmi basıncı, atmosferde yoğunlaşmasını önler. Korozyona neden olur ve yüksek derecede oksitleyicidir. Kırmızımsı-kahve renkli olmasından ötürü kendisi ile kirlenmiş havanın görüş mesafesini azaltıp aynı zamanda havanın renginin de değişmesine neden olur. NO₂

ultraviyole ışınlarını fazla miktarda absorbe etme özelliğine sahiptir (Graham et al., 1997).

NO ve NO₂ konsantrasyonlarının atmosferde anahtar kimyasallar haline gelmesindeki en önemli neden, onların fotokimyasal smog (sis) oluşumundaki önemli rolleridir (RSHM, 2004; Graham et al., 1997). Atmosferde bulunuş şekilleri ve konsantrasyonları konuma, günün saatlerine ve mevsime bağlı olarak çeşitlilik gösterir (Graham et al., 1997). Atmosferde kalış süreleri ise yüksekliklere bağlı olarak değişir. Aşağı stratosferde birkaç ay gibi oldukça uzundur, troposferde ise birkaç gündür (Köhler et al., 1997).

2.2. NO_x'lerin Kaynakları

Çevre havasında önemli konsantrasyonlarda bulunabilen NO_x'lerin ana kaynakları yakma prosesleridir. Ancak kaynaklar, gruplandırılacak olunursa, insan kaynaklı (antropojenik) ve doğal kaynaklar olmak üzere iki ana kümede incelenebilir. Kentsel alanlarda antropojenik kaynaklar baskınken, kırsal alanlarda bu durum tersinedir (Atkinson, 2000).

■ Antropojenik kaynaklar:

- √ Taşıt araçları: kara, hava ve deniz taşımacılığında kullanılan taşıtlar önemli NO_x kaynaklarıdır. Emisyonların oluşumu, trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Örneğin Singapur'da Mukherjee et al. (2000) tarafından yapılan bir çalışmaya göre kara trafiğinin, toplam emisyonu katkısı yaklaşık %35'tir. Okyanuslardaki gemiler tarafından verilen NO_x emisyonlarının genel NO_x emisyonlarına oranı ise Bond et al (2002) tarafından yapılan çalışmaya göre yaklaşık %10'dur. Uçaklar da NO_x emisyonları oluşturur ve bunlar aşağı troposfer ve stratosfer için önemli bir kaynak olabilmektedir (Graham et al., 1997).
- √ Yakma tesisleri (insineratörler): yakma tesislerinde amaç, atıkların tam olarak parçalanmasını sağlamak için yüksek sıcaklık, yeterli kalma süresi ve türbülans sağlamaktır. Ancak bu durum NO_x oluşumunu artırmaktadır (Nevers, 1993).

- √ Isınma amacı ile kullanılan fosil kökenli yakıtların yanması: yanma sırasında NO_x 'ler atmosferik azotun oksidasyonu veya yakıtın içerdiği azot nedeniyle oluşur (Gilbert et al., 2003). Oluşum mekanizmaları ilgili bölümde açıklanmıştır.
- √ Enerji üretimi: fosil yakıtların tüketildiği enerji santrallerinde, bu yakıtların türüne ve yakma şartlarına bağlı olarak NO_x oluşumu söz konusudur (Uyar, 2004; Butler et al., 2003; Kalthoff et al., 2002).
- √ Azotlu gübrelerin kullanımı ve tarımda kullanılan araçlar: sentetik gübrelerde azotun yaklaşık %11'i NO_x 'lere dönüştürülür. Gübreleme alanından NO_x 'lerin atmosfere geçişi besin seviyesi, toprağın nemi ve toprağın sıcaklığı ile ilişkili olarak değişmektedir. Tarımsal alanda en önemli NO_x kaynağı, tarımda kullanılan taşıt araçlarıdır. Kurvits and Marta (1998) tarafından Kanada'da 1995 yılında yapılan bir çalışmaya göre tarımda kullanılan taşıtlardan kaynaklanan NO_x emisyonlarının toplam NO_x emisyonuna katkısı yaklaşık %5'tir.
- √ Biyokütle (biomass) yanması: orman ve bozkır alanlardaki yangınlar, tarlada kalan hasat sonrası bitki artıklarının yakılması gibi olaylar bu kapsamda düşünülmektedir (Olivier et al., 1998; Graham et al., 1997).
- √ Endüstriyel prosesler: örneğin nitrik asit üretimi, nitrik asit (HNO_3) çok büyük endüstriyel öneme sahiptir; özellikle amonyum nitrat (NH_4NO_3) ve diğer kimyasalların sentezinde kullanılır. HNO_3 ticari olarak iki azot oksit (NO)'den üretilir. Önce NO oluşturmak üzere bir platin-rodium katalizörlüğünde amonyak (NH_3), oksijen (O_2) ile tepkimeye sokulur. Daha sonra NO , O_2 ve su (H_2O) ile yükseltgenir (Karacan ve Gürkan 2002).

■ Doğal kaynaklar:

- √ Topraktaki organik çürümeler ve mikrobiyolojik işlemler: NO_x 'ler azotun doğadaki doğal döngüsü esnasında oluşabilmektedir. Azot döngüsü atmosferdeki azotun bitkiler tarafından özümlemesi ve sonra tekrar atmosfere geri dönmesi sürecidir. Bu süreçte bitki ve hayvanlar, azot kaynağı (nütrient) olarak azot gazını değil, sadece reaktif azotu kullanabilirler. Ancak doğada kararlı koşullarda kalmak için reaktif azotun, yine N_2 haznesine geri dönmesi gerekir. Bu da nitrifikasyon ve denitrifikasyon olarak adlandırılan mikrobiyolojik prosesler tarafından gerçekleştirilir. Nitrifikasyonda amonyum (NH_4^+), aerobik koşullarda

ototrafik bakteriler tarafından nitrata (NO_3^-) oksitlenir. Denitrifikasyonda ise NO_3^- , anoksik (oksijeni sınırlı olan) şartlarda fakültatif heterotrofik bakteriler tarafından N_2 'ye dönüştürülür. Bu prosesler esnasında ara ürün olarak NO oluşumu gözlenebilmektedir (Barton and Atwater, 2002; Toros, 2000; Köhler et al., 1997).

- √ Orman yangınları: yanma olayına bağlı olarak NO_x oluşumu söz konudur (Sofuoğlu, 2006; Nevers, 1998; Harrison, 1996).
- √ Yıldırım: troposferik NO_x kaynağının en az anlaşılandır. Fakat alt troposferde NO_x karışım oranına önemli derecede katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Yıldırımlar tarafından NO_x üretimi daha çok kıtalar ve adalar üzerinde meydana gelmektedir. Bunun nedeni, karasal bölgelerde daha yoğun solar ısının görülmesi olarak tahmin edilmektedir (Bond et al., 2002; Meijer et al., 2001; Köhler et al., 1997).

2.3. NO_x 'lerin Etkileri

- √ Solunumla ilgili hastalıklara neden olur. NO sinir sistemine etki ederek solunum felcine neden olurken, NO_2 akciğerlerdeki alveollerde irritasyona yol açar. NO_2 etkisini çok çabuk gösteren bir gazdır. İşyeri havasında NO_2 'ye maruz kalan bir kimse koku ve görünüşünün farkına varmaksızın letal dozu soluyabilir. NO_2 etkilenmesinde, toksisite, kısa süre için bile Haber yasasına uyan bir konsantrasyon-zaman ilişkisi göstermez (Haber yasası: $C \times T = \text{sabit}$). Örneğin deney hayvanlarında 1 saatlik maruziyette LC_{50} 166 ppm; 4 saatlik maruziyette LC_{50} 88 ppm olarak saptanmıştır. Haber yasasına uyma durumunda LC_{50} 44 ppm olmalıydı (Vural, 1996).
- √ Kentsel bölgelerde $\text{PM}_{2,5}$ (partikül madde) ve PM_{10} 'un oluşumuna katkıda bulunur. PM, ışığı absorplayarak sis oluşumuna neden olur ve görüş mesafesini azaltır. Aynı zamanda akciğerlerde yıkıma neden olur (Kurvits and Marta, 1998).
- √ NO_2 bitkilere zarar verir. 0,3 ppm gibi düşük konsantrasyonlarda, büyümeyi engeller. Daha yüksek konsantrasyonlarda ise hassas bitkilerin yapraklarında gözle görülür bozulmalara neden olur (Sodhi, 2000).
- √ Asidifikasyona neden olur. Yağmur genel olarak hafif asidiktir, pH değeri 5-6 arasında değişir. Ancak NO_x 'in HNO_3 formuna dönüşmesi ile oluşan asit yağışı

pH'ı 4-4,5 gibi düşük değerdedir. Bu da özellikle akuatik (sucul ortam) yaşamda, bitkilerde ve toprakta olumsuz değişimlere yol açar (Hunova et al., 2004; Shore, 2003; Janhall et al., 2003; Galloway, 1998).

- √ Ötrofikasyona, dolayısıyla su kalitesinin bozulmasına neden olur (Erisman 2003).
- √ Malzemeler üzerine korozif etki yapar (Lutgens and Tarbuck, 1998; Harrison, 1996).
- √ Ozon oluşumunda önemli rol oynar. Ozon bilindiği gibi canlı yaşamını güneş radyasyonundan koruyucu özelliği ile atmosferin üst katmanlarında çok önemli bir işleve sahip olmasına rağmen, atmosferin yeryüzüne yakın katmanlarında zararlı bir gaz olarak kabul edilmektedir (WHO, 2000; Mayer, 1999).
- √ PAN (peroksi asetil nitrat), PPN (peroksi propiyonil nitrat) ve PBzN (peroksi benzoil nitrat) gibi kirleticilerin oluşumunda önemli rol oynar. PAN'lar yüksek sıcaklıkta kararsızdır, hızla bozunur, ancak düşük sıcaklıklarda oldukça kararlıdır. Bu yüzden serin ve yüksek bölgelerde uzun süre kalıcıdır. Ayrıca uzun menzilli taşınımlarda önemli rol oynar. Yüksek reaktiflikleri nedeniyle insan sağlığı üzerine zararlı etki yaparlar. Bu etki kendini göz yaşarması, solunum yolları mukozasının tahrişi ve sinir sisteminin etkilenmesi şeklinde gösterir (Davison and Cape, 2003; Holloway et al., 2002; Watanabe at al., 1998). Havada bulunan miktarı genellikle PAN'dan daha az olan PBzN ise, PAN'dan çok daha aktif ve tehlikeli bir kanserojendir (Müezzinoğlu, 2003).
- √ Yukarı atmosferde metanın (CH₄) atmosferde kalış süresini sınırlayan OH radikalinin konsantrasyonunu tüketerek, dolaylı yoldan global ısınmaya katkıda bulunduğu düşünölmektedir (Bhugwant and Hoareau, 2003; Barton and Atwater, 2002).

NO_x'lerle ilgili olarak ölkemizde ve diğer yerlerde uygulanan standartlar Tablo 2.1'de göröldüğü gibidir.

Tablo 2.1: NO_x'ler ile ilgili standartlar (HKDYY, 2006; WHO, 2005; WHO, 2000; HKKY, 1986; <http://www.epa.gov>)

NAAQS (National Ambient Air Quality Standards) (Ulusal Hava Kalitesi Standartları-ABD)	NO ₂ (yıllık ortalama)	100 µg/m ³ [0,053 ppm]
WHO (World Health Organization) (Dünya Sağlık Örgütü)	NO ₂ (saatlik ortalama) (yıllık ortalama-insanlar için) (yıllık ortalama-bitki örtüsü için)	200 µg/m ³ 40 µg/m ³ 30 µg/m ³
HKKY (Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-1986)	NO ₂ uzun vadeli kısa vadeli NO uzun vadeli kısa vadeli	100 µg/m ³ 300 µg/m ³ 200 µg/m ³ 600 µg/m ³
HKDYY (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-2006)	NO ₂ -1 saat insan sağlığının korunması için	200 µg/m ³ * (bir takvim yılında 18 kereden fazla aşılmayacak)
Limit Değerler	NO ₂ -takvim yılı insan sağlığının korunması için	40µg/m ³ **
	NO _x -takvim yılı bitkilerin korunması için	30 µg/m ³ ***
Geçiş dönemi uzun vadeli ve kısa vadeli standartlar ve uyarı eşikleri	NO ₂ – 24 saat 95-yüzde/yıl insan sağlığının korunması için	300 µg/m ³
	NO ₂ – takvim yılı insan sağlığının korunması için	100 µg/m ³ ****

*Tolerans payı: [1.1.2012] tarihinde 100 µg/m³ (% 50) ve [1.1.2021] tarihine kadar sifıra kadar düşecek şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltulacak, Limit Değere Ulaşılabacak Tarih: 1 Ocak [2021].

**Tolerans payı: [1.1.2012] tarihinde 20 µg/m³ (% 50) ve [1.1.2021] tarihine kadar sifıra kadar düşecek şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltulacak, Limit Değere Ulaşılabacak Tarih: 1 Ocak [2021].

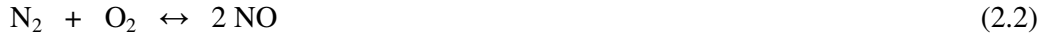
***Limit Değere Ulaşılabacak Tarih: 1.Ocak [2012].

**** Standart, 1.1.2006 tarihinde başlayarak [1.1.2012] tarihine kadar 60 µg/m³ (standartın %60'ı) olana kadar her 12 ayda eşit miktarda yıllık olarak azalır.

2.4. NO_x'lerin Atmosferik Reaksiyonları

2.4.1. Havadaki azotun oksitlenmesi-NO oluşumu

Havadaki N₂ moleküllerinde bulunan N-N ve O₂ moleküllerinde bulunan O-O bağları, NO'daki N-O bağına göre daha güçlüdür. Böylece her ne kadar endotermik olan,



reaksiyonunun dışarıdan 188 kJ/mol enerji aldığında gerçekleşmesi mümkün görünse de, bu olay dış hava sıcaklığında kendiliğinden oluşmaz. Bu enerjinin sıcaklık artışı ile veya elektriksel deşarjlarla karşılandığı durumlarda NO oluşmaya başlar. Bu da doğada ancak orman yangını, yıldırım ve şimşek gibi enerji artışları sırasında, teknolojik yanma süreçlerinde ise yanma odasındaki yüksek sıcaklık ortamında görülür. Bu reaksiyonun hızı sabit olmayıp, 800 °C'tan başlayarak sıcaklık artışı ile üstel artış göstermektedir. Örneğin 2000 °C'lara gelindiğinde havanın kendi azotunun oksitlenmesi ile NO oluşum miktarı, 800 °C'lara göre 10⁴ kat artış göstermektedir. Bu oluşum reaksiyonu sıcaklıkla hızını arttırabilmektedir. Oda sıcaklığında %75 azot ve %3 oksijen içeren otomobil ekzosunun NO denge konsantrasyonu sadece 1,1 x 10⁻¹⁰ ppm kadardır. Reaksiyon sıcaklığının 1000 °C olması halinde ise aynı denge 10² ppm gibi çok yüksek bir değere ulaşır (Müezzinoğlu, 2003).

(2.2) reaksiyonunun hızı sıcaklık dışında, her bir gazın konsantrasyonu, farklı sıcaklık zonlarındaki gazın hareketi ve basınç gibi faktörlere de bağlı olarak değişmektedir (Hueter et al., 1973).

Yanma esnasında görülen NO oluşumu; termal NO, yakıt NO ve ani NO olmak üzere üç farklı mekanizma ile gerçekleşir (Cardu and Baica, 2005; Gomez-Garcia et al., 2005; Kesgin, 2003). Yukarıdaki paragrafta sıcaklıkla oluşum hızı ilişkisi anlatılan oluşum mekanizması Zeldovich mekanizması yani termal NO oluşumudur. Bu mekanizmada öncelikle yüksek sıcaklık dolayısıyla O₂ molekülleri aktif atomik

oksijen (O) haline gelmektedir. Burada sözedilen oksijen, yanma reaksiyonunda ortama verilmesi gerekli olan fazla havanın oksijenidir. Alevin oksijen bakımından zengin dış bölgesinde ortaya çıkan aktif oksijen atomları,



uyarınca gelişen ve süren NO reaksiyonlarını başlatırlar. (2.3) ve (2.4) için toplam reaksiyon:



şeklinde (Gomez-Garcia et al., 2005; Scnelle and Brown, 2002; Hill and Smoot, 2000).

Alevin iç kısmında yani yakıt buharının bol, oksijenin de eksik olduğu yerlerde ise 1300 °C sıcaklığın üstünde suyun parçalanmasıyla oluşan OH radikalleri devrededir.



Hava fazlalığına bağlanan Zeldovich mekanizması ve bu mekanizmadan kaynaklanan NO artışı, hava fazlalığı azaldıkça artan eksik yanma ürünlerinin (CO, yanmamış hidrokarbon bileşikleri, organik gazlar ve is türü maddelere) azalmasına karşıt olarak meydana gelir. Bu ikilemi çözebilmek için, havayı fazla kısmadan, alev bölgesinden henüz çıkan duman gazını aniden soğutarak yapılan NO kontrolü alınabilecek en uygun teknolojik önlemlerden birisidir. Yakıtı kademeli olarak vererek hava fazlalığını oluşturmamak veya yeni gelişen dizel motorlarında olduğu gibi yerel olarak su püskürterek gazları aniden soğutmak suretiyle de NO oluşumu azaltılabilmektedir (Müezzinoğlu, 2003).

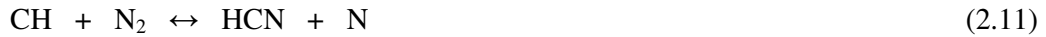
NO oluşumunu etkileyen bir diğer mekanizma ise yakılan fosil yakıtın bünyesinde bulunabilen azotun oksitlenmesidir. Birçok gaz ve sıvı yakıtlar az miktarda azot içermesine karşın, fuel oil ve kömür gibi fosil yakıtlar organik bağlarla bağlanmış halde %2 seviyelerine kadar azot içerebilmektedir. Yakıttaki azotun çoğu alev bölgesinde HCN'e sonra da NH ya da NH₂'ye dönüşür. NH ve NH₂ ise NO'yu oluşturur.



Bu arada hem yakıtta hem de Zeldovich mekanizmasına bağlı olarak oluşan NO molekülleri yakıtça zengin bölgede tekrar indirgenerek yeniden elementel azota dönüşebilirler (Nevers, 1993).



Üçüncü grup NO oluşumu ise ani NO oluşumu olarak bilinir. Ani NO oluşumu, sıcaklığın etkisiyle oluşan hidrokarbon radikalleri ile atmosferik azotun reaksiyonu sonucu oluşur.



Ani NO oluşumu yakıtça zengin, hidrokarbon radikallerinin HCN oluşumunu arttırdığı bölgelerde oluşur (Hill and Smoot, 2000). Her ne kadar uygulamada ani NO oluşumu, oldukça düşük öneme sahip ise de, küçük yakma tesislerinde karbonca zengin ve iyi yakılamayan kömür veya iyi enjekte olmamış sıvı yakıtların bulunmasıyla bazı durumlarda önemli olabilmektedir. İslî yanma engellenerek ve mavi yanma sağlanarak bu yolla oluşan NO azaltılabilir (Müezzinoğlu, 2003).

Doğal gaz ve distile olmuş yağlar kimyasal olarak yakıtta bağlı önemli derecede azot içermediklerinden bu yakıtlarda NO_x oluşum mekanizması termal oluşumdur. Atık yağlar ve kömürler yakıtta bağlı azot içerdiklerinden, bu yakıtların yanması ile oluşan NO_x'lerin oluşum mekanizması ise tüm mekanizmalardır (Campbell et al., 1991).

2.4.2. NO'nun oksitlenmesi

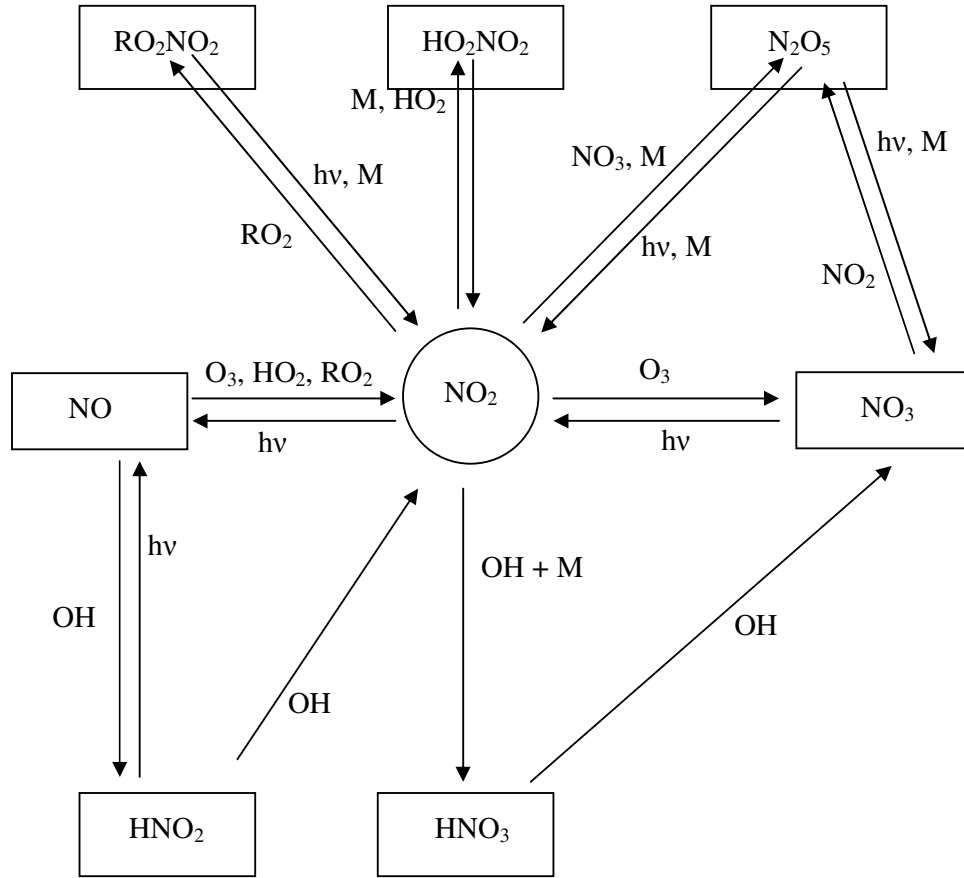
Baca veya eksozlardan havaya atılan NO_x'in %90-95'i genellikle NO, %5-10'u NO₂ şeklindedir. Ancak havada NO gazı atmosferik O₂ ile süratle NO₂'ye dönüşür. Reaksiyon hızı NO konsantrasyonu yükseldikçe artar (Reaksiyon 2.14). Bu nedenle NO gazı kendi çevresel etkisinden çok, süratle NO₂'ye dönüşmesi nedeniyle üstünde durulan ve etkili olan bir maddedir.



Düşük sıcaklıklarda (oda veya atmosferik sıcaklık) NO'nin NO₂'e dönüşümü, yüksek NO konsantrasyonlarında hızlı bir şekilde meydana gelmektedir. Örneğin 1000 ppm seviyesindeki NO, NO₂'ye birkaç saniyede dönüşebilmektedir. Ancak atmosferdeki seyrelme dolayısıyla NO konsantrasyonları oldukça düşük seviyelere düşmekte, düşük NO seviyelerinde ise dönüşüm çok daha yavaş bir şekilde meydana gelmektedir. Örneğin 1 ppm seviyesindeki NO, NO₂'ye yaklaşık 200 saat içinde dönüşmektedir (Nevers, 1993). Konsantrasyon 1 ppm'in altında bulunduğu NO, NO₂'ye 2 tip reaksiyon zinciriyle oksitlenir. 1. tip reaksiyon zinciri, O₃ (ozon) ile reaksiyondur ki, ortamda 0,1 ppm düzeyinde ozon bulunduğu düşük seviyelerdeki NO'nun NO₂'ye dönüşümü birkaç saniye içinde olabilmektedir (Graham et al., 1997; Nevers, 1993). 2. tip reaksiyon zinciri ise; uçucu organik bileşikler (VOC) ve metan içermeyen hidrokarbonlar (NmHC) gibi organik türlerle olan reaksiyonlardır. Bu yol aynı zamanda O₃ konsantrasyonunun da artmasına neden olur (Graham et al., 1997). Konuyla ilgili reaksiyonlar ilgili bölümlerde verilmiştir.

2.4.3. Reaktif azot oksitlerinin (NO_y) oluşumu

Kentsel ve endüstriyel bölgelerde NO_x kaynağının çok olması ve NO_x 'in diğer reaktif azot bileşiklerine (NO_y) dönüşümü söz konusu olduğundan, NO_y konsantrasyonları da önem kazanmaktadır. NO_y ; nitrik asit (HNO_3), nitroz asit (HONO), nitrat radikali (NO_3), diazot pentaoksit (N_2O_5), peroksiasetil nitratları (PAN) ve organik nitratları (RONO_2 , RC(O)OONO_2) içermektedir Şekil 2.1'de NO_y 'lerin oluşumu özetlenmiştir (Moore et al., 2001; Tecer, 2000; Graham et al., 1997; <http://orion.it.luc.edu>).

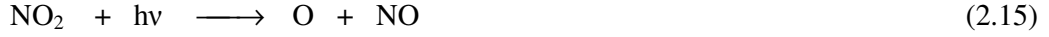


Şekil 2.1. Temiz troposferde azot oksitinin gaz fazı kimyasının özeti (Graham et al., 1997)

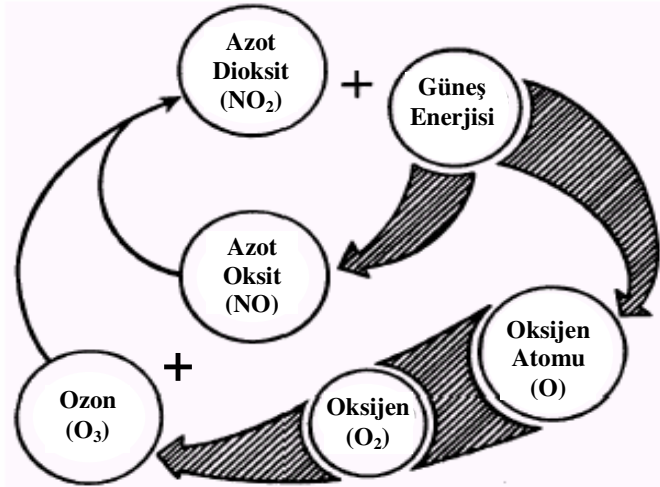
2.4.4. NO_x ve O₃ (ozon)'ün temel fotokimyasal döngüsü

Ozon (O₃) atmosferde doğal olarak bulunmakla birlikte, troposferde ikincil kirletici olarak oluşmaktadır. Son on yıldır, hassas ekili türleri (üzüm, tütün, çam gibi) ve ormanlık ağaçları etkileyen, en yaygın fototoksik hava kirleticisi olarak tanımlanmaktadır (Saitanis, 2003).

Oluşumu troposferin pek çok bölgesinde gün ışığının varlığında NO₂'nin fotolizinin bir sonucu olarak aşağıdaki reaksiyonlarla meydana gelir (Mukherjee et al., 2000; WHO, 2000; Carslaw and Beevers, 2004; Powe and Willis, 2004).



Burada M; N₂, O₂ veya aşırı enerji absorplayan üçüncü bir molekülü temsil eder. Aşırı enerjinin absorplanmasıyla oluşan O₃ molekülü stabilize olur. Atmosferde O₃'ün reaksiyon (2.16)'dan başka önemli bir kaynağı yoktur. Oluşan O₃, NO ile reaksiyona girerek tekrar NO₂ oluşturur (Tecer, 2000). Bu oluşum prosesi diyagram olarak Şekil 2.2'de görüldüğü gibidir.

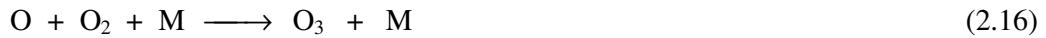


Şekil 2.2. NO₂ fotolizi ve O₃ oluşum mekanizması (Godish, 1997)

NO₂'nin olmadığı bir durumda, troposferde atomik oksijen ve dolayısıyla O₃ üretimi olmayacaktır. Bu nedenle O₃ konsantrasyonu NO₂'nin başlangıç konsantrasyonu ile kontrol edilebilir. Ancak kentsel ve bölgesel atmosferde bulunan O₃ karışım oranlarının, hesaplamalarla bulunandan daha büyük olduğu görülmektedir. Bu troposfere bırakılan NO_x seviyesinin çok fazla olduğu ve NO_x ile atomik oksijen oluşumuyla sonuçlanan başka reaksiyonların bulunduğu anlamına gelir (Bond et al., 2002; Tecer, 2000).

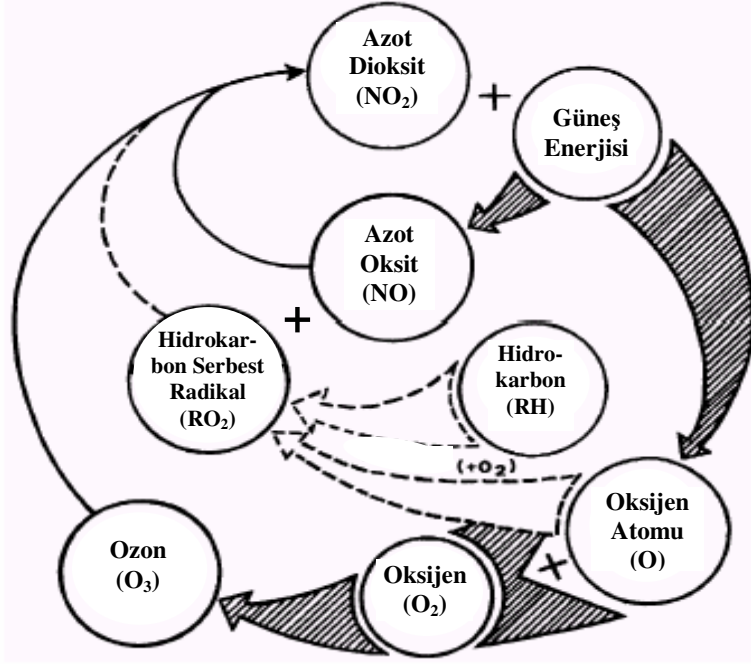
(2.15) reaksiyonu bir solar fotoliz reaksiyonu olup yakın UV bandında (300-390 nm) güneş ışığına ihtiyaç duyar. Bu reaksiyon güneşli günlerde öğle saatlerinde başlar ve NO₂'nin hızla tükenmesine yol açar. Bu reaksiyon hızı günün saatlerine göre çok değişken olup yaz günleri öğle saatlerinde maksimum değere ulaşır (Powe and Willis, 2004; Müezzinoğlu, 2003; Godish, 1997). Dolayısıyla (2.16) reaksiyonu ile O₃ oluşumu da (2.15) reaksiyonuna bağlı olarak öğle saatleri ve öğleden sonraki ilk birkaç saat (1-3) içerisinde maksimumdur. Ancak bu oluşumda yükseklik de önemlidir. Saitanis (2003) tarafından yapılan çalışmaya göre, 5-50-300 m gibi yüksekliklerde O₃ konsantrasyonu günün saatlerine göre değişirken, 920 m yükseklikte hem gündüz hem de gece saatleri boyunca değişmeyip sabit kalmaktadır.

(2.17) reaksiyonu ile ise harcanan NO₂ tekrar yerine konmaktadır. Daha sonra devreye hidrokarbon (HC), uçucu organik bileşikler (VOC) ve radikaller (RO₂) girerek O₃'ü tüketmeden NO → NO₂ oksitlenmesini sürdürür (Powe and Willis, 2004; Müezzinoğlu, 2003; Raga et al., 2001; Godish, 1997).



Böylece ortamda ozonun fazlaca tüketilmediği yeni bir denge oluşur, O₃ bir süre için birikmeye başlar. Bu oluşum prosesi diyagram olarak Şekil 2.3'de görüldüğü gibidir. Yaz günlerinde sık rastlanan bu kirlenme türü, O₃'ün yatay hava hareketleriyle dağılması ve/veya tüketilebileceği alanlar üzerine sevk edilmesiyle sona erer. Bu reaksiyon karmaşası fotokimyasal sis (smog) olarak adlandırılmakta ve hava

kalitesini azaltan ana kirleticilerden biri olarak tanımlanmaktadır. Bu olay sırasında kent, uzaktan bakıldığında hafif kıvılcıklı renkli bir dumanla kaplanmış olarak görülür. Eksoz gazlarıyla havaya atılan NO_x , HC ve onların havadaki ikincil ürünleri olan organiklerin etkisiyle meydana gelen bu reaksiyonlar görünür dalga boylarındaki gün ışığı ile sürer. Fotokimyasal sisin halen pek çok büyük kentte ve çevresinde önemli boyutta olduğu bilinmektedir (Müezzinoğlu, 2003; Abdul-Wahab et al., 2005).



Şekil 2.3. NO_x , HC ve güneş ışığı arasındaki ilişki (Godish, 1997)

Daha önce de değinildiği gibi NO'nun baca veya eksozlardan havaya atılmasından hemen sonra NO_2 'ye dönüşmesi atmosferde kolayca meydana gelen kimyasal bir reaksiyondur. Bu reaksiyonda NO'nun havadaki oksijenle tüketildiği ve bu reaksiyonun NO konsantrasyonu yükseldikçe hızının arttığı bilinir. Ayrıca havada O_3 'ün varlığının da bu dönüşümü daha da hızlandırdığı belirlenmiştir.

O_3 ile NO_x moleküllerinin fotokimyasal bir ayrışma sürecinde olması dolayısıyla O_3 oluşumu veya NO_2 'nin parçalanarak NO oluşturması sadece gündüzleri görülebilmektedir. Oysa NO'nun havanın O_2 veya O_3 'ü ile oksitlenerek NO_2 moleküllerine dönüşmesi geceleri de sürer. Bu nedenle NO kaynaklarından uzak havada geceleri hiç NO kalmaz. Benzer şekilde yaz aylarında gün ışığının artışı ile

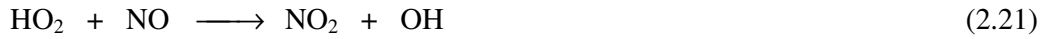
beraber havada gündüz saatlerinde O₃ artmakta, NO derişiminde ise net bir azalma görölmektedir (Müezzinoğlu, 2003).

2.4.5. NO_x ve H₂O₂ (hidrojen peroksit)'in atmosferik kimyası

Hidrojen peroksit (H₂O₂) bulutlarda, sis veya yağmurda dominant bir oksidanttır. H₂O₂ konsantrasyonunun fotokimyasal aktivitesini, büyük oranda günlük, mevsimsel ve enlemsel değişimler belirler. H₂O₂ seviyesinin kuzey enlemlerinde yaz aylarında ve öğleden sonra daha yüksek olduğu bulunmuştur. H₂O₂'nin temel gaz-faz bozunma şekli, OH ile reaksiyonu ve fotolizidir.



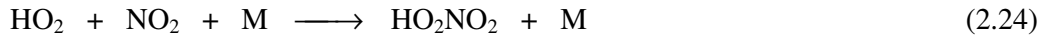
(2.19) ve (2.20) reaksiyonlarıyla oluşan HO₂ (hidroperoksi) ve OH radikalleri NO→NO₂ oksitlenmesine neden olmaktadır.



(2.21) ve (2.23) reaksiyonlarında katalitik bir rol oynayan OH ve HO₂ tükenmez. Bu reaksiyon dizisi herhangi bir molekülün bir sonlanma reaksiyonunda giderilmediği müddetçe tekrarlanabilir (Tecer, 2000).

Sonlanma reaksiyonu OH ve NO₂, HNO₃ oluşturmak üzere reaksiyona girdiğinde meydana gelebilir (Reaksiyon (2.28)) (Godish, 1997).

HO₂, NO₂ ile reaksiyona girdiğinde ise peroksi nitrik asit (HO₂NO₂) oluşturur.



Bu bileşik kararsızdır, bu nedenle yüzeye yakın karışım yüksekliğinde çok düşüktür. (Brasseur et al., 1998). Atmosfer tabakasındaki konsantrasyonunun 1 ppt'den daha düşük olduğu tahmin edilmektedir (Graham et al., 1997). Ancak soğuk troposfer bölgesinde çokluğu önemli olabilir. Troposferde HO₂NO₂'nin bozulması, onun troposferde kalış süresini sınırlayan OH ve fotoliz reaksiyonları tarafından kontrol edilir (Brasseur et al., 1998).

H₂O₂ konsantrasyonları tipik olarak yüzeyde düşük, sınır tabakası üstünde maksimum seviyeye yükselir, sonra yükseklikle yavaş yavaş düşer. H₂O₂ seviyesi atmosferde yüksek ya da düşük NO_x konsantrasyonlarının olup olmadığına, radikal üretiminin NO_x emisyon oranından daha büyük veya daha küçük oluşuna bağlı olarak değişir. Düşük NO_x konsantrasyonlarında, NO_x ile reaksiyona girebilecek radikaller daha fazla oluşur ve aşırı radikaller peroksitlerin kaynağı olan radikal-radikal reaksiyonlarıyla giderilir (Reaksiyon (2.25)). Bu olayda peroksit yaklaşık olarak radikal kaynağının gücü ile NO_x emisyon oranı arasındaki farkla orantılı olarak oluşur (Tecer, 2000).



2.4.6. Hidroksil radikalleri

Hidroksil radikalleri, (2.22), (2.23) ve (2.21) reaksiyonlarıyla NO→NO₂ oksitlenmesine yardımcı olmaktadır.

Kirli hava kütesinde sabahları OH radikallerinin ana kaynağı nitroz asit (HONO)'dir. Aumont et al., (2003) yaptığı çalışmada, yaz mevsiminde HONO kaynaklarının NO_x konsantrasyonlarına katkısının az olduğunu, ancak kış mevsiminde OH üretimine katkı sağlayarak gün boyu HO_x ve NO_x bütçesinde ana değişikliklere yol açtığını vurgulamaktadır.

HONO, gündüz saatlerinde dalga boyu ≤400 nm'de OH radikalleri vermek üzere fotolizlenir.



HONO'nun başlıca giderim prosesi foto ayrışma olduğundan, şehir atmosferinde geceleyin maksimum konsantrasyona ulaşır (Brink and Spoelstra, 1998; Harrison, 1996).

Diğer taraftan (özellikle gece saatlerinde) NO₂ gazı, O₃ veya OH radikalleri tarafından daha da yükseltgenebilmektedir.



Bu reaksiyonda ortaya çıkan NO₃ güneş ışığında foto ayrışmaya uğradığından dolayı havada miktarca önemsiz ise de, gece karanlıkta ayrışma durduğu için önem kazanır. Bu reaksiyon gece saatlerinde kent üstündeki O₃'ün tüketilmesine yol açan mekanizmalardan birisidir. OH radikallerinin daha çok katı partiküllerin (M) içeriğindeki metalik oksitlerin yüzeyinde, reaksiyonlarla nitrik asit (HNO₃) oluşturduğu bilinmektedir (Müezzinoğlu, 2003; Köhler et al., 1997).

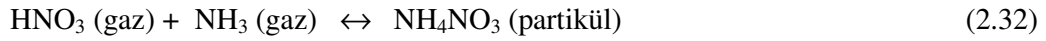
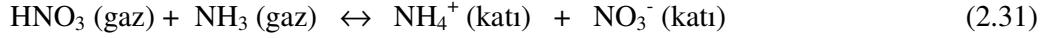


Bu reaksiyon gündüz saatlerinde HNO₃ oluşumunun en önemli kaynağıdır. Gece saatlerinde OH radikallerinin konsantrasyonlarının sıfıra yakın olması nedeniyle bu reaksiyon gerçekleşmez. Gece saatlerinde HNO₃'ün en önemli kaynağı serbest NO₃ radikalidir. Bu oluşum 2.4.7. Nitrat Radikalleri bölümünde anlatılmıştır (Gupta et al., 2003; Harrison, 1996).

HNO₃'ün diğer oluşum yolu, havadan daha ağır olan NO₂'nin su içerisinde hızla çözünmesidir (Nevers, 1993; Karacan ve Gürkan, 2002).



Bu reaksiyonlarla oluşan HNO₃ ya asit yağışlarıyla yeryüzüne düşer ya amonyak gazıyla (NH₃) reaksiyona girerek amonyum nitrata (NH₄NO₃) dönüşür (Gupta et al., 2003; Stockwell et al., 2000; Kurvits and Marta, 1998) ya da tekrar NO₂ oluşturur (Köhler et al., 1997). Nitratların aşağı troposferde atmosferik kalış süresi yaklaşık bir haftadır (Godish, 2004).



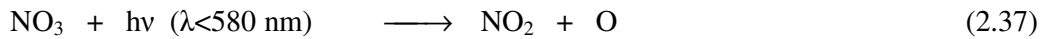
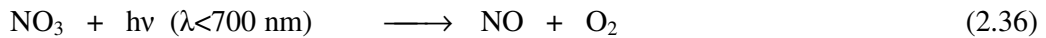
2.4.7. Nitrat radikalleri

Nitrat radikalleri (NO₃), güçlü bir oksitleyicidir ve pek çok atmosferik türlerle reaksiyona girer. NO₃ radikali,



reaksiyonu yoluyla oluşur. NO₃ radikali oluşumu için NO₂ ve O₃'ün eş zamanlı ve aynı hava kütlelerinde bulunması gerektiğinden reaksiyon (2.27) troposferde NO₃'ün temel kaynağıdır.

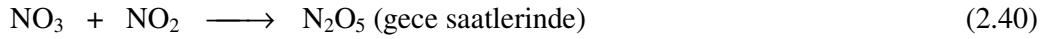
Gündüz saatlerinde NO₃ radikali iki yolla fotoliz olur (Atkinson, 2000; Tecer, 2000).



ya da NO ile reaksiyona girer (Gupta et al., 2003).



NO₃ radikali, gündüz saatlerinde güneş ışığı ile fotoliz olması ve NO ile hızla reaksiyona girmesi sebebiyle sadece gece saatlerinde, daha önce de belirtildiği gibi HNO₃ oluşturan en önemli kaynaktır (Gupta et al., 2003; Godish, 1997). Bu oluşum iki şekilde olur (Harrison, 1996).



NO₃ radikalinin NO₂ ile reaksiyonu sonucu oluşan N₂O₅'in aerosollerde hidrolizi atmosferik NO_x'i azaltan önemli bir reaksiyondur (Jacob,2000).

Reaksiyon (2.41) pek çok durumda NO_x'in reaksiyon (2.28) yoluyla OH tarafından HNO₃'e fotokimyasal olarak dönüşümüne denk bir öneme sahiptir.

2.4.8. Karbon bileşikleri ve NO_x ilişkisi

2.4.8.1. NO_x ve CO (karbon monoksit)'in atmosferik kimyası

Troposfer bileşiminde karbon içeren bileşiklerin de bulunduğu bilinmektedir. En basit atmosferik karbon içeren tür karbon monoksittir (CO), ancak CO, NO_x hava sisteminde bulunan diğer türlerle hızlı bir şekilde reaksiyona girmez. CO öncelikle OH'larla reaksiyon sonucu oksitlenir.

320 nm dalga boyundan daha kısa solar radyasyonla O₃ fotolizi yer seviyesi (O) ve uyarılmış tek oksijen atomları (O(¹D)) üretir. Bu üretim hem stratosfer hem de troposfer için önemlidir.



Yer seviyesi O atomu, O₂ ile hızlıca reaksiyona girerek reaksiyon (2.16) yoluyla O₃'ü tekrar oluşturur. Reaksiyon (2.42a) ve (2.42b) tarafından takip edildiği için net bir kimyasal etkisi yoktur. Fakat O(¹D) üretildiğinde, O(¹D) → O'ya geçişi mümkün olmadığından başka bir atmosferik bileşikle reaksiyona girmek zorundadır. O(¹D) genellikle N₂ veya O₂ gibi aşırı enerjiyi absorplayan ve O(¹D)'yi temel duruma söndüren üçüncü bir türle etkileşime girmektedir.



O atomu sonra hemen O₃'ü tekrar üretmek için O₂ ile reaksiyona girer. Reaksiyon (2.42b), (2.43) ve (2.16)'i içeren bu yol başka bir (önemsiz) döngüdür. Ancak O(¹D) ara sıra H₂O ile etkileşerek iki OH radikal üretir (Tecer, 2000; Brasseur et al., 1998).



Oluşan OH radikalleri (2.22) ve (2.23) reaksiyonlarında görüldüğü gibi CO ile reaksiyona girer ve HO₂ oluşumuna neden olarak NO'yu NO₂'ye oksitler.

Bu CO/NO_x mekanizmasının temel reaksiyonları, daha kompleks organik molekül içeren mekanizmaların anahtar özelliğini gösterir. Özellikle OH radikali, türlerin oksitleyicisi ve NO'yu NO₂'ye dönüştürücüsü olarak tüm atmosferik organik-NO_x mekanizması için hayati önem taşıyan mekanizmaların merkezini teşkil eder.

2.4.8.2. NO_x ve HCHO (formaldehit)'in atmosferik kimyası

Formaldehit (HCHO) hem çeşitli kaynaklardan yayılır hem de hidrokarbonların bir oksidasyon ürünüdür. Troposfer kimyasının önemli bir bileşenidir (Tecer, 2000).

HCHO atmosferde fotoliz ve OH ile reaksiyon olmak üzere iki temel reaksiyon verir (Brasseur et al., 1998; Godish, 1997).





Solar radyasyonun kuvvetli olduğu durumlarda fotolizin %45'lik kısmı reaksiyon (2.45a) ile, %55'i reaksiyon (2.45b) ile ilerler. Fotolizle sonuçlanan HCHO'nun atmosferik kalış süresi yaklaşık 4 saat ve OH radikal reaksiyonu ile sonuçlanan HCHO'nun ise 1,5 gündür.

Böylece NO'nun NO₂'ye dönüşümü, HO₂ üretimi boyunca HCHO tarafından kontrol edilir (Tecer, 2000).

2.4.8.3. NO_x ve CH₄ (metan)

O₃ fotoliziyle başlayıp OH oluşumuyla devam eden radikal reaksiyonlarında OH radikalleri önemli rol oynar. Oluşan OH radikalleri CH₄ ile reaksiyona girer (Godish, 1997).



Oluşan metil (CH₃) radikal de ani olarak O₂ ile reaksiyona girer ve metil peroksi radikal (CH₃O₂) oluşturur.



Troposferde, CH₃O₂ radikaller NO, NO₂ ve HO₂ radikaller ile ve diğer organik peroksi (RO₂) radikaller ile reaksiyona girebilirler. NO ve HO₂ radikali ile reaksiyonu en önemli olanlarıdır. CH₃O₂ radikalın NO ile reaksiyonu metoksi radikalın (CH₃O) oluşumuna neden olur. Oluşan CH₃O radikalının ise troposferde en önemli reaksiyonu, O₂ ile reaksiyonudur (Brasseur et al., 1998).

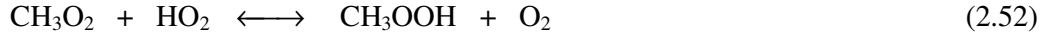


CH_3O_2 radikali, NO_2 ile de reaksiyona girebilir:



Oluşan metil peroksi nitrat (CH_3OONO_2) sonunda oda sıcaklığında ve atmosferik basınç altında yaklaşık 1 saniyelik termal ayrışma süresine bağlı olarak kendisini oluşturan reaktanlarına tekrar ayırır. Bu ayrışma zamanı yani atmosferik kalış süresi yukarı troposferdeki basınç ve sıcaklık koşullarında yaklaşık 2 güne kadar artabilir. CH_3OONO_2 yukarı troposferde CH_3O_2 radikali ve NO_2 'nin bir rezervuarı gibi davranır.

CH_3O_2 ile HO_2 reaksiyonu metil hidroperoksit radikali oluşumuna neden olur.



Oluşan CH_3OOH radikali de hem fotoliz olabilir hem de OH radikali ile reaksiyona girebilir.



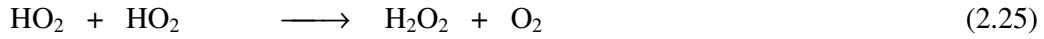
↓ hızlı



OH radikali ile reaksiyona giren ve fotolizlenen CH_3OOH 'in troposferde kalış süresinin yaklaşık 2 gün olduğu hesap edilmektedir. Sonra CH_3OOH radikal kuru ve yaş depolanmayla troposferik kayıp proseslerine maruz kalır.

HCHO daha ileri reaksiyonları başlatan (reaksiyon 2.45a, 2.45b, 2.46) ilk jenerasyon ürünüdür. HCHO, CH₄ oksidasyonunun birkaç saniyeden daha fazla atmosferik kalış süresine sahip ilk temel ürünüdür.

CH₄ oksidasyonunda temel sonlanma adımı HNO₃ ve H₂O₂ oluşumdur.



NO_x seviyesi yeterli düzeyde yüksek olduğunda, peroksi radikaller (HO₂, CH₃O₂) ile NO reaksiyonu tüm peroksi radikal reaksiyonları üzerinde dominanttır (Tecer, 2000; Brasseur et al., 1998).

2.4.9. Organik/NO_x kimyası

Troposferik kimyanın, NO_x fotolizinin bir sonucu olarak başladığı kabul edilebilir. NO_x bulunmadığında, stratosferden troposfere taşınan O₃, O(¹D) ve OH radikali üretmek için fotolizlenir ve sonra oluşan OH radikali troposfer kimyasının hızlanmasında önemli rol oynar (Tecer, 2000). OH pek çok hidrokarbonla (RH) reaksiyona girerek,



şeklinde alkil peroksi (RO₂) radikalleri oluşturur. Oluşan RO₂, NO ile reaksiyona girerek,



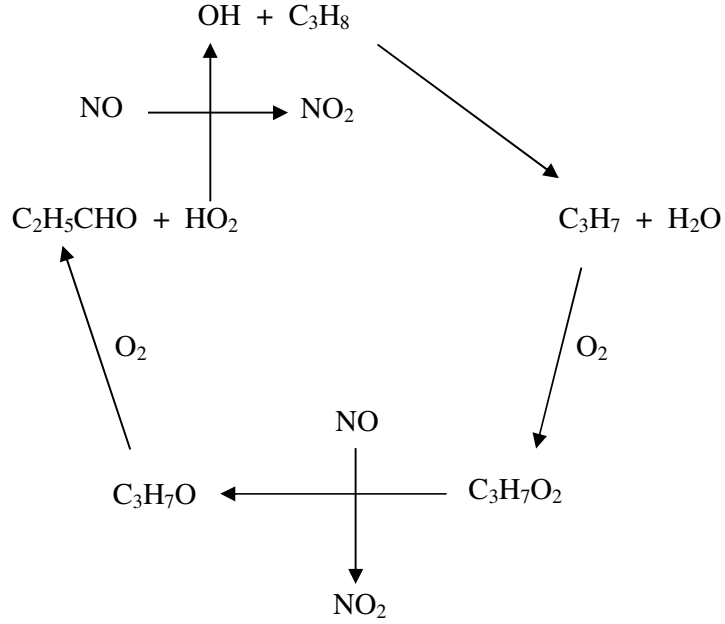
oluşturur. (2.57a) reaksiyonuyla oluşan alkoksi (RO) radikali, peroksi (HO₂) radikalini ve aldehiti (RCHO) verir.



Bu reaksiyonla oluşan HO_2 , NO ile reaksiyona girerek,

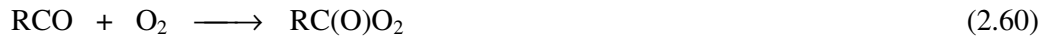


oluşturur. Böylece bu çevrimde 2 molekül NO , NO_2 'ye oksitlenir ve OH radikali yeniden oluşarak çevrim başa döner. Şekil 2.4'de propanın OH radikali tarafından başlatılan oksidasyonu verilmiştir (Heal et al., 2001; Finlayson-Pitts and Pitts, 1986).

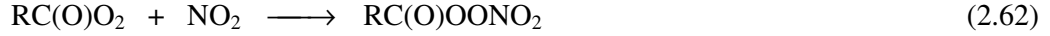


Şekil 2.4. Propanın OH radikali tarafından başlatılan oksidasyonu (Finlayson-Pitts and Pitts, 1986)

OH radikali aldehit (RCHO) radikali ile reaksiyona girdiğinde açıl (RCO) radikalini oluşturur. RCO radikali ise açıl peroksi (RC(O)O_2) radikallerini oluşturur.



Oluşan RC(O)O_2 radikali de NO 'yu NO_2 'ye oksitler ya da NO_2 ile reaksiyona girer.



Burada R bir metil kökü ise,



(PAN- Peroksi asetil nitrat)

oluşur (Harrison, 1996; Tünay ve Alp, 1996). PAN güçlü bir oksidant ve fototoksik olarak bilinir. Suda çözünmez. Aşağı troposferde oldukça kararludur ve uzun menzilli taşınımı söz konusudur (Godish, 2004). Atmosferde kalış süresi sıcaklığa bağlı olarak değişir. Örneğin 20 °C'de 5 saat, 10 °C'de 20 saat olduğu tahmin edilmektedir (Graham et al., 1997). (2.63) denkleminde R yerine bir benzoil grubu girdiğinde ise peroksi benzoilnitrat (PBzN) oluşur. Bu madde PAN'dan çok daha aktif ve tehlikeli bir kanserojendir (Müezzinoğlu, 2003).

(2.61) reaksiyonunda oluşan RC(O)O çok kararsız olduğundan parçalanır ve R radikalini verir. R radikali aşağıdaki reaksiyonlar sonucu tekrar RCHO oluşturur ve böylece çevrim başa döner (Tünay ve Alp, 1996).



NO konsantrasyonu çok düşük olduğunda HO₂, kendi kendisiyle reaksiyona girerek H₂O₂ oluşturabilir (Reaksiyon (2.25)) ve RO₂ ile organik hidro peroksit, ROOH oluşturmak üzere reaksiyona girebilir. Bu tür sonlanma reaksiyonları serbest radikallerin sistemden giderilmelerine sebep olurlar. Genellikle bu reaksiyonlar kentsel şartlarda önemsizdir. Bölgesel ve uzak troposferde, NO_x seviyesinin kentsel bölgeye oranla daha düşük olduğu yerlerde radikal-radikal reaksiyonları daha önemli

olur. Reaksiyon kanallarına bağı olarak, radikal reaksiyonları hem radikal zincirini çoğaltabilir hem de radikal ürünler oluşturarak radikal zincirini sonlandırabilirler.

Genel organik/ NO_x sistemi; peroksi (RO_2) radikaller, alkoksi (RO) radikaller ve açıl peroksi (RC(O)OO) radikaller akışında özetlenmektedir. Zincirdeki her bir adımda çoğalma ve sonlanma adımları birbirleriyle rekabet halindedir. Peroksi radikaller etkili olarak NO seviyesi yeterli olduğunda NO- NO_2 dönüşümü gerçekleştirirler. Oluşan her bir serbest radikal sonlanmadan önce pek çok çoğalma adımlarına katılırlar.

2.4.10. VOC/ NO_x oranı

Troposferde NO_x 'ler ve VOC'lar arasında gerçekleşen kompleks reaksiyonlarla O_3 oluşumu gerçekleşir. Hidrokarbonlar bu oluşumda önemli bir yere sahiptir. Her bir hidrokarbonun O_3 oluşturma kapasitesi mevcut VOC karışımına ve NO_x seviyesine bağlıdır. Bir VOC/ NO_x sisteminde, O_3 üretimi genellikle OH radikallerinin peroksi alkil radikal oluşturmak üzere bir hidrokarbon molekülüne saldırısıyla başlar (Reaksiyon (2.55), (2.56)). VOC'larla NO_x arasında OH ile reaksiyona girmek için bir yarış vardır. VOC/ NO_x oranının yüksek olduğu durumlarda OH çoğunlukla VOC'larla reaksiyona girecektir, bu oran düşük olduğunda ise NO_x -OH reaksiyonu dominant olacaktır. VOC-OH reaksiyon hız sabiti VOC türlerine göre değişir.

Dış hava şartlarında, OH- NO_2 ve OH-VOC reaksiyon hız sabitleri karşılaştırıldığında; VOC/ NO_2 oranı 5,5/1 ise OH-VOC ve OH- NO_2 reaksiyon hızları eşittir. Eğer VOC/ NO_2 oranı 5,5/1'den küçük ise OH- NO_2 reaksiyonu OH-VOC reaksiyonu üzerine dominanttır. Oran 5,5/1'i geçtiğinde OH tercihli olarak VOC'larla reaksiyona girecektir.

Bir VOC- NO_2 karışımında OH, NO_2 ile VOC'lara göre 5,5 kat daha hızlı reaksiyona gireceğinden, sistemden NO daha hızlı giderilecektir. Yeni NO_x emisyonlarının olmadığı sistemde reaksiyonlar devam ederken, NO_x 'ler VOC'lardan daha hızlı tüketilir ve zamanla anlık olarak VOC/ NO_x oranı artar. Sonunda OH- NO_2 reaksiyonu ile NO_x 'in sürekli giderilmelerinin bir sonucu olarak yeteri kadar

azaldığında OH, VOC'larla reaksiyona girecek ve O₃ oluşum döngüsünü söndürecek. Çok düşük NO_x konsantrasyonlarında peroksi radikaller ile peroksi radikallerin reaksiyonları önemli olmaya başlar (Tecer, 2000).

Genel olarak VOC konsantrasyonlarının artması daha fazla O₃ üretimi anlamına gelirken, NO_x'lerdeki azalma VOC/NO₂ oranına bağlı olarak hem O₃ artışına hem de azalmasına sebep olur. Böylece O₃ üretiminin hızı mevcut NO_x miktarıyla basit bir şekilde orantılı değildir (Tecer, 2000). Aynı zamanda VOC/NO_x oranı önemlidir. Bu oran çok düşükse kent merkezinde O₃ tüketimine yol açar, ancak bu oran yüksekse yöre kentlerinde O₃ konsantrasyonunun artmasına neden olur (Vassilakos et al., 2005). O₃ oluşumunu geciktirecek kadar düşük VOC/NO_x oranları kent merkezlerinde ve NO kaynağının rüzgar bölgelerinde olabilir. Kırsal çevreler, hayli yüksek VOC/NO_x oranlarıyla karakterize edilir, bunun nedeni güçlü yerel NO_x kaynaklarının bulunmasıyla ilişkili olarak NO_x'in hızlı giderimidir (Tecer, 2000).

2.5. NO_x'lerin Atmosferden Uzaklaştırılmaları

Antropojenik ve doğal kaynaklardan atmosfere karışan NO_x'ler, atmosferik reaksiyonlar sonucu çeşitli proseslere uğrar. Dönüşüm (transformasyon) ve rüzgar ile taşınım (transport) uğradıkları ilk proseslerdir (Aneja et al., 2001). Son olarak da ıslak ve kuru birikim (çökeltme) gibi iki farklı prosese uğrarlar. Bu prosesler birçok kirleticinin atmosferden uzaklaştırılmasında en önemli proseslerdir (Graham et al., 1997).

NO_x'in HNO₃ oluşturmak üzere OH ile reaksiyonu, NO_x'in uzaklaştırılmasındaki ilk ve önemli proseslerdir. Diğer uzaklaştırma reaksiyonları özellikle,



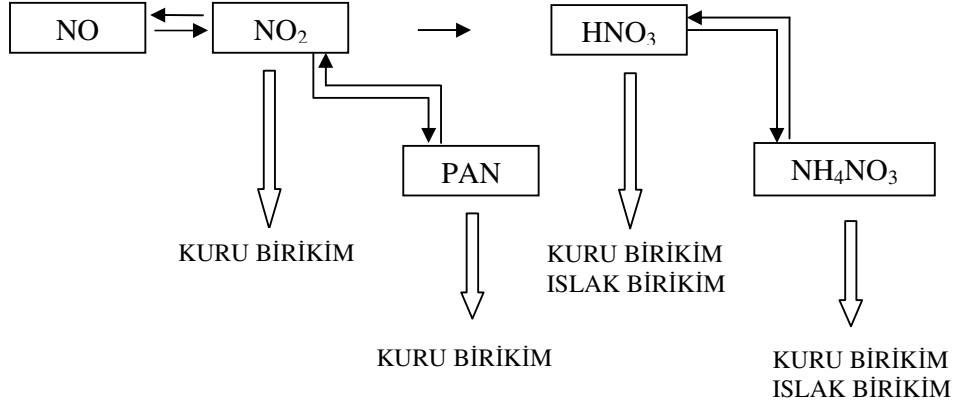
yoluyla N₂O₅'e dönüşümüdür. Bu dönüşüm özellikle geceleri gerçekleşmektedir. Bu yüzden NO_x'in fotokimyasal kalış süresi, güçlü bir şekilde OH ve O₃ konsantrasyonlarına bağlıdır. Benzer olarak kirlenmiş bölgelerdeki aerosollerini içeren

kompleks reaksiyon mekanizmaları da NO_x kayıplarına katkıda bulunan mekanizmalardır (Kunhikrishnan et al., 2004).

Islak çökme, havada asılı bulunan parçacık ve gaz fazlarındaki kirleticilerin yağışlar aracılığı ile sürüklenerek atmosferden uzaklaştırılması işlemidir. Nemli bir atmosferde, partikül ve gaz fazlarında bulunan kirletici, bulut damlacıklarına geçerek, damlacık içerisinde çözünür veya asılı kalır. Damlacık yeterli bir ağırlığa ve büyüklüğe ulaştığında içinde asılı bulunan veya çözünmüş kirletici ile birlikte yağış olarak yeryüzüne çökler. Bu işleme rainout (in-cloud scavenging veya bulut içi sürüklenme) denir. Ancak bulutların altında kalan atmosferde bulunan kirletici de yağış damlacıkları aracılığı ile sürüklenerek yer yüzeyine ulaştırılırlar. Bu işleme de washout (below-cloud scavenging veya bulut altı sürüklenme) denir.

Atmosferde, gaz ve parçacık fazlarında bulunan kirleticilerin, kara veya sucul yüzeylere çarparak bu yüzeylerde tutunmaları ve yer çekiminin etkisi ile çökelmeleri işlemine kuru çökme denilmektedir. Parçacık fazındaki kirleticilerin kuru çökmesi, parçacıkların büyüklüklerine, yüzey özelliklerine, rüzgara ve türbülansa bağımlı bir mekanizmadır. Partikül büyüklükleri $0.2 \mu\text{m}$ den büyük olan parçacıklar genellikle yer çekiminin etkisi ile çöklerken, $0.2 \mu\text{m}$ den küçük partiküller brownian hareketleri sonucu çökelmektedirler (Pekey, 2004).

NO_x 'lere ilişkin birikim türleri Şekil 2.5'de görüldüğü gibidir. NO_2 kuru birikim prosesine uğrarken, NO 'nun kuru birikimi, kararsız bir yapıda olup atmosferik reaksiyonlar sonucu hızla bozunması ve düşük çözünürlüğü ile düşük oksitleme kapasitesi nedeniyle genellikle ihmal edilir (Wesely and Hicks, 2000).



Şekil 2.5. NO_x'lerin birikim türleri (Holloway et al., 2002; Jonson et al., 1998)

Kuru birikim ve ıslak birikim ile ilgili ayrıntılar Bölüm 4'de verilmiştir.

BÖLÜM 3. EMİSYON ENVANTERİ VE KOCAELİ İLİ İÇİN YAPILAN ENVANTER ÇALIŞMASI

3.1. Emisyon Envanteri

3.1.1. Tanım

Hava kirliliğinin belirlenmesi ve kontrolünde, kirletici türlerinin ve bunların emisyonlarının bilinmesi gereklidir. Kirletici kaynakların atmosfere birim zamanda verdiği kirletici miktarı olarak tanımlanan emisyon; atmosferdeki kimyasal reaksiyonlardan, meteorolojik ve topografik koşullara kadar çeşitli faktörlerden etkilenir. Bir bölgede kirletici kaynakların hava kirlenmesine katkılarının belirlenmesi amacıyla bu kaynaklarla ilgili bilgilerin ve emisyon değerlerinin sistematik bir şekilde toplanması ve değerlendirilmesine emisyon envanteri denir. Emisyon envanterinin yapısını kirletici kaynaklar ve bunların neden olduğu kirlilik miktarları oluşturur. Kirlilik miktarları belirlenirken kirletici kaynağa ait pek çok bilgilerden yararlanır. Kirletici kaynak sayısı, coğrafi dağılımı, proses türü, hammadde türü, yakıt türü ve sarfiyatı, kullandığı hava kirliliği kontrol teknolojisi gibi.

Emisyon envanteri hazırlama çalışmaları uzun vadeli çalışmalardır ve genellikle küresel, bölgesel ve yerel olmak üzere üç farklı ölçekteki bölgelerde gerçekleştirilmektedir. Genellikle birkaç ülkeyi veya bir kıtayı içine alacak büyüklükteki coğrafi alanları kapsayan emisyon envanterleri, küresel ölçekte hazırlanan emisyon envanterlerdir. Bölgesel ölçekteki emisyon envanterleri, adlarından da anlaşılacağı gibi genellikle hava kirliliği potansiyeli bakımından önemli bir bölgeyi, hatta tüm bir ülkeyi kapsayabilir. Emisyon envanterleri için en küçük ölçek ise yerel ölçektir ve genellikle küçük endüstriyel alanları veya kentleri kapsar.

Emisyon envanterleri sürekli güncel tutulan çalışmalardır. Yeni veriler elde edildikçe, mevcut envantere hemen ilave edilir ve envanter bu son değişikliğe göre güncel tutulur. Aksi taktirde envanter, kısa bir süre içinde geçerliliğini kaybeder.

3.1.2. Bir emisyon envanterinin hazırlanma aşamaları

Literatürde hangi ölçekte olursa olsun bir emisyon envanterinin dört ana aşamada hazırlandığı ifade edilmektedir. Bunlar sırasıyla aşağıda anlatılmıştır.

3.1.2.1. Planlama

Tüm planlama işlemlerinin geekleştiği bu aşamada çalışmayı geekleştirecek olan araştırıcı kurum veya kişi öncelikle envanteri hangi amaçla hazırlayacağına karar verir. Karardan sonra çalışmanın amacına bağlı olarak envanterin kapsayacağı coğrafi alan, içereceği kirletici ve kirletici kaynak türleri belirlenir. Elde edilen sonuçların nasıl kullanılacağı ve hangi düzende sunulacağı bu aşamada planlanır.

3.1.2.2. Veri toplama

Emisyon envanterlerinin kalitesi, kirletici kaynaklar hakkında toplanan bilgilerin miktarı ile doğru orantılıdır. Bu yüzden, envanter çalışmalarında kirletici kaynaklar hakkında mümkün olduğunca çok ve detaylı bilgi toplanmalıdır. Emisyon envanterlerinde genelde kirletici kaynaklar üç grupta toplanır. Bunlar:

- ✓ Noktasal kaynaklar (genellikle sanayiler),
- ✓ Alansal kaynaklar (genellikle evsel ısınma),
- ✓ çizgisel kaynaklar (trafik)'dir.

3.1.2.3. Veri analizi ve emisyon tahmini

Bir nceki aşamada elde edilen ham veriler bu aşamada iyice analizlenerek emisyonların tahmininde kullanılacak bilgilere dönüştürülür ve daha sonra ifade edilecek metodlardan biri kullanılarak emisyon tahmini yapılır. Emisyon tahmini için

kullanılan en yaygın metod, bu çalışmada da uygulanan, emisyon faktörlerinin kullanılmasıdır. Emisyon faktörü üretmek zor bir iş olduğundan genellikle hazır veri tabanlarının kullanılması yoluna gidilmektedir. Böyle bir hazır veri tabanı kullanırken dikkat edilecek husus, bu veri bankasından temin edilen emisyon faktörlerinin güvenilirliğinin ve çalışmanın hazırlandığı bölge karakteristiklerini temsil edip etmediğinin tespit edilmesidir. Bu veri tabanının sürekli güncelleştiriliyor olması da aranan diğer bir özelliktir.

3.1.2.4. Rapor hazırlama

Bu aşamada elde edilen sonuçlar, planlama aşamasında belirlenen hedefler doğrultusunda sunulur. Envanter sonuçları yeterince açık ve çarpıcı olmalıdır.

3.1.3. Emisyon envanterlerinde emisyon tahmini

Emisyon envanterlerinde emisyonların tespiti üç yöntem ile yapılır.

- ✓ Yerinde ölçüm,
- ✓ Madde dengesi,
- ✓ Emisyon faktörü

yöntemleridir.

Ölçüm metodu, gelişmiş ekipman ve yüksek maliyet gerektirdiğinden uygulamada her zaman mümkün olmayabilir. Özellikle ülkemizdeki ekipman ve deneyimli eleman sayısı gözönüne alındığında, her kirletici kaynakta birebir ölçüm yapmak olanaksızdır. Bu durumlarda kullanılacak en iyi yöntem emisyon faktörleridir. Emisyon faktörü, her ne kadar madde dengesi yönetimini esas alsada birtakım hazır rakamlardan oluşması, kullanımını diğer yöntemlere oranla üstün ve kolay kılmaktadır (Ölmez, 1998; Argün, 2000).

Emisyon envanteri çalışmaları genelde emisyon faktörlerinin belirlenmesi, dönüştürülmesi ve kullanılması yoluyla sürdürülür. Bu bakımdan emisyon

faktörlerinin doğruluğu ile doğrudan ilgilidir. Dolayısı ile envanter çalışmalarının ağırlık merkezini, emisyon faktörlerinin oluşturulması teşkil eder (Tünay ve Alp, 1995).

Emisyonların öngörülmesinde kullanılan genel formül:

$$Emisyon = Eylem \times Emisyon Faktörü \times (1-Kontrol Düzeyi) \quad (3.1)$$

şeklindedir (Placet et al., 2000).

3.1.3.1. Emisyon faktörleri

Emisyon faktörleri, yanan yakıtın kütlesi başına (mass-based) ya da yapılan faaliyet başına (task-based) oluşan kirletici miktarı olarak tanımlanır. Mass-based emisyon faktörü birimi kg/ton ya da kg/m³, tür. Task-based emisyon faktörü birimi ise işin tanımına bağlıdır. Örneğin, bir güç tesisi tarafından enerji üretimi söz konusu ise, emisyon faktörü birimi g/MJ'dur. Ya da bir araç tarafından mesafe almak söz konusu ise bu durumda emisyon faktörü birimi g/km'dir (Nurrahim and Sakugawa, 2004; Romano et al., 2004; Mitra et al., 2002; Zhang and Morawska, 2002). Mass-based emisyon faktörü ve task-based emisyon faktörü gerekli parametreler biliniyorsa birbirlerine dönüştürülebilir. Örneğin bir buhar kazanı için, mass based emisyon faktörü ve task-based emisyon faktörü matematiksel olarak aşağıdaki eşitlikle dönüştürülebilir (Mitra et al., 2002).

$$E_e = \frac{E_m}{H\eta} \quad (3.2)$$

Burada:

- E_e : task-based emisyon faktörü (g/MJ),
- E_m : mass based emisyon faktörü (g/kg),
- H : yakıtın kalorifik değeri (kcal/kg),
- η : buhar kazanının termal verimi (%).

Emisyon faktörleri aktiviteye bağlı olarak kullanılmaktadır. Yaygın aktiviteleri, endüstriyel kaynaklar için; yakıt tüketimi, ürün üretimi veya materyal girişi, mobil kaynak emisyonları için; araç sürüş mesafesi, yakıt tüketimi, araç kayıtları, alansal kaynaklar için; yakıt tüketimi, konut sayısı, populasyon yoğunluğudur. Bu veriler sayım istatistiklerinden, trafik kayıtlarından, vergi kayıtlarından vs. elde edilebilir.

Genelde ilk yaklaşım olarak kullanılmalarına rağmen, bir kaynak tipi ya da alan için derlenen emisyon faktörleri diğer alanlardaki benzer kaynaklardan oluşan gerçek emisyonları, bir ülke için oluşturulan faktörler de diğer ülkelerde oluşan emisyonları kesin olarak temsil etmez (Moschandreas et al., 2002).

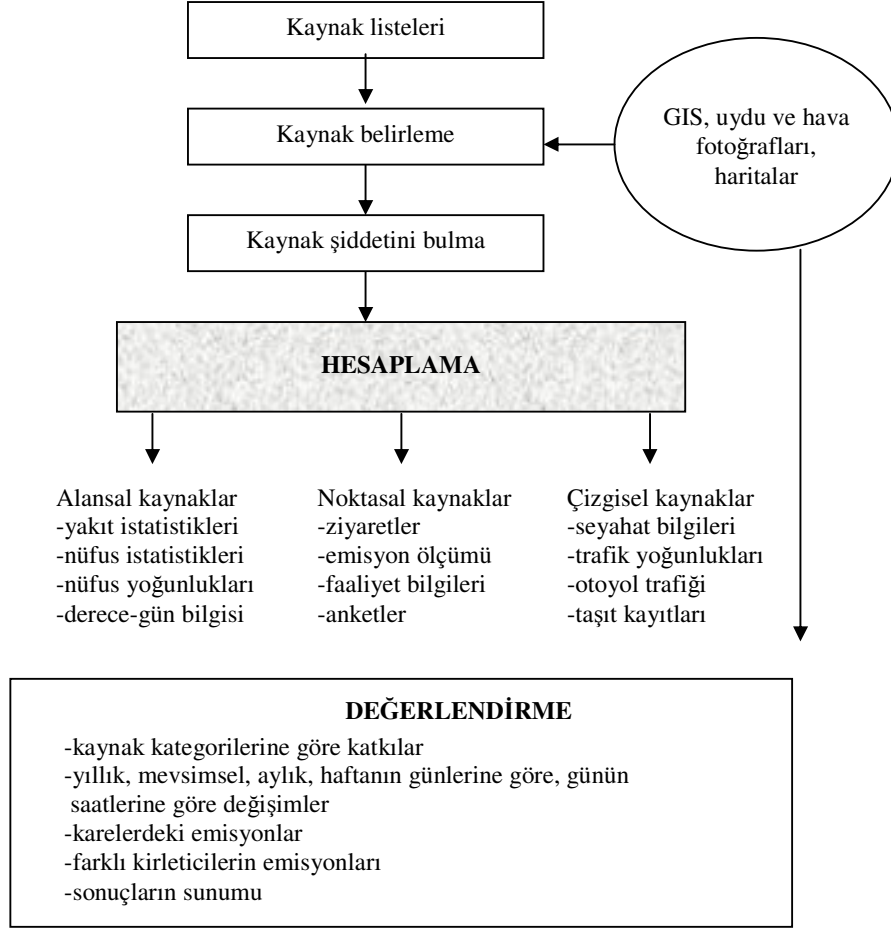
Temelde kütleli emisyonları, kaynaktaki birim üretim ile veya kaynaktaki birim yakıt tüketimi ile ilişkilendirmek gereklidir. Özellikle yakıt tüketimi ile ilişkilendirildiğinde kaynaktaki yakma teknolojisine de aynı oranda dikkat etmek gereklidir. Zira aynı yakıtı kullanan fakat farklı yakma teknikleri kullanan kaynaklarda ölçme yoluyla belirlenen emisyonlar arasında büyük farklar görülmektedir.

Araçlardan oluşan emisyonlarda ise, aracın özellikleri (aracın cinsi, yaşı, motor ve kirlilik önleme teknolojisi gibi) ve sürüş koşulları (kent içi-dışı, otoban, yol durumu, hız gibi) önemli olmaktadır (Rabl, 2002).

3.1.3.2. Emisyon faktörü veri tabanları

Günümüzde, özellikle Avrupa'da pek çok emisyon faktörü veri tabanı bulunmaktadır. Bunların içinde en kapsamlı olanı CORINAIR emisyon faktörü veri tabanıdır. En az CORINAIR veri tabanı kadar zengin olan diğer bir veri tabanı da Amerika'daki EPA emisyon faktörü veri tabanıdır (Ölmez, 1998; Argün, 2000).

Emisyon envanteri çalışmasında bilgi toplama ve değerlendirme en önemli adımı teşkil eder. Bu bilgiler ve kullanım şekilleri Şekil 3.1'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.1: Emisyon envanteri akım şeması (Müezzinoğlu, 2004)

3.2. Kocaeli İli İçin Yapılan Envanter Çalışması (Yöntem)

Emisyon envanteri, kirletici kaynakları üç sınıfa ayrılarak yapılmıştır. Bu sınıflar, noktasal kaynaklar (sanayi tesisleri), alansal kaynaklar (evsel ısınma) ve çizgisel kaynaklardır (trafik). Bu kaynaklardan toplanan bilgiler ışığında emisyon faktörleri de kullanılarak NO_x kirletici miktarı hesaplanmıştır.

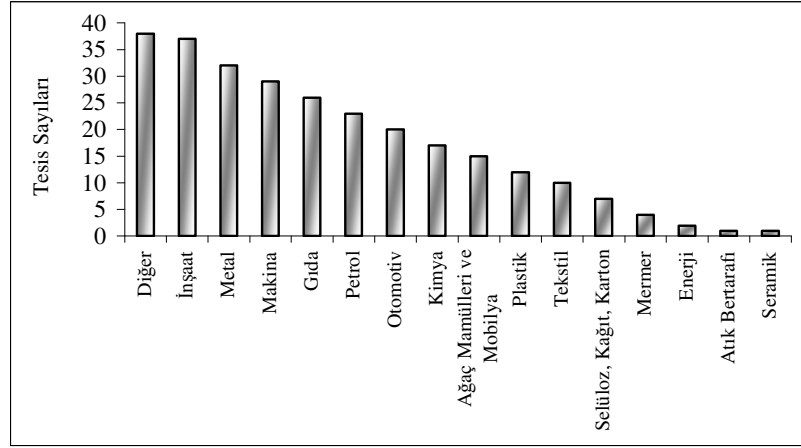
Bu çalışmada noktasal ve alansal kaynaklar için US Environmental Protection Agency (USEPA, 1996; USEPA, 1998b)'nin mass-based emisyon faktörleri, çizgisel kaynaklar için CORINAIR (CITEPA, 2004)'in task-based emisyon faktörleri kullanılmıştır.

Amerika ve Avrupa’da çalışma koşullarına bağlı olarak sektörden sektöre az ya da çok farklılıklar içeren emisyon faktörleri oluşturulmuştur. Bu tür çalışmalarda bu faktörlerin kullanımının yerine Türkiye’deki çalışma koşullarına göre belirlenmiş Türk emisyon faktörlerinin kullanımı sonuçlar açısından daha güvenilir olacaktır. Ancak Türkiye için bu faktörler henüz oluşturulmadığından bu mümkün değildir. Bu yüzden bu çalışmada, EPA ve CORINAIR emisyon faktörleri adapte edilmiş ve kullanılmıştır. Yakma sektörleri için EPA emisyon faktörleri, yüksek kül ve sülfür içeren yakıtların yanmasını CORINAIR emisyon faktörlerine göre daha iyi yansıttığından noktasal ve alansal kaynaklarda EPA emisyon faktörleri tercih edilmiştir (Elbir ve Muezzinoğlu, 2004). Üç kirletici kaynak türü için yapılan çalışmalar aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

3.2.1. Noktasal kaynaklar

Çalışma alanında 274 sanayi tesisi, nokta kaynak olarak değerlendirilmiştir. Bu tesislerden 39’u yakıt ısı gücü 1 MW’ın üstünde olan, 145’i 1 MW’ın altında olan, 76’sı elektrik kullanan, 14’ü ise yakıt tüketimi olmayan veya enerjilerini başka yerlerden temin eden tesislerdir. Tesislerde atıkgaz çıkışında, denitrifikasyon üniteleri bulunmamaktadır.

Tesislerin sektörel grupları incelendiğinde çok farklı grupların yer aldığı görülmektedir. Atık bertarafı, seramik, enerji, mermer, selüloz-kağıt-karton, tekstil, plastik, ağaç mamülleri ve mobilya, kimya, otomotiv, petrol, gıda, makina, metal, inşaat, diğer (otel, üniversite, bürolar ve nakliye şirketleri) gibi (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Sektörel gruplara göre tesislerin sayıları

Her bir sanayi tesisinden atmosfere verilen yanma kökenli hava kirletici miktarlarının hesaplanmasında enerji temini için kullanılan yakıt türleri ve miktarları esas alınmıştır ve seçilen herbir kirletici için emisyon miktarları Gurjar et al. (2004)'de verildiği gibi Denklem (3.3) kullanılarak belirlenmiştir.

$$E_i = \sum (\text{Yakıt}_j \times EF_{i,j}) \quad (3.3)$$

- E_i : emisyon miktarı (i),
 Yakıt_j : tüketilen yakıt miktarı (j),
 $EF_{i,j}$: yakıtı bağı (j) emisyon faktörü (i).

Sanayi tesislerinin ve yakıt tüketimlerinin belirlenmesinde; Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü ve Kocaeli Sanayi Odası'ndan alınan bilgiler ile sanayi tesislerinde yapılan anketlerle elde edilen bilgiler kullanılmıştır. Bu yakıtların yakıldığı yakma tesisi türleri de dikkate alınarak Tablo 3.1'deki emisyon faktörleri kullanılarak her bir sanayinin emisyon değerleri hesaplanmıştır. Tabloda emisyon faktörlerinin hassasiyeti de belirtilmiştir. Bu hassasiyet Amerikan sisteminde A'dan E'ye kadardır. A; 10 veya daha fazla kaynakta genel kabul görmüş test yöntemleri ile yapılan ölçümlerin ortalamasını temel alan ve en iyi durumu gösteren emisyon faktörüdür. Emisyon faktörü, kalitesi tartışılabilir, yalnızca bir ölçüm sonucunda veya herhangi benzer bir prosesten mevcut verilere dayalı kestirim (ekstrapolasyon) yolu ile elde edilmiş ise D veya E sınıfında yer alır.

Tablo 3.1: Emisyonların hesaplanmasında kullanılan emisyon faktörleri (USEPA, 1996; USEPA, 1998b)

Yakıt Tipi	Yakıcı	Birim	NO _x
Linyit	-	kg/ton	5,90 (NO _x)
Fuel Oil	>29,28 MW	kg/m ³	5,64 (NO ₂) (B)*
	<29,28 MW	kg/m ³	2,4 (NO ₂) (A)*
Doğal Gaz	>29,28 MW Kontrolsüz (Tek kademeli)	kg/10 ⁶ m ³	4480 (NO ₂) (A)*
	Kontrolsüz (İki kademeli)		3040 (NO ₂) (A)*
	<29,28 MW Kontrolsüz	kg/10 ⁶ m ³	1600 (NO ₂) (B)*
LPG	3-29 MW Butan	kg/m ³	2,5 (NO ₂)
	Propan		2,3 (NO ₂)
	0,1-3 MW Butan	kg/m ³	1,8 (NO ₂)
	Propan		1,7 (NO ₂)
Odun	-	kg/ton	1,27 (NO _x) (C)*

*Emisyon faktör sınıfı

Çalışma alanında bulunan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri Tablo 3.2-3.22’de verilmiştir.

Tablo 3.2: Alikahya'daki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Max. Isıl Güç (MW)	Top. Baca Sayısı	Ort. Baca Yük. (m)	Ort. Baca Ucu İç Çapı (m)	Ort. Baca Gazı Sıc. (°C - °K)	Ort. Baca Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Top. Kuru Baca Gazı Debisi (Nm ³ /h)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi (h/yıl)	Emisyon		Emis. Türü
											(g/s)	(ton/yıl)	
Beksa Çelik Kord San. ve Tic. A.Ş.	Doğal Gaz	299,4 m ³ /h	2,98	4	13,5	0,5	151 °C 424 °K	47,8	3792	8760 h/yıl	0,13	4,20	Proses
Enerjisa Enerji Üretim A. Ş.	Doğal Gaz	29166 m ³ /h	290,53	3	30	2,7	135 °C 408 °K	54,6	369182	8760 h/yıl	36,30	1144,61	Proses
Hyundai-Assan Otomotiv San. ve Tic. A. Ş.	Doğal Gaz	1319 m ³ /h	13,14	22	20,5	0,32	(200 °C 473 °K)	145,7	16696	5460 h/yıl	0,59	11,52	Proses+ Isınma
Kordsa Sabancı Dupont Endüstriyel İplik ve Kord Bezi Sanayi ve Tic. A.Ş.	Doğal Gaz	9007 m ³ /h	89,72	34	27,09	0,71	161 °C 434 °C	128	114005	8760 h/yıl	11,21	353,48	Proses
Sakosa Sabancı Endüstriyel İplik ve Kord Bezi San. ve Tic. A. Ş.	Doğal Gaz	340,7 m ³ /h	28,7	12	24	0,7	373 °C 646 °K	8,3	4313	8760 h/yıl	0,15	4,78	Proses

Tablo 3.3: Alikahya'daki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi (h/yıl)	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Assan Hanil Otomotiv San. ve Tic. A. Ş.	LPG	22,8 kg/h	15	5280 h/yıl	0,020	0,37	Proses+Isınma

Tablo 3.4: Bahçecik'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Osgün Metal San. ve Tic. Ltd. Şti.	Talaş	1,98 kg/h	-*	1820 h/6ay	0,0007	0,0046	Isınma (6 ay)
Sinanoğlu Isı San. ve Tic. Ltd. Şti.	LPG	0,12 kg/h	-*	1188 h/6ay	0,00010	0,00042	Isınma (6 ay)
			ORT:10**		TOP: 0,00080	TOP: 0,00502	

*Veri elde edilememiştir.

**Veri elde edilemediğinden kabul edilmiştir.

Tablo 3.5: Derince'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Max. Isıl Güç (MW)	Top. Baca Sayısı	Ort. Baca Yük. (m)	Ort. Baca Ucu İç Çapı (m)	Ort. Baca Gazı Sıc. (°C - °K)	Ort. B. Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Top. Kuru Baca Gazı Debisi (Nm ³ /h)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emis. Türü
											(g/s)	(ton/yıl)	
Körfez Yem San. ve Tic. Ltd. Şti.	ÖKY	96 kg/h	1,12	1	19	0,7	263 °C 536 °K	8,2	1185	2496 h/yıl	0,075	0,68	Proses+ Isınma
Körfez Kimya San. ve Tic. A.Ş.	ÖKY	199 kg/h	2,32	-	20	1	200 °C 473 °K	3,1	2457	2112 h/yıl	0,16	1,19	Proses+ Isınma
Merkim Endüstri Ürünleri A.Ş.	Doğal Gaz	6507 m ³ /h	64,8	1	20	1,5	200 °C 473 °K	45,8	83505	2920 h/yıl	8,10	85,12	Proses+ Isınma
Petrol Ofisi A.Ş. İzmit Bölge Müdürlüğü	Fuel Oil LPG	224 kg/h 0,75 kg/h	2,6	1	20	0,7	215 °C 488 °K	4,4	2777	7488 h/yıl	0,18	4,76	(yıl boyu)
The Shell Ltd. Şti. Türkiye Şubesi	Fuel Oil	317,2 kg/h	3,69	5	19,7	0,58	200 °C 473 °K	10,4	3916	2112 h/yıl	0,25	1,89	Proses+ Isınma
Türk Kablo Anonim Ortaklığı	ÖKY	320,5 kg/h	3,73	1	21	1	260 °C 533 °K	3,5	3957	2340 h/5ay	0,25	0,10	Isınma (5 ay)

Tablo 3.6: Derince'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Atilla Alüminyum San. ve Tic. Ltd. Şti.	Odun	1,2 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,00042	0,0019	Isınma (6 ay)
Ceylan Makina San. ve Tic. Ltd. Şti.	Kömür Odun	0,44 kg/h 0,18 kg/h	-*	1144 h/yıl	0,00038	0,0016	Isınma (6 ay)
Dövme Metal San. ve Tic. Ltd. Şti.	ÖKY	24 kg/h	10	2496 h/yıl	0,017	0,15	Proses
Fibroteks Dokuma San. ve Tic. A.Ş.	LPG (tüp)	0,25 kg/h	-*	1170 h/yıl	0,00022	0,00093	Isınma (6 ay)
Peri Den Tekstil San. ve Tic. Ltd. Şti.	LPG (tüp)	0,62 kg/h	-*	2288 h/yıl	0,00054	0,0045	Isınma+Mutfak (yıl boyunca)
Tefken İmalat ve Mühendislik A.Ş.	Doğal Gaz	43,22 m ³ /h	3	1170 h/yıl	0,019	0,081	Isınma (6 ay) Mutfak+Şofben (yıl boyunca)
			ORT: 5**		TOP: 0,0376	TOP: 0,24	

*Veri elde edilememiştir.

**Tüm tesislere ilişkin baca yüksekliği elde edilemediğinden kabul yapılmıştır.

Tablo 3.7: Gölcük'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Max. Isıl Güç (MW)	Top. Baca Sayısı	Ort. Baca Yük. (m)	Ort. Baca Ucu İç Çapı (m)	Ort. Baca Gazı Sıc. (°C - °K)	Ort. Baca Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Top. Kuru Baca Gazı Debisi (Nm ³ /h)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emis. Türü
											(g/s)	(ton/yıl)	
Ford Otomotiv San. A.Ş.	Doğal Gaz	6909 m ³ /h	68,82	46	18	1,34	100 °C 373 °K	6,7	87454	7488 h/yıl	8,60	231,77	Proses+ Isınma

Tablo 3.8: Gölcük’deki yakıt ısısal gücü 1 MW’ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Adsa Halil Karasu	LPG (tüp)	0,12 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,00010	0,00046	Isınma (6 ay)
Gölcük Haber Gazetesi Mahmut Nurettin Şenemre	Kömür Odun	2,4 kg/h 1,6 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,0024	0,010	Isınma (6 ay)
Kuryap Kurye Şirketi	Kömür	0,5 kg/h	-*	1560 h/6ay	0,00037	0,0021	Isınma (6 ay)
			ORT: 5**		TOP: 0,00287	TOP: 0,0126	

*Veri elde edilememiştir.

**Tesislerin baca yükseklikleri elde edilemediğinden kabul yapılmıştır.

Tablo 3.9: İzmit’deki yakıt ısısal gücü 1 MW’ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Max. Isıl Güç (MW)	Top. Baca Sayısı	Ort. Baca Yük. (m)	Ort. Baca Ucu İç Çapı (m)	Ort. Baca Gazı Sıc. (°C - °K)	Ort. Baca Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Top. Kuru Baca Gazı Debisi (Nm ³ /h)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emis. Türü
											(g/s)	(ton/yıl)	
Borusan Mannesman A.Ş.	Doğal Gaz	272 m ³ /h	2,7	1	19	0,72	260 °C 533 °K	9,3	3443	936 h/yıl	0,12	0,41	Isınma+Sıcak Su (y.boyu)
Çakır Kimyevi Maddeler San. ve Tic. Ltd. Şti.	Fuel oil	92 kg/h	1,61	1	4	0,5	200 °C 473 °K	7,1	1710	1560 h/yıl	0,072	0,41	Proses
KOÜ Müh. Fakültesi	Doğal Gaz	123,68 m ³ /h	1,23	5	5,1	0,48	120 °C 393 °K	4,6	1566	2912 h/yıl	0,055	0,58	Isınma (6 ay)
Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları A.Ş. (Seka)	Doğal Gaz	1784 m ³ /h	17,77	1	42	1,8	180 °C 453 °K	8	22582	8760 h/yıl	0,79	25,00	Proses+Isınma

Tablo 3. 10: İzmit'teki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Ad-Demirel Çelik Konstrüksiyon ve Makina San.A.Ş.	LPG	12,8 kg/h	-*	2340 h/yıl	0,011	0,093	Proses
Ak Kimya Akaryakıt İnş.Taahhüt San.ve Tic.Ltd.Şti.	Doğal Gaz	1,77 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,00079	0,0035	Isınma (6 ay)
Akın Mobilya-Necmi Akın	Odun	2,5 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,00088	0,0040	Isınma (6 ay)
Asya Plastik San. ve Tic. Ltd. Şti.	ÖKY	19,2 kg/h	-*	832 h/4ay	0,014	0,041	Proses+Isınma (4 ay)
Ay-Taş İnş. İmalat Taahhüt ve Mühendislik Ltd. Şti.	Doğal Gaz	2,65 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,0012	0,0054	Isınma (6 ay)
Bayrak İnşaat ve Tic. Saadettin Bayrak	Doğal Gaz	2,65 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,0012	0,0054	Isınma (6 ay)
Boğaziçi Pişmaniye Şeker. Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	8,8 m ³ /h	-*	2496 h/yıl	0,0040	0,036	Proses+Isınma
Doğuş San. Mam. İmalat Tic. ve Pazarlama Ltd. Şti.	LPG	0,23 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,00020	0,00090	Isınma (6 ay)
Duraklar Çiftliği Süt ve Mam. San. ve Tic. Ltd. Şti.	LPG	0,15 kg/h	-*	1872 h/6ay	0,00013	0,00088	Isınma (6ay)
Ekspres Mukavva Kutu San. ve Tic. A.Ş.	Kömür	24 kg/h	-*	2496 h/yıl	0,018	0,16	Proses+Isınma
Erel Elektroteknik Müh. Makina Taah. Tic. San.ve Yatırım A.Ş.	Kömür	2,3 kg/h	-*	1716 h/6ay	0,0017	0,011	Isınma (3 ay)
Mühendislik Mimarlık Bürosu Hikmet Erenkaya	Doğal Gaz	4,4 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,0020	0,0090	Isınma (6 ay)
Etüd İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	1,4 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,00062	0,0028	Isınma (6 ay)
Güneş Yağ ve Gıda San. Tic Ltd. Şti.	Kömür	41,7 kg/h	22	8760 h/yıl	0,030	0,95	Proses+Isınma
Gür Mimarlık Mühendislik İnşaat Taahhüt Bürosu	Doğal Gaz	2,65 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,0012	0,0054	Isınma (6 ay)

*Veri elde edilememiştir.

Tablo 3.10 (Devam): İzmit'teki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Haluk Bezci-Rulo ve Kağıt Ürünleri İmalat ve Tic.	Fuel oil	2,4 kg/h	-*	7488 h/yıl	0,0017	0,046	Proses
Hat İthalat İhracat Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	1,35 m ³ /h	-*	1560 h/6ay	0,00060	0,0034	Isınma (6 ay)
Hüner Mobilya Kollektif Şirketi	Talaş	2 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,00071	0,0032	Isınma (6 ay)
İpek Pişmaniye San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	26,5 m ³ /h	-*	2496 h/yıl	0,012	0,11	Proses
Kar Pişmaniye Gıda Mad. ve Şeker.San. Tic. Ltd. Şti.	LPG	1,8 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,0016	0,0072	Isınma (6 ay)
Kaya Elektroteknik San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	0,18 m ³ /h	-*	2184 h/6ay	0,000080	0,00063	Isınma (6 ay)
Kocaeli Kaya Otomotiv San. ve Tic. A.Ş.	LPG	2,4 kg/h	-*	2496 h/yıl	0,0021	0,0019	Proses
Kolaylı İnş. Malzeme. Otomotiv San. Tic ve Ltd. Şti.	LPG	0,2 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,00018	0,00081	Isınma (6 ay)
Kolvi Doğa Ürünleri ve Değerli Madenler Ltd. Şti.	Kömür Odun	6,75 kg/h 112,5 kg/h	5	2112 h/yıl	0,045	0,34	Proses+Isınma
Koruma İnşaat Tic. A.Ş.	Motorin	19,66 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,014	0,063	Proses
Kotaş Kocaeli Otomobil Tic. A.Ş.	Doğal Gaz	8,39 m ³ /h	-*	1560 h/6ay	0,0038	0,021	Isınma (6 ay)
Kum-Boy Boya San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	1,4 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,00062	0,0028	Isınma (6 ay)
Mehmet Oktay Yeni-Nebati Yağ Fabrikası	Kömür	16,7 kg/h	-*	8760 h/yıl	0,012	0,38	Proses
Metin Mobilya Metin Hündür	Odun	2,5 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,00088	0,0040	Isınma (6 ay)
Mimar Metin Alan	Doğal Gaz	2,65 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,0012	0,0054	Isınma (6 ay)
Morsallıoğlu Kırtasiye Elek.Mal.San. ve Tic.Ltd. Şti.	Doğal Gaz	4,24 m ³ /h	-*	1560 h/6ay	0,0019	0,011	Isınma (6 ay)
Önder Mühendislik İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	1,1 m ³ /h	-*	1584 h/6ay	0,00049	0,0028	Isınma (6 ay)
Öz Asansör İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	1,69 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,00075	0,0034	Isınma (6 ay)
Özelif Pişmaniye İbrahim Yaşar	LPG (tüp)	1,15 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,0010	0,0045	Isınma (6 ay)
Özmaş Müteahhitlik ve Tic. A.Ş.	Motorin	1,6 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,0011	0,0049	Isınma (6 ay)

*Veri elde edilememiştir.

Tablo 3.10 (Devam): İzmit'teki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Pekdemir İnşaat Taahhüt ve Tic. A.Ş.	Doğal Gaz	3,5 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,0016	0,0072	Isınma (6 ay)
Röntsan Rontgen San. ve Tic. Kollektif Şirketi	Doğal Gaz	0,5 m ³ /h	-*	1560 h/6ay	0,00022	0,0012	Isınma (6 ay)
Seta Elektrikli Cih.-Havalandırma Sistem.ve Madeni Eşya San.	Mazot	1,02 kg/h	-*	832 h/4ay	0,00072	0,0022	Isınma (4 ay)
Sinem Tekstil Konfeksiyon San. ve Tic. Ltd. Şti.	Kömür	0,8 kg/h	-*	1872 h/6ay	0,00058	0,0039	Isınma (6 ay)
Sü-Ka Mühendislik Müşavirlik Taah. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	1,77 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,00079	0,0035	Isınma (6 ay)
Şenerler Kollektif Şirketi	Kömür Doğal Gaz	7,7 kg/h 0,47 m ³ /h	-*	3744 h/6ay	0,00021	0,0028	Isınma (6 ay)
Şengün Mühendislik Müşavirlik Taahhüt ve Tic. A.Ş.	Doğal Gaz	2,65 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,0018	0,0081	Isınma (6 ay)
Varil San. ve Tic. A.Ş.	LPG	15,6 kg/h	-*	2304 h/yıl	0,014	0,12	Proses
Yaman Gıda Tic. ve Sanayi Ltd. Şti.	Doğal Gaz	0,7 m ³ /h	-*	3600 h/yıl	0,00031	0,0040	Proses+Isınma
Yıldız Can Pişmaniye Şeker.ve Gıda San.ve Tic.Ltd. Şti.	Doğal Gaz	10,6 m ³ /h	-*	2496 h/yıl	0,0047	0,042	Proses
Yılka İnşaat San. ve Tic. Pazarlama A.Ş.	Doğal Gaz	2,65 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,0012	0,0054	Isınma (6 ay)
Yurt İnşaat San. Tic Ltd. Şti.	Doğal Gaz	1,4 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,00062	0,0028	Isınma (6 ay)
			ORT: 10**		TOP: 0,215	TOP: 2,547	

*Veri elde edilememiştir.

**Tüm tesislere ilişkin baca yüksekliği elde edilemediğinden kabul yapılmıştır.

Tablo 3.11: Körfez'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Max. Isıl Güç (MW)	Top. Baca Sayısı	Ort. Baca Yük. (m)	Ort. Baca Ucu İç Çapı (m)	Ort. Baca Gazı Sıc. (°C - °K)	Ort. Baca Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Top. Kuru Baca Gazı Debisi (Nm ³ /h)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emis. Türü
											(g/s)	(ton/yıl)	
Anadolu Döküm San. ve Tic. A.Ş.	LPG	53,2 kg/h	1,24	1	19	1	200 °C 473 °K	3,65	876	7488 h/yıl	0,047	1,26	Proses+ Isınma
İgsaş	Doğal Gaz	9696 m ³ /h	93	2	60	4,9	195 °C 368 °K	2,4	122732	8760 h/yıl	12,07	380,52	Proses+ Isınma
Opet Petrolcülük A.Ş.	Fuel Oil	95,57 kg/h	1,1	1	10	0,3	200 °C 473 °K	10,9	1180	1560 h/yıl	0,075	0,42	Proses
Petkim	Doğal Gaz	17082 m ³ /h	170	2	35	2,3	157 °C 430 °K	29,87	204880	8760 h/yıl	21,26	670,38	Proses+ Isınma
Tüpraş	Fuel Gaz Burner Fuel Oil Doğal Gaz Tail Gaz Kok	105049 m ³ /h 68 kg/h 16649 m ³ /h 44600 m ³ /h 5042 kg/h	2605	23	62	3	271 °C 544 °K	13	3107116	8760 h/yıl	215,26 (Ölçüm sonucu: 251)	6788,44	Proses+ Isınma

Tablo 3.12: Körfez'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Altınbaş Petrol ve Ticaret A. Ş.	ÖKY	64 kg/h	20	4198 h/yıl	0,045	0,68	Isınma+Sıc. Su (yıl boyunca)
Aygaz Anonim Şirketi	LPG	18,18 kg/h	-*	3432 h/yıl	0,016	0,20	(yıl boyunca)
BP Gaz A.Ş.	LPG	1,14 kg/h	7	1320 h/6ay	0,0010	0,0048	Isınma (6 ay)
Ceyhanlar Plastik San. ve Tic. Ltd. Şti.	Kömür Odun	0,8 kg/h 0,8 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,00086	0,0039	Isınma (6 ay)
Çağla Gıda San. Tic. Ltd.	Doğal Gaz	0,8 m ³ /h	-*	1872 h/6ay	0,00036	0,0024	Isınma (6 ay)
Eltek Çelik Kons. İnşaat Turizm Metal Tic. San. A.Ş.	Doğal Gaz Motorin	4,2 m ³ /h 20,4 kg/h	-*	7488 h/yıl	0,016	0,44	Proses+Isınma
Enisa İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti. (Nuryak)	Kömür	40,2	-*	1248 h/6ay	0,029	0,13	Proses+Isınma
Ergaz San. ve Tic. Kör. Dolun ve Depo.Tes.	LPG	2,5 kg/h	-*	2920 h/yıl	0,0022	0,023	(yıl boyunca)
Gamze Tekstil ve İç Giyim San. ve Tic. Ltd. Şti.	Fuel-oil LPG	3,83 kg/h 2,5 kg/h	-*	1300 h/6ay	0,0049	0,023	Isınma (6 ay)
Güneygaz LPG San. ve Tic. A. Ş.	LPG (tüp)	0,75 kg/h	-*	1170 h/6ay	0,00066	0,0028	Isınma (6 ay)
Habaş Petrol Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.	LPG	2,6 kg/h	-*	1170 h/6ay	0,0023	0,010	Isınma (6 ay)
Marmara Trans. Gemi San. ve İnşaat A.Ş.	Motorin	12 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,0085	0,038	Isınma (6 ay)
Mimaş Mühendislik İnşaat ve Madencilik A.Ş.	LPG Mazot	4,2 kg/h 0,58 kg/h	-*	2600 h/yıl	0,0041	0,039	Proses+Isınma
Pet Line Petrol Ürünleri Ticaret A.Ş.	LPG	1,74 kg/h	-*	1296 h/6ay	0,0015	0,0071	Isınma (6 ay)
Tabanlı İnşaat Ltd. Şti.	Doğal Gaz	1,15 m ³ /h	-*	2496 h/yıl	0,00051	0,0046	Isınma+Sıc. Su (yıl boyunca)
Turcas Petrol A.Ş.	Motorin	8,4 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,0027	0,012	Isınma (6ay)
Tüpgaz Ticaret ve Sanayi A.Ş. (Total)	LPG (Propan)	2,14 kg/h	-*	1404 h/6ay	0,0018	0,0091	Isınma (6 ay)
			ORT:10**		TOP: 0,137	TOP: 1,63	

*Veri elde edilememiştir.

**Tüm tesislere ilişkin baca yüksekliği elde edilemediğinden kabul yapılmıştır.

Tablo 3.13: Köseköy'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Max. Isıl Güç (MW)	Top. Baca Sayısı	Ort. Baca Yük. (m)	Ort. Baca Ucu İç Çapı (m)	Ort. Baca Gazı Sıc. (°C - °K)	Ort. Baca Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Top. Kuru Baca Gazı Debisi (Nm ³ /h)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emis. Türü
											(g/s)	(ton/yıl)	
Çelikord A.Ş.	Doğal Gaz	354 m ³ /h	3,53	3	19	0,45	215 °C 488 °K	57,1	4481	8760 h/yıl	0,16	4,96	Proses+ Isınma
Depa (Deva Holding İlaç Aktif Maddeleri İzmit Üretim Tesisleri)	Doğal Gaz	290 m ³ /h	2,89	3	25	0,8	220 °C 493 °K	7,5	3671	7920 h/yıl	0,13	3,67	Proses+ Isınma
Goodyear Lastikleri T. A. Ş. İzmit Fabrikası	Doğal Gaz	1768 m ³ /h	17,61	3	16,3	1,2	190 °C 463 °K	13,1	22379	7920 h/yıl	0,79	22,40	Proses+ Isınma
Hasko A.Ş.	Motorin Fuel Oil	192,5 kg/h 166 kg/h	4,2	3	19	1	200 °C 473 °K	4,6 (%8O ₂)	4426	3120 h/yıl	0,28	3,15	Proses+ Isınma
İztek Elektrik Üretimi A.Ş.	Doğal Gaz	14583 m ³ /h	145,26	1	30	2,5	120 °C 393 °K	43,5	184581	8760 h/yıl	18,15	572,31	Proses+ Isınma
Lifli Rulo ve Levha San. A.Ş.	Doğal Gaz	130,5 m ³ /h	1,3	-	15	1	200 °C 473 °K	1,7	1652	7488 h/yıl	0,058	1,56	Proses+ Isınma
Pakmaya Pak Gıda Üretim ve Pazarlama A.Ş.	Biogaz Doğal Gaz Fuel Oil	800 m ³ /h 700 m ³ /h 464 kg/h	17,58	4	19	1	280 °C 553 °K	20,97	30391	8760 h/yıl	1,031	32,52	Proses+ Isınma

Tablo 3.14: Köseköy'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Baktaç Branda San. ve Tic. Ltd. Şti.	LPG	2,54 kg/h	-*	2340 h/6ay	0,0022	0,019	Isınma (6 ay)
Detaş Ambalaj ve Kimya San. A.Ş.	Fuel Oil LPG	12,63 kg/h 9,47 kg/h	-*	4356 h/yıl	0,018	0,27	Proses+Isınma
Efe Mobilya San. ve Tic. A.Ş.	Tahta Parçası	6,4 kg/h	4	780 h/3ay	0,0023	0,0063	Isınma (3 ay)
İnkatek Kimya ve Boya San. Tic. Ltd. Şti.	LPG (tüp)	0,5 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,00044	0,0020	Isınma (6 ay)
Kimfosan Kimyasal Maddeler Fosfatlama San. ve Tic. Ltd. Şti.	Kömür Odun LPG	2 kg/h 2 kg/h 0,87 kg/h	-*	2496 h/yıl	0,0030	0,027	Proses+Isınma
Nuh Beton A.Ş.-Köseköy Tesisleri	Fuel oil	3,2 kg/h	15	3774 h/6ay	0,0023	0,031	Isınma (6 ay)
Temiz-İş Kerestecilik San. ve Tic. Ltd. Şti.	Tahta Parçası	8 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,0028	0,013	Isınma (6 ay)
			ORT: 10		TOP: 0,0310	TOP: 0,368	

*Veri elde edilememiştir.

**Tüm tesislere ilişkin baca yüksekliği elde edilemediğinden kabul yapılmıştır.

Tablo 3.15: Kullar-Vezirçiftliği-Körfez Sanayi Sitesi'ndeki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Max. Isıl Güç (MW)	Top. Baca Sayısı	Ort. Baca Yük. (m)	Ort. Baca Ucu İç Çapı (m)	Ort. Baca Gazı Sıc. (°C - °K)	Ort. Baca Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Top. Kuru Baca Gazı Debisi (Nm ³ /h)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emis. Türü
											(g/s)	(ton/yıl)	
Çayırova Süt ve Süt Mamülleri San. ve Tic. Ltd. Şti.	Fuel oil	96 kg/h	1,12	1	7	0,5	200 °C 473 °K	7,4	1185	2496 h/yıl	0,075	0,68	Proses+ Isınma
Hassas Boru San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	120,5 m ³ /h	1,2	-	14	0,6	200 °C 473 °K	4,4	1525	7488 h/yıl	0,054	1,44	Proses+ Isınma
İspet Petrokimya San. ve Tic. A. Ş.	Fuel-oil	498 kg/h	5,8	2	19	0,6	400 °C 673 °K	20,3	6148	7488 h/yıl	0,39	10,53	Proses+ Isınma
Kartonsan Karton San. ve Tic. A.Ş.	Doğal Gaz	5784 m ³ /h	57,62	5	19,2	1,24	152 °C 425 °K	81,6	73214	8760 h/yıl	7,20	226,99	Proses+ Isınma
Ktc Kalibre Boru Kesme San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	210,8 m ³ /h	2,1	3	14	0,6	230 °C 503 °K	8,4	2668	7488 h/yıl	0,094	2,53	Proses+ Isınma
Tepe Knauf İnş. ve Yapı Elemanları San.veTic.A.Ş.	Doğal Gaz	962 m ³ /h	9,58	2	25	0,95	120 °C 393 °K	14	12177	7488 h/yıl	0,43	11,53	Proses+ Isınma

Tablo 3.16: Kullar-Vezirçiftliği-Körfez Sanayi Sitesi'ndeki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
KULLAR							
Aksa Akü San. ve Tic. Ltd. Şti.	LPG	4,5 kg/h	-*	1560 h/yıl	0,0039	0,022	Proses+Isınma
Aktaş Dış Tic. A.Ş.	Fuel-oil	31,25 kg/h	21	480 h/yıl	0,022	0,038	Proses
Ark Otomotiv Kumanda Telleri San. ve Tic. A.Ş.	Kömür	22,7 kg/h	-*	1056 h/6ay	0,017	0,063	Isınma (6 ay)
Ark Pres Oto Yan San.	Kömür	5 kg/h	10	3650 h/yıl	0,0037	0,048	Proses
Çakar Turizm ve San. Mamülleri Tic. A.Ş.	LPG	1,39 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,0012	0,006	Isınma (6 ay)
Çamlıca yapı İnş. San. ve Tic. A.Ş.	Makina Yağı	0,25 kg/h	-*	2376 h/yıl	0,00018	0,0015	Proses
Çel-Kon Endüstriyel Tesis San. ve Tic. Ltd. Şti.	LPG (tüp)	0,56 kg/h	-*	2496 h/yıl	0,00050	0,0044	Proses
Doğan Lastik Kaplama San. A. Ş.	Kömür	4,63 kg/h	-*	1404 h/6ay	0,0034	0,017	Isınma (6 ay)
Elta Elek. Taah. Müh. San. Tic. Ltd. Şti.	Kömür	2,2 kg/h	8	1170 h/6ay	0,0016	0,0068	Isınma (6 ay)
Enpay Endüstriyel Pazarlama ve Yatırım A.Ş.	Doğal Gaz	6,2 m ³ /h	-*	4992 h/yıl	0,0028	0,050	Proses+Isınma
Günçanlar Entegre Tavukçuluk	Doğal Gaz	25,64 m ³ /h	-*	2496 h/yıl	0,011	0,10	Proses+Isınma
İzaş Yemek ve Gıda Maddeleri San. ve Tic. Ltd. Şti.	LPG	11,9 kg/h	-*	5040 h/yıl	0,010	0,19	Proses
İzmit Can Pişmaniye Şekerleme ve Gıda San. Tic Ltd. Şti.	LPG (Propan)	0,0129 kg/h	-*	2496 h/yıl	0,0061	0,055	Proses
Kavanlar Beton İnş.Maden.Yapı Mal.San. ve Tic.A.Ş.	Mazot	3,37 kg/h	-*	1242 h/6ay	0,0024	0,011	Isınma (6 ay)
Kocaeli Pal Ahşap Kaplama İmalat San. Tic. Ltd. Şti.	LPG (tüp)	0,23 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,00020	0,00088	Isınma (6 ay)
Kuzey Yapı San. ve Tic. Ltd. Şti.	Kömür Odun	4,8 kg/h 1,9 kg/h	-*	1040 h/6ay	0,0042	0,016	Isınma (6 ay)

*Veri elde edilememiştir.

Tablo 3.16 (Devam): Kullar-Vezirçiftliği-Körfez Sanayi Sitesi'ndeki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Nehir Endüstri Boru San. Tic. ve Taahhüt A.Ş.-Kocaeli Şubesi	LPG (propan) LPG (tüp)	4,8 kg/h 0,3 kg/h	-*	2080 h/yıl	0,0044	0,032	Proses+Isınma
Petek Boru San. A.Ş.	LPG (Propan)	13,75 kg/h	-*	4356 h/yıl	0,012	0,19	Proses+Isınma
Standart Depo ve Raf Sistemleri A.Ş.	Doğal Gaz	46,55 m ³ /h	-*	3120 h/yıl	0,021	0,23	Proses
Topkaş İnşaat Toplu Konut Araştırma,Şeh.Müh. Mim. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Kömür	3 kg/h	10	780 h/6ay	0,0022	0,0062	Isınma (6 ay)
Üstün Pen İnşaat Sanayi ve Besicilik Tic. Ltd. Şti.	Kömür	16 kg/h	-*	1560 h/6ay	0,012	0,097	Isınma (6 ay)
Vanasan Vana Fittings Dövme Sanayi A.Ş.	LPG	1008 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,89	3,98	Isınma (6 ay)
Yılmazlar Yapıştırma Mukavva San. ve Tic. Kollektif Şirketi	Fuel-oil LPG (Propan)	20,4 kg/h 5,4 kg/h	-*	2496 h/yıl	0,015	0,17	Proses+Isınma
VEZİRCİFTLİĞİ							
Aksoy Alüminyum San. ve Tic. A.Ş.	LPG	3,72 kg/h	-*	3120 h/yıl	0,0032	0,036	Proses+Isınma
Bolu Çimento A.Ş.	LPG	4,27 kg/h	-*	1170 h/6ay	0,0037	0,016	Isınma (6 ay)
Boruser Plastik San. ve Tic. Ltd. Şti.	Mazot	0,54 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,00038	0,0020	Isınma (6 ay)
Cevdet Bağdat-Cefa Tic.	Kömür Odun	0,45 kg/h 0,44 kg/h	-*	1144 h/6ay	0,00049	0,002	Isınma (6 ay)
Gürsan Demir Çelik San. ve Tic. A.Ş.	Doğal Gaz	0,9 m ³ /h	-*	2640 h/yıl	0,00040	0,0038	Proses
I.C.M. Makina ve Mühendislik Ltd. Şti.	Kömür	10,4 kg/h	-*	2304 h/yıl	0,0076	0,63	Proses+Isınma
İzmit Büyükşehir Belediyesi Mezbaha Tesisi	Fuel-oil	17,18 kg/h	20	2496 h/yıl	0,012	0,11	Proses+Isınma
KÖRFEZ SANAYİ SİTESİ							
Ak Döküm San. ve Tic. Ltd. Şti.	Fuel oil	19,2 kg/h	-*	7488 h/yıl	0,014	0,37	Proses+Isınma
Akın Makina San. ve Tic. A. Ş.	Odun	1,55 kg/h	-*	1287 h/6ay	0,00055	0,0025	Isınma (6 ay)
Demka Endüstri Tesisler Yapı İmalat Montaj ve Nakliye Ltd. Şti.	Kömür LPG (tüp)	1 kg/h 3,6 kg/h	-*	2860 h/yıl	0,0038	0,040	Proses+Isınma

*Veri elde edilememiştir.

Tablo 3.16 (Devam): Kullar-Vezirçiftliği-Körfez Sanayi Sitesi'ndeki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Erta Makina San. ve Tic. A. Ş.	Kömür LPG (tüp)	1,1 kg/h 1,98 kg/h	-*	2574 h/yıl	0,0025	0,017	Proses+Isınma
Hidromer Arıtma İnş.Mak.Müh. Müş. İmalat San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	0,41 m ³ /h	-*	3240 h/6ay	0,00018	0,0021	Isınma (6 ay)
İzçelik Döküm Sanayi-Halil İbrahim Bülbül	Fuel oil	4,8 kg/h	-*	7488 h/yıl	0,0034	0,091	Proses
Kınat Mühendislik İmalat Montaj Ltd. Şti.	Kömür LPG (tüp)	1,1 kg/h 0,24 kg/h	-*	2574 h/yıl	0,0010	0,0094	Proses+Isınma
Kocaeli Gazetecilik ve Yayın A. Ş., Matbaa Ltd. Şti.	Fuel oil	3,12 kg/h	-*	3600 h/6ay	0,0022	0,029	Isınma (6 ay)
KOÜ Müh. Fakültesi- Yemekhane	Doğal Gaz	6,97 m ³ /h	-*		0,0031		(11 ay)
Kösmaç Mak. İnş. Taah.San.ve Tic.Ltd. Şti.	Odun	1,75 kg/h	-*	1144 h/6ay	0,00019	0,008	Isınma (6 ay)
Metalsan Mak. İth.İhracat San.veTic.Ltd.Şti.	Mazot	2,66 kg/h	2	1040 h/yıl	0,0019	0,0077	Proses
Özcan Kardeşler	Odun	3,47 kg/h	-*	1152 h/6ay	0,0012	0,0051	Isınma (6 ay)
Özmaç Makina San. ve Tic. Ltd. Şti.	Kömür	2,2 kg/h	-*	1287 h/6ay	0,0016	0,0074	Isınma (6 ay)
Recep Ekşi	Doğal Gaz	2,65 m ³ /h	-*	1248 h/6ay	0,0012	0,0053	Isınma (6 ay)
Sahan Yemek ve Top.Gıda San.veTic.Ltd. Ş	LPG	6,6 kg/h	-*	3600 h/yıl	0,0058	0,075	Proses
Solmaz Makina-Remzi Solmaz	Kömür LPG (tüp)	1,1 kg/h 0,57 kg/h	-*	2574 h/yıl	0,0013	0,012	Proses+Isınma
Tekskarton San. ve Tic. Ltd. Şti.	LPG (tüp)	0,625 kg/h	-*	7488 h/yıl	0,00054	0,015	Proses+Isınma
Uğur Akü ve Makina San. ve Tic. Ltd. Şti.	Kömür LPG (tüp)	1,1 kg/h 0,36 kg/h	9	2574 h/yıl	0,0011	0,010	Proses+Isınma
Yılmaz Makina İmalat San. ve Tic. Ltd. Şti.	Kömür Fuel oil	8,55 kg/h 8,55 kg/h	-*	2808 h/yıl	0,012	0,12	Proses+Isınma
Yükseliş Otel	Doğal Gaz	51 m ³ /h	-*	8760 h/yıl	0,023	0,72	Isınma+Banyo
			ORT: 10**		TOP: 1,155	TOP: 7,681	

*Veri elde edilememiştir.

**Tüm tesislere ilişkin baca yüksekliği elde edilemediğinden kabul yapılmıştır.

Tablo 3.17: Kuruçeşme'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Max. Isıl Güç (MW)	Top. Baca Sayısı	Ort. Baca Yük. (m)	Ort. Baca Ucu İç Çapı (m)	Ort. Baca Gazı Sıc. (°C - °K)	Ort. Baca Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Top. Kuru Baca Gazı Debisi (Nm ³ /h)	Tesisin Çalışma (Kazanım Yanma) Süresi	Emisyon		Emis. Türü
											(g/s)	(ton/yıl)	
Federal-Moğul İzmit Piston ve Pim Üretim Tesisleri A.Ş.	Doğal Gaz	208 m ³ /h	2,1	1	20	1	200 °C 473 °C	2,7	2633	7488 h/yıl	0,092	2,49	Proses+ Isınma

Tablo 3.18: Solaklar Köyü'ndeki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Max. Isıl Güç (MW)	Top. Baca Sayısı	Ort. Baca Yük. (m)	Ort. Baca Ucu İç Çapı (m)	Ort. Baca Gazı Sıc. (°C - °K)	Ort. Baca Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Top. Kuru Baca Gazı Debisi (Nm ³ /h)	Tesisin Çalışma (Kazanım Yanma) Süresi	Emisyon		Emis. Türü
											(g/s)	(ton/yıl)	
İzaydaş İzmit Klinik ve Tehlikeli Atıklar Yakma ve Enerji Üretim Tesisi	Atık	-	-	1	185	1,2	55 °C 328 °K	10	27000	8760 h/yıl	1,20	23,65	Proses

Tablo 3.19: Uzunçiftlik’deki yakıt ısı gücü 1 MW’ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Max. Isıl Güç (MW)	Top. Baca Sayısı	Ort. Baca Yük. (m)	Ort. Baca Ucu İç Çapı (m)	Ort. Baca Gazı Sıc. (°C - °K)	Ort. Baca Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Top. Kuru Baca Gazı Debisi (Nm ³ /h)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emis. Türü
											(g/s)	(ton/yıl)	
Çelik Halat ve Tel San. A.Ş.	Doğal Gaz	1022 m ³ /h	10,18	2	19	1	200 °C 473 °K	13,5	12936	8760 h7yıl	0,45	14,32	Proses+ Isınma
Yıldız Sunta MDF Fabrikası	Odun	1556 kg/h	8	1	30	1,2	174 °C 447 °K	17,5	19210	8760 h/yıl	0,55	17,31	Proses+ Isınma

Tablo 3.20: Uzunçiftlik’deki yakıt ısı gücü 1 MW’ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Kınacı Kardeşler Büz Briket İnş.Haf.Nak.San. ve Tic.	Fuel Oil	19,7 kg/h	-*	761 h/4ay	0,014	0,038	Proses
Mengerler Ticaret Türk A.Ş. Kocaeli Şubesi	LPG (propan)	1,05 kg/h	-*	1430 h/6ay	0,0009	0,0046	Isınma (6 ay)
Müpa Tarım ve Gıda Sanayi A.Ş.	Fuel oil Mazot	33,3 kg/h 32,3 kg/h	-*	2880 h/yıl	0,046	0,48	Proses+Isınma
			ORT: 10**		TOP: 0,0609	0,523	

*Veri elde edilememiştir.

**Baca yükseklikleri elde edilemediğinden kabul yapılmıştır.

Tablo 3.21: Yeniköy'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Max. Isıl Güç (MW)	Top. Baca Sayısı	Ort. Baca Yük. (m)	Ort. Baca Ucu İç Çapı (m)	Ort. Baca Gazı Sıc. (°C - °K)	Ort. Baca Gazı Çıkış Hızı (m/s)	Top. Kuru Baca Gazı Debisi (Nm ³ /h)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emis. Türü
											(g/s)	(ton/yıl)	
Hayat Temizlik ve Sağlık Ürün. San. ve Tic. A.Ş.	Doğal Gaz	278 m ³ /h	2,8	3	19,5	1,09	213 °C 486 °K	4,8	3519	7200 h/yıl	0,12	3,20	Proses+ Isınma

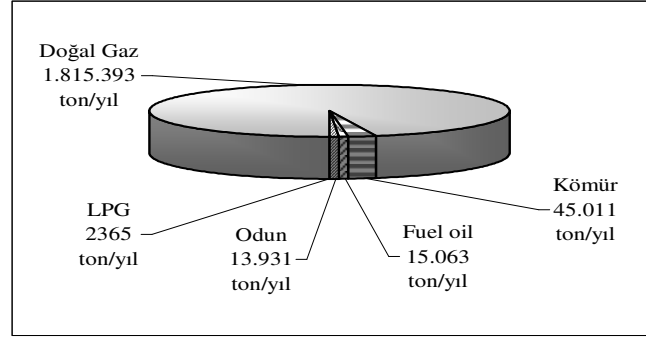
Tablo 3.22: Yeniköy'deki yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan tesisler, bu tesislere ilişkin bilgiler ve bu bilgilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2004; KSO, 2004; Kocaeli İli Sanayileri, 2004)

TESİS	Yakıt Cinsi	Tüketilen Yakıt Miktarı	Ortalama Baca Yüksekliği (m)	Tesisin Çalışma (Kazanın Yanma) Süresi	Emisyon		Emisyon Türü
					(g/s)	(ton/yıl)	
Baysan Makine San. ve Tic. A.Ş.	Fuel Oil	1,6 kg/h	-*	2496 h/6ay	0,0011	0,10	Isınma (6 ay)
Damak Yemek Hizmetleri	Doğal Gaz	33,7 m ³ /h	-*	2496 h/yıl	0,015	0,14	Proses
Gemsan Genel Endüstri Müh. Hiz. San. Tic.	Fuel Oil	4,7 kg/h	-*	1170 h/6ay	0,0033	0,014	Isınma (6 ay)
Kocsan Ahşap Pro.Mob.veİnş.San.Tic.Ltd.Ş	Talaş	12,5 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,0044	0,20	Isınma (6 ay)
Paksan Müh. Makine San. Tic. Ltd. Şti	Fuel Oil	5,13 kg/h	-*	1560 h/6ay	0,0036	0,020	Isınma (6 ay)
Paktaş Platform Kaldırma ve Taşıma Makinaları Tic. ve San. Ltd. Şti.	Propan	9,14 kg/h	-*	1248 h/6ay	0,0076	0,034	Isınma (6 ay)
Polimer Teknik Tekstil Kimya San. ve Tic. A.Ş.	Kömür	0,46 kg/h	-*	4320 h/6ay	0,00034	0,0052	Isınma (6 ay)
Şirin İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti.	Mazot	28,9 kg/h	-*	2496 h/yıl	0,024	0,18	Proses+Isınma
Tursan Seramik San. ve Tic. Ltd. Şti.	LPG	40,9 kg/h	-*	2496 h/yıl	0,036	0,32	Proses+Isınma
			ORT: 10**		TOP: 0,0953	TOP: 1,0132	

*Veri elde edilememiştir.

**Baca yükseklikleri elde edilemediğinden kabul yapılmıştır.

Bölgedeki sanayi tesislerinde doğal gaz, kömür, fuel oil, odun ve LPG olmak üzere beş tip yakıt kullanıldığı görülmüştür. Tesislerin yıllık yakıt tüketimleri Şekil 3.3’de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.3: Tesislerin yakıt tüketimleri

3.2.2. Alansal kaynaklar

Çalışmada alansal kaynak kapsamında evsel ısınma incelenmiştir. Emisyonlar bölgede yaşayan nüfus ve ısınma amaçlı tüketilen yakıt miktarları esas alınarak belirlenmiştir. Evlerde ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan emisyonlar Denklem (3.4) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E_i = \Sigma (\text{Kişi başına yakıt tüketimi} \times \text{toplam nüfus} \times EF_{i,j}) \quad (3.4)$$

E_i : emisyon miktarı (i),

$EF_{i,j}$: yakıtı bağlı (j) emisyon faktörü (i).

Nüfus değerleri T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü'nün 2000 yılı nüfus sayımı sonuçlarına dayanan istatistiklerden temin edilmiştir. Yakıt tüketimlerinin belirlenmesinde Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü ile Kocaeli Belediyelerinden temin edilen bilgiler kullanılmıştır. Belirlenen yıllık yakıt tüketim miktarları ile emisyon faktörlerinin çarpılması sonucu toplam emisyon miktarı hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan USEPA emisyon faktörleri ve emisyon faktör sınıfları Tablo 3.23’de verilmiştir.

Tablo 3.23: Evsel ısınmadan kaynaklanan emisyon hesabında kullanılan emisyon faktörleri (USEPA, 1996; USEPA, 1998b)

Yakıt Tipi	Yakıcı	Birim	NO _x
Linyit	-	kg/ton	2,631 (NO _x)
Fuel Oil	-	kg/m ³	2,16 (NO ₂)(A)*
Doğal Gaz	<87,84 KW	kg/10 ⁶ m ³	1598 (NO ₂) (B)*
Odun	-	kg/ton	1,27 (NO _x) (C)*
LPG	-	kg/m ³	1,8 (NO ₂) 1,7 (NO ₂)

*Emisyon faktör sınıfı

Çalışma alanında nüfus, konut sayısı, yakıt tüketimleri ile ilgili veriler ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri Tablo 3.24-3.27’de verilmiştir.

Tablo 3.24: Kocaeli İli Merkez İlçesi’ndeki nüfus, konut sayısı, yakıt tüketimleri ile ilgili veriler ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2003; Kocaeli İli Belediyeleri, 2004; DİE, 2000)

BELEDİYE	Nüfus	Konut Sayısı	Yakıt Tüketimi					Emis. (ton/yıl)
			Linyit (ton)	Odun (ton)	Doğal Gaz (Sm ³)	Fuel Oil (ÖKY) (m ³)	LPG (m ³)	
MERKEZ								
Merkez İlçesi-Şehir (Bekirpaşa+ Saraybahçe)	195.699	70.170	35.000	-	78.605.373	-	0,3	218
Merkez Bucağı								
Alikahya	20.000	4.926	2.926	1.900	3.116.700			15
Köseköy	16.900	3.750	7.500	1.875	300.000	-	-	23
Kullar	17.000	3.400	6.800	-	-	-	-	18
Kuruçeşme	9.490	2.370	3.320	1.660	1.100.000	-	-	13
Uzunçiftlik	17.000	4.650	5.843	4.200	-	4.117	80	30
Köyler Toplamı	11.761	*	*	*	*	*	*	
Bahçecik Bucağı								
Bahçecik	9.563	3.927	8.250	1.600	1.800.000	785	-	28
Karşıyaka	4.893	2.500	1.000	300	85.000	60	-	3
Yeniköy	5.797	1.167	2.014	600	-	-	30	6
Yuvacık	12.101	5.465	4.170	7.075	-	-	16	20
Köyler Toplamı	2.260	*	*	*	*	*	*	
Toplam**	322.464	102.325	76.823	19.210	85.007.073	4.962	126	374

* Verinin elde edilemediği yerler.

**Köylerde ne tür yakıt kullanıldığı ve miktarları tespit edilemediğinden toplamda ihmal edilmiştir.

Tablo 3.25: Kocaeli İli Gölcük İlçesi'ndeki nüfus, konut sayısı, yakıt tüketimleri ile ilgili veriler ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2003; Kocaeli İli Belediyeleri, 2004; DİE, 2000)

BELEDİYE	Nüfus	Konut Sayısı	Yakıt Tüketimi					Emis. (ton/yıl)
			Linyit (ton)	Odun (ton)	Doğal Gaz (Sm ³)	Fuel Oil (ÖKY) (m ³)	LPG (m ³)	
GÖLCÜK								
Şehir	55.790	*	*	*	*	*	*	
Merkez Bucağı								
Hisareyn	3.489	738	1.012	687	-	3	-	4
İhsaniye	11.607	3.900	5.850	3.900	-	-	-	20
Yazlık	1.832	450	1.125	450	-	176	-	4
Köyler Toplamı	5.822	*	*	*	*	*	*	
Değirmendere Bucağı								
Değirmendere	22.086	*	*	*	*	2.000	*	4
Halıdere	2.924	1.950	1.275	3.300	-	-	-	8
Ulaşlı	2.875	834	45	1.649	-	-	-	2
Köyler Toplamı	1.190	*	*	*	*	*	*	
Toplam**	107.615	21.500	32.250	21.500	-	2.179	-	117

*Verinin elde edilemediği yerler.

**Tüketimler ayrı ayrı değil, Gölcük Belediyesi'nden ilçe geneli için toplam olarak alınmıştır. Aynı zamanda bazı bucak belediyeleri ile ilgili veriler elde edildiği için çizelgede gösterilmiştir.

Tablo 3.26: Kocaeli İli Körfez İlçesi'ndeki nüfus, konut sayısı, yakıt tüketimleri ile ilgili veriler ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2003; Kocaeli İli Belediyeleri, 2004; DİE, 2000)

BELEDİYE	Nüfus	Konut Sayısı	Yakıt Tüketimi					Emis. (ton/yıl)
			Linyit (ton)	Odun (ton)	Doğal Gaz (Sm ³)	Fuel Oil (ÖKY) (m ³)	LPG (m ³)	
KÖRFEZ								
Şehir merkezi	81.938	12.666	21.711	16.165	8.920.000	2.069	-	
Toplam	81.938	12.666	21.711	16.165	8.920.000	2.069	-	96

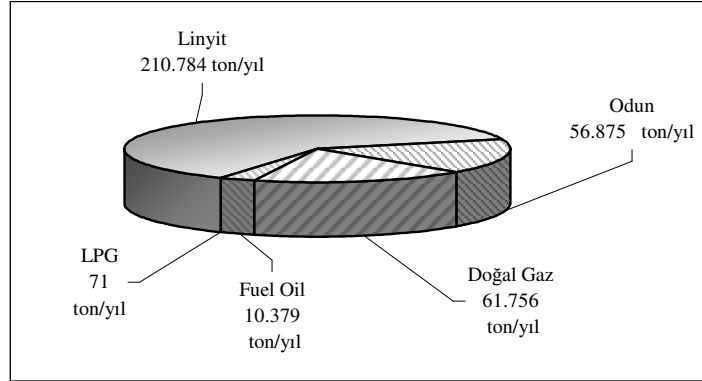
Tablo 3.27: Kocaeli İli Derince İlçesi'ndeki nüfus, konut sayısı, yakıt tüketimleri ile ilgili veriler ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri (TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2003; Kocaeli İli Belediyeleri, 2004; DİE, 2000)

BELEDİYE	Nüfus	Konut Sayısı	Yakıt Tüketimi					Emis. (ton/yıl)
			Linyit (ton)	Odun (ton)	Doğal Gaz (Sm ³)	Fuel Oil (ÖKY) (m ³)	LPG (m ³)	
DERINCE								
Şehir	93.997	*	*	*	*	3.000	*	
Merkez Bucağı								
Köyler toplamı	3.286	*	*	*	*	*	*	
Toplam**	97.283	40.000	80.000	-	9.000.000	3.000	-	231

*Verinin elde edilemediği yerler.

**Tüketimler ayrı ayrı değil, Derince Belediyesi'nden ilçe geneli için toplam olarak alınmıştır.

Bölgede evsel ısınma için 210.784 ton linyit, 56.875 ton odun, 61.756 ton doğal gaz, 10.379 ton fuel oil ve 71 ton LPG tüketildiği görülmüştür (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Evsel ısınma için tüketilen yakıt miktarları

Bu yakıt tüketimlerine bağlı olarak oluşan emisyonların m²'ye düşen miktarları Tablo 3.28'de görüldüğü gibidir.

Tablo 3.28: Konut kaynaklı m²'ye düşen emisyon oranları

BELEDİYE	Yüzölçümü (km ²) (mücavir alan)	Emisyon Oranı (g/s-m ²)
KÖRFEZ	19,7	0,15 x 10 ⁻⁶
DERİNCE	16	0,44 x 10 ⁻⁶
GÖLCÜK	13	0,31 x 10 ⁻⁶
MERKEZ	130	0,092 x 10 ⁻⁶

3.2.3. Çizgisel kaynaklar

Bu grupta sadece motorlu kara taşıtları değerlendirilmiştir. Emisyonlar hesaplanırken araç sayıları baz alınmıştır. Araç sayıları karayollarından temin edilen bilgiler ile gün içerisinde yapılan sayımların değerlendirilmesi sonucunda elde edilmiştir (Çetin ve diğ., 2006; Karayolları, 2004). Trafikten kaynaklanan emisyon miktarı Gurjar et al. (2004)'de verildiği gibi Denklem (3.5) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E_i = \sum (Veh_j \times D_j) \times E_{i,j, km} \quad (3.5)$$

E_i : emisyon miktarı (i),

Veh_j : araç tipine bağlı araç sayısı (j),

D_j : aracın katettiği mesafe (j),

$E_{i,j,km}$: araç tipi (j) ve hıza (km) bağlı emisyon faktörü (i).

Kullanılan emisyon faktörleri Tablo 3.29'da, çalışma alanındaki yollar ve araç sayılarıyla ilgili veriler ile bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri Tablo 3.30'da görüldüğü gibidir.

Tablo 3.29: Farklı araç tipleri için emisyon hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörleri (CITEPA, 2004)

Araç Tipi		Birim	NO _x
Benzinli Otomobil	Şehir İçi*	g/km	2,32
	Şehir Dışı**	g/km	3,25
	Otoban***	g/km	4,11
Dizel Otomobil	Şehir İçi*	g/km	1,05
	Şehir Dışı**	g/km	1,02
	Otoban***	g/km	1,58
Dizel Kamyon 7,5t<Weight<16t	Şehir İçi*	g/km	5,13
	Şehir Dışı**	g/km	4,13
	Otoban***	g/km	4,37
Dizel Tır Weight>32t	Şehir İçi*	g/km	14,97
	Şehir Dışı**	g/km	12,41
	Otoban***	g/km	10,17
Dizel Otobüs	Şehir İçi*	g/km	9,66
	Şehir Dışı**	g/km	7,95
	Otoban***	g/km	9,41
Motosiklet >50 cm ³	Şehir İçi*	g/km	0,23
	Şehir Dışı**	g/km	0,40
	Otoban***	g/km	0,50

*Hesaplama saatte 50 km hız için yapılmıştır.

**Hesaplama saatte 70 ile 90 km arasındaki hızlar için yapılmıştır.

***Hesaplama saatte 100 ile 120 km arasındaki hızlar için yapılmıştır.

Tablo 3.30: Çalışma alanındaki yollar ve araç sayılarıyla ilgili veriler ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanan emisyon değerleri

Yollar	Otomobil (gün)	Dizel Otobüs (gün)	Dizel Kamyon 7,5t<W<16t (gün)	Dizel Tır W>32t (gün)	Moto- siklet >50 cm ³ (gün)	Toplam Araç Sayısı (gün)	Yol Uzunluğu (km)	Emisyon	
								(g/s)	(ton/yıl)
Otoyol (E-80)	16010	1375	6360	2200	-	25945	30	39,4	1242
Körfez-İzmit	23130	3555	6965	640	-	34290	12,5	18,3	576
İzmit Kent Geçişi	33825	3800	17255	1215	-	56095	4,6	11,0	346
İzmit (1. Dilim)	29550	235	8450	110	-	38345	2	2,5	78
İzmit (2. Dilim)	5385	1060	3800	200	-	10445	7,8	3,7	115
İzmit-Gölcük (1. Dilim)	20275	1690	6885	1040	-	29890	10,6	13,1	412
Yeni Yol	5680	2255	3390	1140	80	12545	5,6	3,7	117
Eski Yol	9520	2660	1500	80	70	13830	5,1	3,2	101
Gölcük-Değirmendere (2. Dilim)	7060	1245	4070	980	-	13355	3,8	2,4	75
Değirmendere-Karamürsel (3. Dilim)	6580	710	5380	1095	-	13765	2,7	1,7	54

*Hesaplamalarda otomobilin %80'i benzinli, %20'si dizel olarak kabul edilmiştir.

BÖLÜM 4. ISCST3 MODELİ VE NO_x EMİSYONLARININ DAĞILIMININ MODELLENMESİ

4.1. Modelleme Yaklaşımı ve ISCST3 Modeli

Kararlı durum dağılım (steady-state plume) modelleri, kararsız durum puff (non-steady-state puff) modelleri, partikül modelleri ve Eulerian grid modelleri olmak üzere 4 tip modelleme yaklaşımının her birinin olumlu ve olumsuz yanları Tablo 4.1'de, modelleme için girilmesi gereken veriler ise Tablo 4.2'de özetlenmiştir. En yaygın kullanılan hava kalitesi modeli kararlı durum gauss dağılım modelidir. ISCST3 (Industrial Source Complex Short Term) modelinin temeli de gauss dağılım denklemdir (Moschandreas et al., 2002). Türbülans sonucu kirleticilerin yatay ve düşey dağılımlarını tanımlamak için kullanılan gauss dağılım modelinin temel dayanakları şunlardır (Scott, 2003):

- ✓ Gaz veya aerosol emisyonlarının sürekli olduğu,
- ✓ Kütlenin korunumu (kaynakla alıcı arasındaki mesafede gazın atmosferde kararlı olduğu),
- ✓ Durgun koşullar (kaynakla alıcı arasındaki mesafede meteorolojik koşulların kararlı olduğu),
- ✓ Yan rüzgar (crosswind-kirletici dağılımına paralel olmayan 90°'lik dik açıyla esen rüzgar yönü) ve dikey konsantrasyon dağılımının, gauss dağılımını izlediği kabulleridir.

Modellemede hava kirleticilerinin taşınımı ve oranlarının doğru değerlendirilebilmesi için meteorolojik veriler önemli girişlerdir. Bu veriler hem yayılma yoluyla her bir alıcı için kirletici konsantrasyonlarının hesaplanmasında hem de olası kaynak bölgelerinin katkısının belirlenmesinde kullanılır. Özetle tüm modellerde, atmosferik kirleticilerin kaynağının, taşınımının ve konsantrasyonlarının belirlenmesinde meteorolojik verilerin girilmesi gerekmektedir. ISCST3 gibi kararlı durum gauss

dağılım modeli tek nokta meteorolojik verilere ihtiyaç duyarken, kararsız durum puff ve Eulerian gibi daha karmaşık modeller genelde birçok meteorolojik istasyondan alınan ayrıntılı meteorolojik verilere ihtiyaç duyar. Bu modeller genelde tüm modellerin kullandığı rüzgar yönü, rüzgar hızı, sıcaklık ve belirli bir yükseklikteki meteorolojik veriler gibi öz parametrelere ilave olarak çökelme, nemlilik, türbülans, atmosferik basınç, solar radyasyon ve deniz olan yerlerde deniz yüzey sıcaklığı gibi ilave parametreleri de kullanırlar (Moschandreas et al., 2002).

Tablo 4.1: Model özelliklerinin özeti (Moschandreas et al., 2002)

Model Tipi	Örnek	Avantajları	Sınırlamaları	Bilgisayar ihtiyacı
Kararlı durum dağılım modelleri	ISCST3 FDM	<ul style="list-style-type: none"> Kolaylık Orta düzeyde veri ihtiyacı Orta düzeyde ölçümleme ihtiyacı Yıllık ya da çok yıllık periyotlar için simulasyon 	<ul style="list-style-type: none"> Anlık taşınım Düz çizgi dağılımları Kirliliğin zamana bağlı değişiminin gözlenmemesi Uniform meteorolojik koşullar Rüzgarsız koşulların modellenememesi 	Düşük PC
Kararsız durum puff modelleri	CALPUFF INPUFF	<ul style="list-style-type: none"> Gerçeğe uygun taşınım Nedensellik Kirlilik büyümesi Uniform olmayan meteorolojik koşullar Rüzgarsız koşullar Lineer kimya Kaynak katkısı Yıllık ya da çok yıllık periyotlar için simulasyon 	<ul style="list-style-type: none"> Lineer olmayan kimya için kullanılmaması Kayma ve puff uyumluluğu için zahmetli 	Düşük/Orta PC
Partikül Modelleri	KSP MODTRAC	<ul style="list-style-type: none"> Puff (anlık emisyon çıkışı) avantajları Kayma etkileri Durumlara bağlı modelleme 	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek seviyede uzmanlık ihtiyacı Geçmişin sınırlı değerlendirilmesi Kompleks 	Yüksek/Çok yüksek çalışma istasyonu
Eulerian Grid Modelleri	CAMx UAM	<ul style="list-style-type: none"> Non lineer kimya Kayma etkileri Geniş kaynak envanterleri Durumlara bağlı modelleme 	<ul style="list-style-type: none"> Sayısal yayılma Yüksek seviyede modelleme uzmanlığı ihtiyacı Kaynak katkılarının zorluğu 	Yüksek/Çok yüksek çalışma istasyonu ya da iyi bir bilgisayar

Tablo 4.2: Modelleme için giriş verileri (Moschandreas et al., 2002)

Giriş Verileri	Tanımı
Kirletici kaynak envanteri <ul style="list-style-type: none"> • Noktasal kaynaklar • Alansal kaynaklar • Çizgisel kaynaklar 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisyon oranları (mevsimsel ya da seçmeli değişim oranları ile birlikte) • Baca özellikleri • Kaynak koordinatları
Kirletici özellikleri	<ul style="list-style-type: none"> • Kimyasal özellikleri • Partikül boyutu dağılımı
Coğrafi veriler	<ul style="list-style-type: none"> • Arazi yükselteleri • Alan kullanım kategorileri • Su üstü verileri (hava-deniz sıcaklıkları)
Meteorolojik veriler	<ul style="list-style-type: none"> • Rüzgar hızı, yönü • Sıcaklık • Nem • Basınç • Bulutluluk • Çökeltme

ISCST3 modeli, çeşitli kirlilik kaynaklarının söz konusu olduğu yerlerde, bu kaynaklara ait emisyonların dağılımlarının modellenmesi yönünde farklı seçenekler sunabilen bir modelleme yaklaşımıdır (Lorber et al., 2000). Hava kalitesi tahminleri için uygun bir model olarak tanımlanmaktadır (Müezzinoğlu et al., 2003). Tahminlerin doğruluğu, tüm kaynaklar için detaylı ve doğru emisyon envanterine bağlı olduğu kadar, çalışma alanında meteorolojik parametrelerin doğru ölçülmesine de bağlıdır (Bhanarkar et al., 2005). Modelin tahminleri, giriş parametreleri için gerçek verilerin elde edilmesiyle daha da geliştirilebilir (Yegnan et al., 2002). Diğer dispersiyon modellerine göre en önemli avantajı, kullanımının nispeten kolay olması ve doğru tahminler vermesidir. Model için gerekli meteorolojik veri dosyası nispeten küçüktür. Dezavantajı ise, atmosferik sınır tabakasının yapısına ilişkin bilgiler ve buna ilişkin türbülanslı dağılım süreçlerinin tahminlerinin model içinde yer almamasıdır (Müezzinoğlu et al., 2003).

ISCST3 modeli,

- ✓ Birincil kirleticiler ile sürekli salınan toksik ve tehlikeli atık kirleticileri için kullanılabilir.
- ✓ Nokta, hacim, alan, açık çukur, çizgi kaynak gibi birçok kaynak çeşidi için kullanılabilir.

- ✓ Kaynak emisyon oranları, sabit olarak girilebileceği gibi aylık, mevsimlik, saatlik ve diğer seçimli periyotlara göre değişik olarak girilebilir. Bu değişik emisyon oranı faktörleri tek bir kaynak ya da grup olarak özelleştirilebilir.
- ✓ Kaynağa yakın binaların neden olduğu aerodinamik yıkanma etkilerini hesaplayabilir.
- ✓ Model, büyük partiküllerin (kuru birikim ile) çökme ve uzaklaştırılmasının etkilerinin modellenmesi ile gaz ve partiküllerin sürüklenme ile çökmesinin etkilerinin modellenmesi algoritmaları içerir.
- ✓ Alıcı yerleri, ayrı alıcılar ve/veya gridler olarak özelleştirilebilir.
- ✓ Kompleks arazilerde alıcılar için COMPLEX1 ayırma model dispersiyon algoritmalarını içerir.
- ✓ Modelleme bölgesinde hava kirlenmelerinin yayılımını etkileyen atmosferik koşulların hesaplanması için uyuşan meteorolojik verileri kullanır.
- ✓ Sonuçları; konsantrasyon, toplam birikim, kuru birikim ve/veya ıslak birikim için hesaplayabilir (Johnson, 2002).

4.2. NO_x Emisyonlarının Dağılımının Modellenmesi (Yöntem)

4.2.1. Çalışma alanının özellikleri ve kabuller

4.2.1.1. Çalışma alanı

Kirlenici dağılımı için seçilen çalışma bölgesidir. NO_x emisyonlarının dağılımının modellenmesi için seçilen bölge Kocaeli İli'nin doğu-batı yönünde 26 km, kuzey-güney yönünde 10,5 km olmak üzere toplam 273 km²'lik bir alandır. Bölge Ek-1'de görülmektedir.

Modeldeki hesaplamalarda çalışma alanının %50'sinin kırsal, %50'sinin kentsel yerleşim alanı olduğu kabul edilmiştir. Kırsal alanın da %50'si ekili arazi, %50'si otlaklar olarak alınmıştır.

4.2.1.2. Alıcılar

Modelde harita üzerinde alıcı noktalarının belirlenmesi konusunda birçok seçenek mevcuttur. Bu seçenekler uniform kartezyen, uniform olmayan kartezyen, uniform polar, uniform olmayan polar vb. birçok alıcı şebekesini kapsamaktadır.

Model için alıcı noktaları belirlenirken tüm çalışma alanı temel alınmış ve çalışma alanı üzerinde uniform kartezyen 5000 alıcı seçilmiştir.

4.2.1.3. Meteorolojik veriler

ISCST3 modeli, meteorolojik veri olarak saatlik bazda yıllık veri kullanmaktadır. Çalışmada Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı olan ve İzmit Merkez, Bağçeşme Mahallesi'nde bulunan Kocaeli Meteoroloji İstasyonu tarafından kaydedilen 2002 yılı meteorolojik verileri kullanılmıştır (KMİ, 2002). Bu veriler saatlik sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü ve basınç ile günlük bulut yükseklikleri ve yağış ölçümlerini içermektedir. Günlük değerlerin saatlik değerlere dönüştürülmesinde enterpolasyon ve rastgele tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen saatlik değerler PCRAMMET için uygun formatlarda (SCRAM, CD-144, TD-3240 vb.) yeniden üretilmiş ve ISCST3 için uygun meteoroloji dosyaları elde edilmiştir. Karışım yükseklikleri ise meteorolojik istasyonlarda ölçülmediği için ISCST3 modeli tarafından sağlanan bir işlemci yardımıyla hesaplanarak elde edilmiştir.

Rüzgar verileri ISCST3 modeli kapsamındaki WRLPLOT işlemcisi tarafından işlenmiştir. Bu program yardımıyla 2002 yılı için elde edilen rüzgar hızı ve yönü frekans dağılımları Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'de, rüzgar gücü ise Şekil 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.3: Rüzgar hızı esme sayısı (rüzgar hızı m/s)

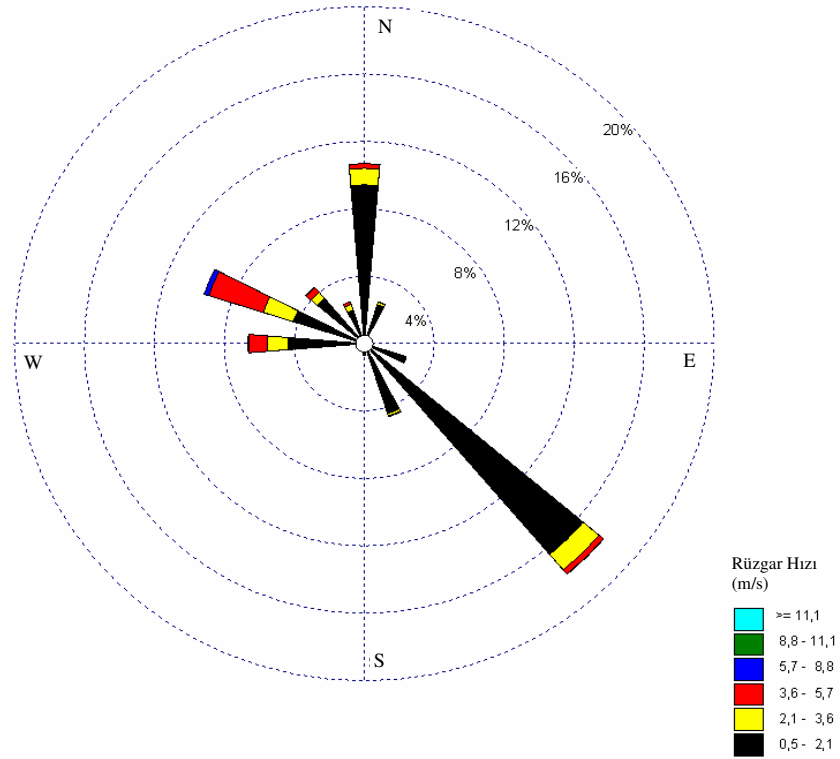
	0,5-2,1	2,1-3,6	3,6-5,7	5,7-8,8	8,8-11,1	>=11,1	Toplam
N	823	86	24	0	0	0	933
NNE	213	13	3	0	0	0	229
NE	7	0	0	0	0	0	7
ENE	12	0	0	0	0	0	12
E	26	0	0	0	0	0	26
ESE	216	1	3	1	0	0	221
SE	1433	104	28	2	0	0	1567
SSE	381	13	5	0	0	0	399
S	57	3	0	0	0	0	60
SSW	15	1	0	0	0	0	16
SW	8	0	0	0	0	0	8
WSW	41	0	0	0	0	0	41
W	383	100	94	4	0	0	581
WNW	373	158	285	24	0	0	840
NW	308	42	33	2	0	0	385
NNW	183	31	15	0	0	0	229
Toplam	4479	552	490	33	0	0	

Tablo 4.4: Rüzgar hızı yinelenme sıklığı (rüzgar hızı m/s)

	0,5-2,1	2,1-3,6	3,6-5,7	5,7-8,8	8,8-11,1	>=11,1	Toplam
N	0,093950	0,009817	0,002740	0,000000	0,000000	0,000000	0,106507
NNE	0,024315	0,001484	0,000342	0,000000	0,000000	0,000000	0,026142
NE	0,000799	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000799
ENE	0,001370	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,001370
E	0,002968	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,002968
ESE	0,024658	0,000114	0,000342	0,000114	0,000000	0,000000	0,025228
SE	0,163584	0,011872	0,003196	0,000228	0,000000	0,000000	0,178881
SSE	0,043493	0,001484	0,000571	0,000000	0,000000	0,000000	0,045548
S	0,006507	0,000342	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,006849
SSW	0,001712	0,000114	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,001826
SW	0,000913	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000913
WSW	0,004680	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,004680
W	0,043721	0,011416	0,010731	0,000457	0,000000	0,000000	0,066324
WNW	0,042580	0,018037	0,032534	0,002740	0,000000	0,000000	0,095890
NW	0,035160	0,004795	0,003767	0,000228	0,000000	0,000000	0,043950
NNW	0,020890	0,003539	0,001712	0,000000	0,000000	0,000000	0,026142
Toplam	0,511301	0,063014	0,055936	0,003767	0,000000	0,000000	

Ortalama rüzgar hızı : 1,70 m/s

Sakin günlerin frekansı : %36,60



Şekil 4.1: WRLPLOT ile hazırlanan 2002 yılı verileri için rüzgar gülü

4.2.1.4. Yöreye özgü iklim parametreleri

PCRAMMET işlemcisi iklim verilerine ek olarak çalışmanın yapıldığı alana özgü belirli parametrelerin belirlenmesini de gerektirir. Bu parametreler daha çok arazinin kullanımı ile ilgili olup arazi kullanımının iklime ve kirleticilerin atmosferdeki dağılımına etkisinin bir ölçüsüdür. Aşağıda bu parametrelerin tanımları ve çalışılan alan için belirlenen değerler verilmiştir. Tanımlar ve tipik değerler PCRAMMET User's Guide (US EPA, 1999) temel alınarak hesaplanmıştır.

4.2.1.4.1. Minimum monin-obukhov uzunluğu-kararlı koşullar

Monin-Obukhov uzunluğu atmosferik kararlılığın bir ölçüsüdür. Yüzey ısınmasının atmosfer koşullarına neden olduğu gündüz boyunca negatif, yüzeyin soğuduğu (dolayısıyla atmosferin kararlı olduğu) gece boyunca ise pozitiftir. Sıfıra yakın değerler, işaretine bağlı olarak çok kararsız ya da kararlı koşulları gösterir. Kararlı

koşullar süresinde kentsel alanlarda tahmin edilen Monin-Obukhov uzunluğu (L) değerleri, daha az kararlı sınır tabakasını yeterince yansıtmayabilir. Kentsel bölgelerde olan engeller örneğin binalar tarafından üretilen mekanik türbülansın, engelsiz bir alana göre “daha nötral” bir yüzey tabakası oluşturma eğiliminde olacağı belirtilmiştir. Dolayısıyla bu etkiyi göstermek amacıyla kararlı saatler için minimum L değerlerinin temel alınmasını önermişlerdir. Yazarlar ayrıca, engel yüksekliği ile bu engel tarafından etkilenen akış bölgesi arasında var olan yaklaşık bir ilişkiyi kullanarak birçok kentsel arazi kullanım sınıfına göre Tablo 4.5’deki minimum değerleri önermişlerdir.

Tablo 4.5: Arazi kullanım türlerine göre minimum monin-obukhov uzunlukları (US EPA, 1999; Karademir, 2002)

Arazi kullanım türü	Değer
Tarımsal (açık alan)	2 m
Yerleşim	25 m
Yerleşim/endüstriyel	50 m
Ticari (19-40 katlı binalar)	100 m
Ticari (40 kattan yüksek binalar)	150 m

Çalışma alanının %50’si kentsel yerleşim ve %50’si köy ya da tarım arazisi şeklinde açık alan olarak değerlendirilmiştir. Buna göre monin-obukhov uzunluğu 13,5 m olarak bulunmuştur.

4.2.1.4.2. Yüzey pürüzlülük uzunluğu-ölçüm alanı ve uygulama alanı

Yüzey pürüzlülük uzunluğu, rüzgarın esmesini engelleyen yüksekliklerin bir ölçüsüdür. Bu engellerin fiziksel boyutlarına eşit olmamakla birlikte, genel olarak bununla doğru orantılıdır. Mevsimlerin fonksiyonu olarak arazi kullanım türlerine göre tipik değerler Tablo 4.6’da verilmiştir.

- ✓ Ölçüm Alanı: Bu değer rüzgar ölçümlerinin yapıldığı alanı temsil eder.
- ✓ Uygulama Alanı: Bu değer, meteorolojik değerlerin uygulanacağı çalışma alanını temsil eder.

Tablo 4.6: Mevsimler ve arazi kullanım türlerine göre yüzey pürüzlülük uzunlukları (m) (US EPA, 1999; Karademir, 2002)

Arazi Kullanım Türü	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su yüzeyi	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Ağaçlık (kalın yapraklı)	1,00	1,30	0,80	0,50
Ağaçlık (iğne yapraklı)	1,30	1,30	1,30	1,30
Bataklık	0,20	0,20	0,20	0,05
Ekili arazi	0,03	0,20	0,05	0,01
Otlak	0,05	0,10	0,01	0,001
Kentsel	1,00	1,00	1,00	1,00
Fundalık	0,30	0,30	0,30	0,30

Çalışmada kullanılan meteorolojik veriler Kocaeli Meteoroloji İstasyonu'nda ölçülmüştür. İstasyon İzmit Merkez Bağçeşme Mahallesi'nde kentsel yerleşim bölgesi içinde, denizden 76 m yükseklikte bulunmakta, rüzgar ölçümleri de aynı yerde bulunan bir apartmanın üstünde yapılmaktadır (anemometre yüksekliği 10 m). Bu bakımdan yüzey pürüzlülük uzunluğu ölçüm alanı için 1,00 m alınmıştır.

Uygulama alanı değerleri ise çalışma alanının özelliklerine göre belirlenmektedir. Değerler belirlenirken çalışma alanındaki kullanım alanları fraksiyonları ve yıllık değeri temsil etmek üzere, bu alanlara ilişkin Tablo 4.6'da verilen değerlerin ortalamaları esas alınmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi çalışma alanının %50'si kentsel, %50'si kırsal alan; kırsal alanın da %50'si ekili arazi, %50'si otlak olarak kabul edilmiştir. Buna göre yüzey pürüzlülük uzunluğu değerleri kentsel alanlarda 1; ekili alanlarda 0,07 ve otlaklarda 0,04 olarak belirlenmiştir. Bu verilerden hareketle ağırlıklı ortalama 0,53 m olarak bulunmuştur.

4.2.1.4.3. Öğle vakti albedosu

Öğle vakti albedosu, güneş tam tepede iken yer yüzeyine gelen güneş ışımalarının yüzeyden yansıyan fraksiyonu olarak tanımlanır. Albedonun güneş ışınlarının gelme açısıyla birlikte değişmesine ilişkin ayarlamalar PCRAMMET tarafından otomatik olarak yapılır. Mevsimlere ve arazi kullanım türlerine göre tipik değerler Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7: Mevsimler ve arazi kullanım türlerine göre albedo değerleri (m) (US EPA, 1999; Karademir, 2002)

Arazi Kullanım Türü	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış*
Su yüzeyi	0,12	0,10	0,14	0,20
Ağaçlık (kalın yapraklı)	0,12	0,12	0,12	0,50
Ağaçlık (iğne yapraklı)	0,12	0,12	0,12	0,35
Bataklık	0,12	0,14	0,16	0,30
Ekili arazi	0,14	0,20	0,18	0,60
Otlak	0,18	0,18	0,20	0,60
Kentsel	0,14	0,16	0,18	0,35
Fundalık	0,30	0,28	0,28	0,45

*Kış albedosu kar örtüsünün kalma süresi ile değişir. Bu değer 0,30 (hiç kar yağmadığı zaman) ile 0,65 (kar örtüsü sürekli mevcut ise) arasında değişebilir.

Albedo değerleri belirlenirken pilot bölgedeki kullanım alanları fraksiyonları ve yıllık değeri temsil etmek üzere, bu alanlara ilişkin Tablo 4.7’de verilen değerlerin ortalamaları esas alınmıştır. Kış mevsimine ilişkin albedo değerleri ise, kentin yağışlı iklimi ve kar örtüsünün kısa süreli olması nedeniyle bütün alanlar için 0,35 olarak alınmıştır. Buna göre albedo değerleri kentsel alanlarda 0,21; ekili alanlarda 0,22 ve otlaklarda 0,23 olarak belirlenmiştir. Bu verilerden hareketle ağırlıklı ortalama 0,22 olarak bulunmuştur.

4.2.1.4.4. Bowen oranı

Bowen oranı yüzeyde bulunan nemin bir ölçüsüdür. Yer yüzeyinde nemin varlığı enerji dengesinin ve böylece hassas ısı akısı ve monin-obukhov uzunluğunun değişmesine neden olur. Arazi kullanım türleri, mevsimler ve nem koşullarına göre tipik değerler Tablo 4.8-4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.8: Mevsimler ve arazi kullanım türlerine göre günlük bowen oranları-kuru koşullar (US EPA, 1999; Karademir, 2002)

Arazi Kullanım Türü	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su yüzeyi	0,1	0,1	0,1	2,0
Ağaçlık (kalın yapraklı)	1,5	0,6	2,0	2,0
Ağaçlık (iğne yapraklı)	1,5	0,6	1,5	2,0
Bataklık	0,2	0,2	0,2	2,0
Ekili arazi	1,0	1,5	2,0	2,0
Otlak	1,0	2,0	2,0	2,0
Kentsel	2,0	4,0	4,0	2,0
Fundalık	5,0	6,0	10,0	10,0

Tablo 4.9: Mevsimler ve arazi kullanım türlerine göre günlük bowen oranları-ortalama koşullar (US EPA, 1999; Karademir, 2002)

Arazi Kullanım Türü	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su yüzeyi	0,1	0,1	0,1	1,5
Ağaçlık (kalın yapraklı)	0,7	0,3	1,0	1,5
Ağaçlık (iğne yapraklı)	0,7	0,3	0,8	1,5
Bataklık	0,1	0,1	0,1	1,5
Ekili arazi	0,3	0,5	0,7	1,5
Otlak	0,4	0,8	1,0	1,5
Kentsel	1,0	2,0	2,0	1,5
Fundalık	3,0	4,0	6,0	6,0

Tablo 4.10: Mevsimler ve arazi kullanım türlerine göre günlük bowen oranları-ıslak koşullar (US EPA, 1999; Karademir, 2002)

Arazi Kullanım Türü	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su yüzeyi	0,1	0,1	0,1	0,3
Ağaçlık (kalın yapraklı)	0,3	0,2	0,4	0,5
Ağaçlık (iğne yapraklı)	0,3	0,2	0,3	0,3
Bataklık	0,1	0,1	0,1	0,5
Ekili arazi	0,2	0,3	0,4	0,5
Otlak	0,3	0,4	0,5	0,5
Kentsel	0,5	1,0	1,0	0,5
Fundalık	1,0	5,0	2,0	2,0

İzmit yöresi genel olarak Karadeniz iklimi özellikleri göstermekte ve çok yağış almaktadır. Meteorolojik verilerin ait olduğu 2002 yılı içerisinde toplam 113 gün yağış kaydedilmiş, ortalama günlük yağış ise 1,9 mm olmuştur. Yağış kaydedilmediği zamanlarda bile toprak görece uzun süreler ıslak kalabilmektedir. Çalışma alanı için bowen oranı, yıllık sürenin yarısında ıslak, yarısında da ortalama koşulların mevcut olduğu varsayımı ile Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da verilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Buna göre yıllık ortalama bowen oranları kentsel yerleşim alanları için 1,19; ekili arazi için 0,55; otlak için 0,68 olarak bulunmuştur.

Bu değerlerin arazi kullanım fraksiyonlarına göre ağırlıklı ortalaması alınmasıyla modelde kullanılacak bowen oranı 0,9 olarak belirlenmiştir.

4.2.1.4.5. Antropojenik ısı akısı

Antropojenik ısı akısı aşırı derecede kentleşmiş yerler hariç, genellikle ihmal edilir (sıfır olarak alınır). Ancak yüksek nüfus yoğunluğuna sahip ya da yüksek enerji kullanımı olan yerlerde bu akı ihmal edilebilir derecede düşük olmayabilir. Oke (1978) 10 ayrı kent için kişi başına enerji kullanımı ve nüfus yoğunluğuna ilişkin tahminleri sunarak her bir kent için ısı akısı değerlerini elde etmiştir. Yaz mevsimi değerleri genelde ortalamanın %50'si civarında olup kış mevsimindeki daha soğuk havalarda bu değerler, ortalamanın %150'sine çıkabilmektedir. Tablo 4.11 birçok kentsel alan için kullanılabilir değerleri vermektedir (Karademir, 2002).

Tablo 4.11: Bazı şehirler için ortalama antropojenik ısı akısı (Qf) ve net radyasyon (Q*) değerleri (Karademir, 2002)

Kent Alanı (enlem/periyo)	Nüfus (.10 ⁶)	Nüfus Yoğunluğu (kişi/km ²)	Kişi Başına Enerji Kullanımı (MJ.10 ³ /yıl)	Qf (W/m ²)	Q* (W/m ²)
Manhattan (40 °N) Yıllık Yaz Kış	1,7	28.810	128	117 40 198	93
Montreal (45 °N) Yıllık Yaz Kış	1,1	14.102	221	99 57 153	52 92 13
Budapest (47 °N) Yıllık Yaz Kış	1,3	11.500	118	43 32 51	46 100 -8
Sheffield (53 °N) Yıllık	0,5	10.420	58	19	56
Batı Berlin (52 °N) Yıllık	2,3	9830	67	21	57
Vancouver (49 °N) Yıllık Yaz Kış	0,6	5360	112	19 15 23	57 107 6
Hong Kong (22 °N) Yıllık	3,9	3730	34	4	~110
Singapore (1 °N) Yıllık	2,1	3700	25	3	~110
Los Angeles (34 °N) Yıllık	7,0	2000	331	21	108
Fairbanks (64 °N) Yıllık	0,03	810	740	19	18

İzmit kentsel alanı yaklaşık 40 yıldır yoğun bir sanayileşmenin etkisi altında kalmış ve bununla birlikte göç alan bir şehir konumuna gelmiştir. 2000 yılı nüfus sayımına göre Kocaeli nüfusu 1.206.085, genel nüfus yoğunluğu ise 344 kişi/km²'dir. Aynı yılın değerlerine göre İzmit merkezdeki kentsel nüfus 373.034 olup, kent merkezindeki nüfus yoğunluğu 383 kişi/km²'dir (Çetin ve diğ., 2005). Enerji kullanımına ilişkin herhangi bir veri elde edilemediğinden, İzmit için antropojenik ısı akısı bulunurken Tablo 4.11'deki şehirlerden nüfus ve nüfus yoğunluğu olarak İzmit'e benzer durumdaki Sheffield kenti baz alınmış ve buradan hareketle antropojenik ısı akısı 19 W/m² olarak kabul edilmiştir.

4.2.1.4.6. Yere absorplanan net radyasyon fraksiyonu

Gün boyunca meydana gelen ısı akısı, net radyasyon fraksiyonu olarak parametrelendirilmiştir. Önerilen değerler aşağıda verilmiştir.

- ✓ Kırsal : 0,15
- ✓ Yarı-kentsel : 0,22
- ✓ Kentsel : 0,27

Çalışma alanı için alınan değer, %50 kentsel, %50 kırsal alan üzerinden ortalama alınarak 0,21 bulunmuştur.

Tüm bu parametrelere ilişkin olarak çalışmada kullanılan değerler Tablo 4.12’de özetlenmiştir.

Tablo 4.12: Çalışmada kullanılan yöreye özgü iklim parametreleri

Parametre	Değer
Anemometre yüksekliği	10 m
Min. Monin-obukhov uzunluğu	13,5 m
Yüzey pürüzlülük uzunluğu (ölçüm yeri)	1 m
Yüzey pürüzlülük uzunluğu (çalışma alanı)	0,53 m
Öğle vakti albedosu	0,22
Bowen oranı	0,9
Antropojenik ısı akısı	19 W/m ²
Yere absorplanan net radyasyon fraksiyonu	0,21

4.2.1.5. Dağılım katsayısı

Pilot bölgenin kentsel ya da kırsal olmasına göre katsayı seçilir. Bu seçim EPA’nın “Guideline on Air Quality Models” adlı dökümanına göre iki şekilde yapılmaktadır.

- ✓ Arazi kullanımı: kaynak merkez olacak şekilde 3 km yarıçaplı alandaki arazinin %50 ya da daha fazlası endüstriyel, ticari ya da yerleşim alanı ise kentsel, değilse kırsal dağılım katsayısı seçilir.
- ✓ Nüfus yoğunluğu: pilot bölgedeki nüfus yoğunluğu 750 kişi/km²’den fazla ise kentsel, az ise kırsal dağılım katsayısı seçilir (US EPA, 2003; Jonhson, 2002).

Çalışma alanındaki nüfus yoğunluğu yaklaşık 2230 kişi/km²'dir. Bu bakımdan çalışmada kentsel dağılım katsayısı kullanılmıştır.

4.2.1.6. Üstel bozunma

Kirleticilerin havada fiziksel ve kimyasal yollarla bozunmaya uğrayarak konsantrasyonlarının zamanla azalmasını ifade eder.

Atmosferik ömürleri birkaç gün olan NO_x emisyonları için üstel bozunma fonksiyonunda yarılanma ömrü 2 gün olarak alınmıştır.

4.2.1.7. Arazi yüksekliği seçenekleri

Bu konuda düz ve eğimli olmak üzere iki seçenek var.

Ülkemizde arazilere ilişkin üç boyutlu dijital haritaların elde edilmesindeki zorluktan ötürü “düz” seçeneği kullanılmıştır.

4.2.1.8. Arazi hesaplamaları

Düz arazi için basit ve basit+kompleks arazi hesaplamaları seçenekleri mevcuttur. Modelde basit+kompleks arazi seçeneği kullanılmıştır.

4.2.1.9. Ortalanma zamanı seçenekleri

Konsantrasyon ve birikim değerleri 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik ile aylık ve yıllık ortalamalar bazında verilebilmektedir.

Çalışmada 1, 3, 6, 12, 24 saatlik (kısa vadeli) ortalamalarla birlikte, aylık ve genel bir değerlendirme için yıllık ortalamalara (uzun vadeli) ilişkin ortalanma zamanı seçenekleri seçilmiştir.

4.2.2. Kirletici kaynağı

NO_x emisyonlarının oluştuğu kaynağın tipi, koordinatları, tanımı vs. gibi bilgiler girilmiştir.

Noktasal, alansal ve çizgisel kaynaklı NO_x emisyonları ile ilgili bilgiler Bölüm 3’de verilmiştir. Yakıt ısıl gücü 1 MW’ın üstünde olan tesisler modele noktasal kaynak olarak girilirken, 1 MW’ın altında olanlar emisyon oranlarının düşük olması nedeniyle alansal kaynak olarak girilmiştir. Bu kaynaklara ilişkin veriler Bölüm 3’deki Tablo 3.2-Tablo 3.22’de görüldüğu gibidir. Konutlar alansal kaynak olarak alınmış ve Bölüm 3’de Tablo 3.28’deki veriler modele girilmiştir. Araçlar ise çizgisel kaynak olarak seçilip Bölüm 3’de Tablo 3.30’daki veriler modele girilmiştir.

4.2.3. ISCST3 modeli seçenekleri

ISCST3 modeli, bacadan atmosfere salınan kirleticilerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olmak üzere değişik modelleme seçenekleri sunmaktadır. Bunlar ayrı ayrı çalıştırılabilecekleri gibi birlikte de çalıştırılabilirler.

4.2.3.1. Konsantrasyon

Bu modda sadece havadaki dağılım parametreleri etkin olup gereken meteorolojik veriler rüzgar hızı, rüzgar yönü ve dağılımı tanımlayan kararlılık sınıflarıdır. Bunlara ek olarak bina konfigürasyonları, emisyon debileri ve alıcılarla ilgili veriler gereklidir (Lorber et al., 2000). Bu mod partikül fazındaki kirleticilerin birikimini (kuru ve yaş), kirlilik bulutunda bu birikimden kaynaklanan azalmayı ve kirleticilerin havada uğrayacakları bozunmayı (SO₂ hariç) ihmal eder.

Bu tür modelleme NO_x’lerle ilgili olarak genellikle kısa süreli (1 ile 48 saat arası) atmosferik konsantrasyon tahminlerinde kullanılır. Hava kirletici konsantrasyonları şu şekilde hesaplanır (Zemba et al., 1996; Karademir, 2002):

$$C_y = Q_s \cdot \frac{\chi}{Q_n} \quad (4.1)$$

Burada;

C_y : modellenen kirleticinin havadaki konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),

Q_s : kirleticinin emisyon oranı (mg/s),

χ/Q_n : nominal (birim) emisyon oranı başına modellenen kirleticinin havadaki konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(mg/s).

4.2.3.2. Kuru birikim

Baca gazındaki kirleticiler gaz veya partiküle bağlı şekilde olabilirler. Bacadan çıkmadan önce bazı gazlar partiküller üzerinde yoğunlaşmaya uğrayabilmektedirler. Bacadan çıktıktan sonra partiküller atmosferde dağılırlar ve bir süre sonra çökerek yere, bitkilerin üzerine ya da suya birikirler. Kirletici birikimlerinin tahmin edilmesi, kirleticilerin besin zinciri ile alınması ya da temas yoluyla absorplanması gibi birçok dolaylı maruz kalma yolunun tanımlanmasında önemli bir yer tutar. Kirleticilerin kuru birikimi;

- ✓ partiküller yer çekimi ile çökme ve türbülans ile taşınıp yer yüzeyine ulaştıklarında,
- ✓ gazlar partikül yüzeyine absorplandığı ya da adsorplandığı zaman meydana gelir (Zemba et al., 1996; Karademir, 2002).

Kuru birikim basitçe, belli bir noktada havada bulunan kirletici konsantrasyonu ile birikim hızının çarpımına eşittir (Zapletal, 1998).

$$D_d = C(z) \times V_d \quad (4.2)$$

Burada;

D_d : kirleticinin kuru birikimi ($\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$),

V_d : kirleticinin birikim hızı (m/s),

$C(z)$: z yüksekliğinde kirleticinin konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Birikim hızı (V_d) ise şu şekilde hesaplanır (Yoshida et al., 2001; Karademir, 2002).

$$V_d = \frac{2 \cdot r^2 \cdot \rho_p \cdot g}{9 \cdot v \cdot \rho_a} \quad (4.3)$$

Burada;

r : partikül çapı (cm),

ρ_p : partikül yoğunluğu (g/cm^3),

v : havanın kinematik viskozitesi (cm^2/s),

ρ_a : havanın yoğunluğu ($1.19 \times 10^{-3} \text{ g}/\text{cm}^3$),

g : yerçekimi ivmesi ($9,82 \text{ m}/\text{s}^2$).

Görüldüğü gibi birikim hızı partiküllerin çapı ve yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Bunun için havadaki partiküllerin büyüklük sınıfları belirlenir ve bu sınıflara ilişkin birikim hızlarının, partikül sınıflarının fraksiyonları temelinde ağırlıklı ortalaması alınarak ortalama birikim hızı elde edilebilir (Karademir, 2002).

Gazların birikim hızı ise aşağıdaki şekilde hesaplanır (Zapletal, 1998; Wesely and Hicks, 2000):

$$V_d(z) = \frac{1}{R_a(z) + R_b + R_c} \quad (4.4)$$

Burada;

R_a : türbülans tabakası için aerodinamik rezistans,

R_b : laminarimsi tabaka için laminar tabaka rezistansı,

R_c : alıcı için yüzey ya da örtü (canopy) direnci.

R_a local atmosferik türbülansa, R_b hem türbülans karakteristiğine hem de moleküler difüzyona, R_c ise gazın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile yüzey karakteristiğine bağlı olarak değişmektedir.

Seçilen uygun bir çökme hızı (V_d), kesin olmayan bir büyüklüktür. Bu hız, ölçülen türlerin kimyasal özellikleri, buldukları gaz molekülü ya da partiküllerin büyüklüğü, çökmenin oluşacağı yüzeyin doğası ve rüzgar, türbülans, sıcaklık ve nem gibi o anki atmosferik şartlara bağlıdır ve bu faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Bu nedenle havayla taşınan (airborne) konsantrasyonlardan kuru çökme hızının tahmininde büyük bir belirsizlik ortaya çıkar (Pekey, 2004).

Çeşitli kaynaklara göre, NO ve NO₂ için V_d değerleri Tablo 4.13’de, Çekoslovakya’da arazi türlerine göre, 10 m yüksekliğinde NO_x için hesaplanan yıllık ortalama V_d (mm/s) değerleri ise Tablo 4.14’de görüldüğü gibidir.

Tablo 4.13: Çeşitli kaynaklara göre NO_x’ler için kuru birikim hızları

	Kuru Birikim Hızı (V_d) (mm/s)				Holloway et al. 2002
	Graham et al. 1997	Köhler et al. 1997	Walton et al. 1997		
			Gündüz	Gece	
NO	0,2-1	-	-	-	-
NO ₂	0,1-10	-	0-6	2	-
NO _x	-	2,5	-	-	0-25

Tablo 4.14: Çekoslovakya’da arazi türlerine göre, 10 m yüksekliğinde, NO_x için hesaplanan yıllık ortalama V_d (mm/s) değerleri (Zapletal, 1998)

Arazi Kullanım Türü	V_d (mm/s)
Ormanlık (kozalaklı ağaçların olduğu)	4,2
Ormanlık (her yıl yapraklarını döken ağaçların olduğu)	2,9
Tarımsal	2,0
Otlak	1,9
Kentsel	1,9
Su Yüzeyi	0,1

Daha önce de belirtildiği gibi çalışma alanının %50'si kentsel, %50'si kırsal alan; kırsal alanın da %50'si ekili arazi, %50'si otlak olarak kabul edilmiştir. Buna göre V_d değeri kentsel alanlarda 1,9; ekili alanlarda 2,0 ve otlaklarda 1,9 olarak belirlenmiştir. Bu verilerden hareketle ağırlıklı ortalama $1,9 \text{ mm.s}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

ISCST3 modelinin kuru birikim modunda, kirleticilerin partiküle bağlı oldukları varsayılır ve konsantrasyon modundaki giriş değerlerine ek olarak bacadan çıkan partiküllerin büyüklük dağılımlarının belirlenerek partiküllerin büyüklük kategorilerine göre çapları, kütleli fraksiyonları (yüzdeleri) ve özgül ağırlıklarının girilmesi gerekmektedir (Karademir, 2002). NO_x gazının partiküle absorplanması ya da adsorplanması ile ilgili olarak literatürde herhangi bir bilgiye rastlanılmamıştır. Çalışmanın kapsamı dışından olduğundan model bu seçenekte çalıştırılmamıştır. Ancak NO_x 'lere ilişkin kuru birikim miktarı, 4.2 formülüne dayanarak hesaplandığında, yıllık ortalama $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_x konsantrasyonu için $0,54 \text{ g}/(\text{m}^2.\text{yıl})$ olarak bulunmuştur.

4.2.3.3. Islak birikim

Islak birikim gaz ve partikül fazındaki kirleticilerin yağışlar ile yeryüzüne inmesini ifade eder. Bazı risk değerlendirme çalışmalarında ıslak birikim yolu değerlendirmeye alınmasa da, özellikle yağışlı bölgelerde ıslak birikim yolu, kirleticilerin toprağa ulaşmasındaki baskın yol olabilmektedir (Taşpınar, 2002).

Partiküllerin ıslak birikimle yeryüzüne inmeleri oldukça karmaşık bir olgudur. Islak birikimde kirletici bulutunun dikine yıkanması, partikül ve gazların yağışla sürüklenmesi söz konusudur ve bu olay sadece yeryüzüne yakın yerlerde değil herhangi bir yükseklikte de meydana gelebilmektedir.

Islak birikimin hesaplanmasında genellikle iki yaklaşım mevcuttur. İlk yaklaşım, yağıştaki konsantrasyonun havadaki konsantrasyona oranını ifade eden bir yıkanma oranına (W_c) dayanır. HMIP (1996)'da da önerilen bu yaklaşımla ıslak birikim oranı şu şekilde hesaplanır:

$$D_{yw} = W_c \cdot P \cdot C_y \cdot f_p \quad (4.5)$$

Burada;

D_{yw} : yıllık ıslak birikim oranı ($\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{yıl})$),

W_c : yıkanma katsayısı (birimsiz),

P : yıllık ortalama yağış (m/yıl),

C_y : kirleticinin havadaki konsantrasyonu (gaz+partikül) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),

f_p : partikül fazı fraksiyonu (birimsiz).

Bu yaklaşım partiküllerin yıkanmasını dikkate almaktadır. Diğer yaklaşım ise partikül büyüklüklerine ve yağışın yoğunluğuna bağlı olarak sürüklenme katsayılarının belirlenmesine dayanır. Sürüklenme katsayıları yağmur ve kar için ayrı ayrı verilmekte olup, partikül çapı büyüdükçe artmaktadır. Bu sayılar daha sonra ortalama yağış miktarları ile çarpılır. Sürüklenme katsayısı kirleticinin karakteristiğine (örneğin gazlar için çözünürlük, reaktivlik, partiküller için büyüklük dağılımı) ve yağış türüne (yağmur, kar) bağlıdır.

Dikkate alınması gereken bir diğer konu da gaz halindeki kirleticilerin ıslak birikimidir. Gaz fazındaki kirleticilerin yağmurla sürüklenme oranları, gaz halindeki kirleticilerin havadaki konsantrasyonu ile yağmurdaki çözünürlüğüne bağlıdır. Gazların sürüklenme katsayıları Henry Kanunu Sabiti'nin tersi olarak hesaplanır (Yoshida et al., 2001).

4.5 denklemini, gazlar için yazılırsa;

$$D_{wg} = W_g \cdot P \cdot C_y \cdot f_v \quad (4.6)$$

Burada;

D_{wg} : gazların yıllık ıslak birikim oranı ($\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{yıl})$),

W_g : gazlar için yıkanma katsayısı (birimsiz),

P : yıllık ortalama yağış (m/yıl),

Cy : kirleticinin havadaki konsantrasyonu (gaz+partikül) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),
fv : buhar fazı fraksiyonu (birimsiz).

Gazlar için yıkanma katsayısı (W_g), Henry kanunu sabiti ile ters orantılı olup şu şekilde hesaplanır (Jaarsveld et al., 1997; Karademir, 2002):

$$W_g = \frac{R.T}{H} \quad (4.7)$$

Burada;

H : henry kanunu katsayısı ($\text{atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$),
R : ideal gaz sabiti ($0,082061 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3/\text{mol} \cdot \text{K}$),
T : ortalama yıllık sıcaklık ($^{\circ}\text{K}$).

ISCST3 modeli de gazların ve partiküllerin ıslak birikimini hesaplarırken bu yaklaşımı kullanmaktadır. Modeldeki ıslak birikim hesaplamaları ile ilgili bir durum, ıslak birikim algoritmalarının güvenilirliğidir. Kavramsal açıdan basit olmalarına karşın ıslak birikim modellerine ilişkin geçerlilik çalışmaları henüz ayrıntılı bir şekilde yapılmış değildir ve bu modellerin ıslak birikimi olduğundan birkaç kat daha büyük olarak tahmin ettikleri yolunda yaygın bir görüş mevcuttur (Zemba et al., 1996; Karademir, 2002).

ISCST3 modelinde ıslak birikim hesaplamaları için, kuru birikim hesaplamaları için gereken parametrelere ek olarak saatlik yağış verileri ve sürüklenme katsayıları gerekmektedir. NO ve NO₂ olarak ıslak birikimin olmaması, HNO₃ ya da NH₄NO₃ formunda ıslak birikimin olması ancak bunun çalışma kapsamında olmaması nedeniyle model bu seçenekte çalıştırılmamıştır. NO ve NO₂'nin ne kadarının HNO₃ ya da NH₄NO₃ formuna dönüştüğü ile ilgili literatürde herhangi bir bilgiye rastlanılmadığından 4.6 ve 4.7 nolu formüllere dayanarak hesaplama yapılamamıştır.

Model konsantrasyon modunda çalıştırılmış ve konuya ilişkin ayrıntılı sonuçlar Bölüm 6'da verilmiştir.

BÖLÜM 5. NO_x EMİSYONLARININ ÖLÇÜM YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

5.1. Ölçüm İstasyonları

Kocaeli İli'nin, doğu-batı yönünde 26 km, kuzey-güney yönünde 10,5 km olmak üzere toplam 273 km²'lik bir alanında ölçüm istasyonları belirlenmiştir. Bu istasyonlar, modelleme sonucunda elde edilen kirleticinin yıllık dağılım grafiği göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Bu grafiğe göre kirliliğin maksimum olduğu körfez bölgesinde 3 nokta belirlenirken, körfezin kuzeyinde 2, güneyinde 2, doğusunda 3 olacak şekilde toplam 10 nokta belirlenmiştir. İstasyonlar Tablo 5.1'de, istasyon yerleri ise Şekil 5.1'de görüldüğü gibidir.

Tablo 5.1: Ölçüm istasyonları

Sıra No	Ölçüm İstasyonu
1	YENİKÖY-Teknopark Binası
2	YAHYA KAPTAN-Ticaret Merkezi
3	İZMİT-KOÜ Anıtpark Binası
4	KÖSEKÖY-Köseköy Meslek Yüksek Okulu
5	KÖRFEZ-Tüpraş
6	KÖRFEZ-İgşaş
7	KÖRFEZ-Petkim
8	DEĞİRMENDERE-Atatürk Cad.
9	SOPALI-Devlet Hastanesi
10	YUVAM-Hasan Tahsin Cad.

Ölçüm İstasyonlarının Özellikleri:

YENİKÖY-Teknopark Binası; konut yoğunluğunun düşük olduğu, var olan konutların da seyrek dağıldığı, yeşil alan oranının yüksek olduğu, deniz etkilerini alan, rüzgarın etkisiyle yoğunlaşmanın dağılabildiği, sanayi kuruluşunun az sayıda olduğu bir bölgedir. Bölgede, deniz kıyısında Serbest Bölge ve Bingo Fabrikası bulunmakta ayrıca bölgeden D130 karayolu geçmektedir.

YAHYA KAPTAN-Ticaret Merkezi; konut yoğunluğu yüksek olan bir alandır ve tüm konutlarda doğal gaz kullanılmaktadır. Yerleşim alanının kuzeyinden TEM otoyolu, güneyinden D-100 karayolu geçmektedir. Her iki yolun da araç geçiş yoğunluğu oldukça yüksektir. Ayrıca kuzeyinde otogar bulunmaktadır. Şehirlerarası otobüsler ve ilçelere kalkan minibüslerin oluşturduğu trafik yoğundur. Ölçüm yapılan okul bahçesi ticaret merkezinin karşısında olup önünden mahalle içi trafiğin en yoğun olduğu yol geçmektedir. Bu yolda özellikle sabah ve akşam saatlerinde araç geçiş yoğunluğunda belirgin bir artış gözlenmektedir. Yerleşim alanı ayrıca sanayi tesislerine çok yakındır. Yörede, özellikle lastik sanayi etkindir.

İZMİT-KOÜ Anıtpark Binası; yerleşim ve trafik yoğunluğunun oldukça yüksek olduğu bir bölgedir. Anıtpark'ın önemli bir özelliği Perşembe günleri semt pazarının kurulmasıdır. Semt pazarının kurulduğu ve dağıldığı saatlerde yoğun bir araç trafiği görülmektedir. Bunun dışında Gölcük ve kent merkezi yönünden gelen araç trafiğinin getirdiği yoğunluk Perşembe dışı günlerde de devam etmektedir. Kent merkezinde doğal gaza geçilmeden önceki yıllarda 100 m kadar kuzeyde Santral adıyla anılan yerde yapılan düzenli SO₂ ve PM ölçümlerinde yüksek değerler saptanmaktaydı. Anıtpark, bu anlamda kirliliğin yoğun olarak belirlendiği bir alandır.

KÖSEKÖY-Köseköy Meslek Yüksek Okulu; ölçüm istasyonunun bulunduğu yöre, yerleşim, trafik ve sanayi yoğunluğunun düşük olduğu ve hava akımlarının rahatça dolaşabildiği bir bölgedir.

KÖRFEZ-Tüpraş; sanayi kuruluşlarının yoğun olduğu, ayrıca yükleme boşaltma, taşıma işlerine katılan özellikle kamyon yoğunluğunun olduğu bir alandır. Deniz etkilerini alan ve rüzgarın etkisiyle kirliliğin dağılabileceği bir bölgedir.

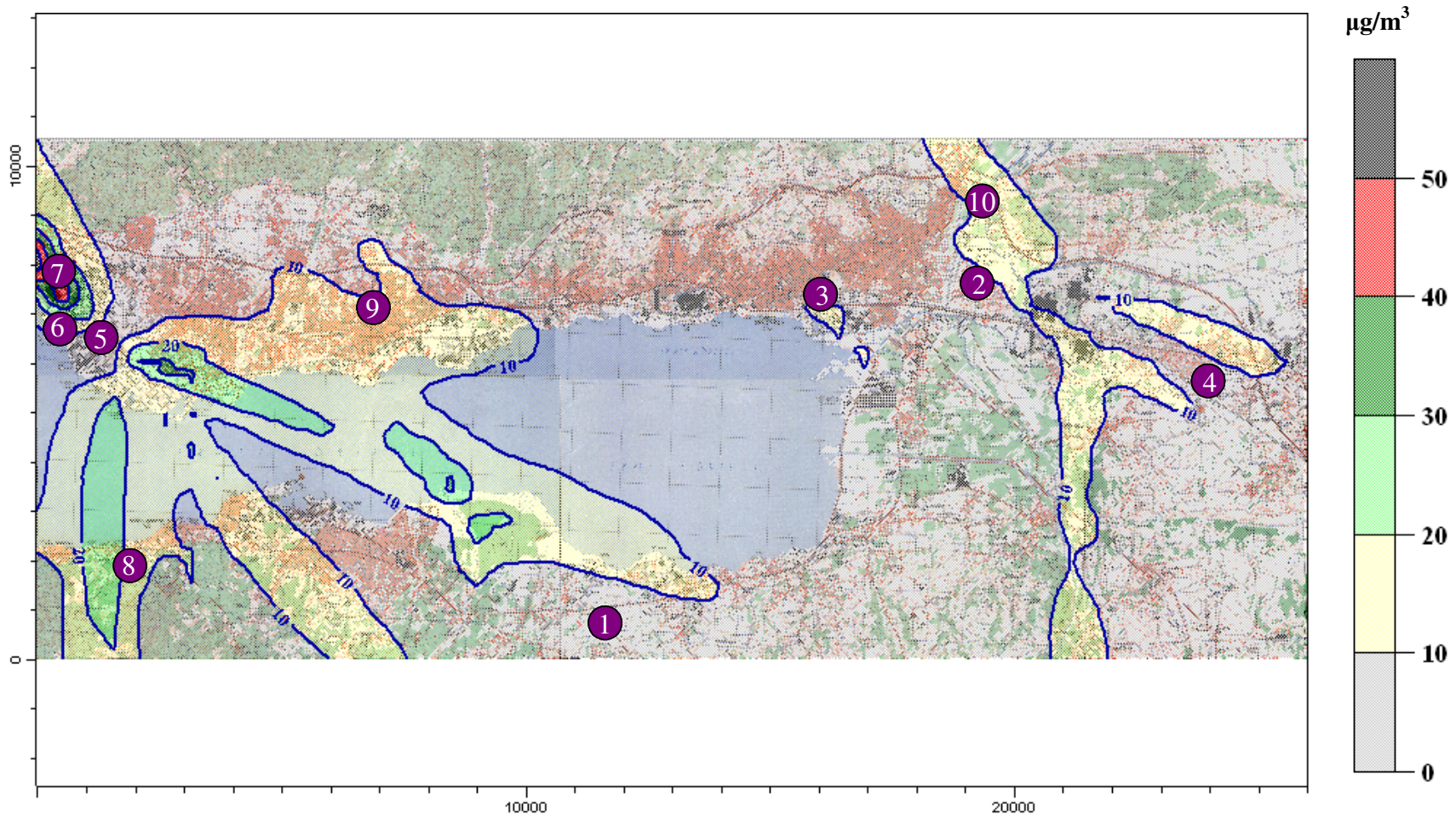
KÖRFEZ-İğsaş; sanayi kuruluşlarının yoğun olduğu, ayrıca yükleme boşaltma, taşıma işlerine katılan özellikle kamyon yoğunluğunun olduğu bir alandır. Deniz etkilerini alan ve rüzgarın etkisiyle kirliliğin dağılabileceği bir bölgedir.

KÖRFEZ-Petkim; sanayi kuruluşlarının yoğun olduğu bir bölgedir. Deniz etkilerini alan ve rüzgarın etkisiyle kirliliğin dağılabileceği bir bölgedir.

DEĞİRMENDERE-Atatürk Caddesi; ölçüm istasyonunun bulunduğu yerin merkezi bir yer olması nedeniyle, trafik ve konut yoğunluğunun yüksek olduğu bir yerdir. Ancak bölge deniz kıyısında olduğundan hava akımlarının kirliliği dağıttığı bir bölgedir.

SOPALI-Devlet Hastanesi; denizden uzaklığı yaklaşık 1 km olan Sopalı ölçüm noktasının, denizden yüksekliği 50 m dolayındadır. Rüzgar etkilerine oldukça açık bir alandır. Bölgede hastanenin olması ve buna bağlı olarak oluşan trafik yoğunluğu ile yörede yoğun bir konutlaşma olması ve sanayi tesislerine uzak bir bölge olması nedeniyle bu bölgede trafik ve evsel kaynaklı kirlilik etkili olmaktadır.

YUVAM-Hasan Tahsin Caddesi; denizden yaklaşık 5-6 km içeride ve kent merkezinin kuzeydoğusunda denizden yüksekliği yaklaşık 150 m ve tepe üzerinde, yoğun konutlaşmanın olduğu bir bölgedir. Bölgeyi, İzaydaş yakma tesisi dışında etkileyebilecek bir sanayi tesisi yoktur. Hava akımlarının kirliliği dağıttığı bir bölgedir.



Şekil 5.1: Ölçüm noktaları

5.2. Ölçüm Yöntemi

Örnekleme, aktif örnekleme tekniği ile yapılmıştır. 200 E Model NO_x ölçüm cihazı kullanılmıştır. Akış diyagramı Şekil 5.2’de görülmektedir.

Model 200E (M200E)’nin ölçüm prensibi kimyasal ışımadır. NO molekülü O₃ molekülü ile çarpıştığı zaman kimyasal reaksiyon sonucu NO₂ ve O₂ oluşur (Reaksiyon 5.1). NO₂ çarpışma esnasında açığa çıkan enerjiyi tutar ve böylece uyarılmış formda kalır.

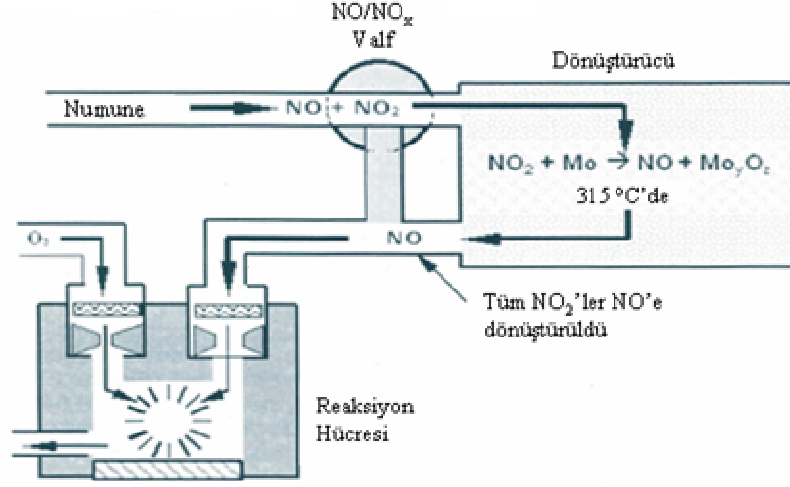


Kararlı yapıda olmadığı için NO₂ molekülü sonraki adımda hemen yer seviyesine geri döner. Yaklaşık 1200 nm de bir tepe yaparak, 600 ve 3000 nm arasında dalga boylu enerji açığa çıkar (Reaksiyon 5.2). NO konsantrasyonu bu ışımının yoğunluğu ölçülerek belirlenir.



M200E cihazı sadece NO’i ölçer. NO₂ ölçmez. NO₂’ler bir kimyasal reaksiyon dönüştürücüden geçirilerek NO’e dönüştürülür. Bu dönüştürücüde molibden kullanılarak NO₂ 315 °C’de indirgenir (Reaksiyon 5.3). NO₂ dönüşüm prensibi Şekil 5.3’de görülmektedir. Dönüştürücüde NO₂’ler NO’e indirgenerek toplam NO_x (NO+NO₂)’ler belirlenir. NO₂ konsantrasyonu ise iki ölçüm arasındaki farktan hesaplanarak bulunur.





Şekil 5.3: NO₂ dönüşüm prensibi

Araştırma alanı içerisinde belirlenen 10 istasyonda ortam havasında NO_x ölçümleri, 21 Aralık 2005 tarihinden 6 Temmuz 2006 tarihine kadar, 6,5 aylık süreyi içermektedir. Örnekleme süresi; saatlik, günlük, hafta içi-hafta sonu ve mevsimsel değişimi ortaya koyacak şekilde seçilmiştir.

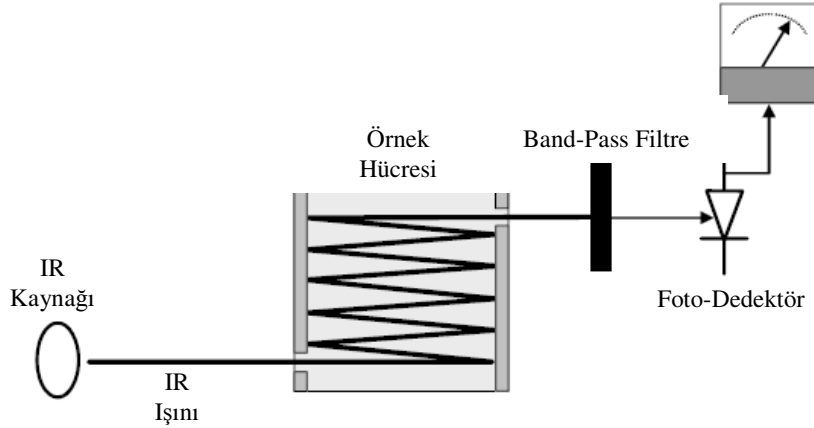
Belirlenen istasyonlarda yapılan ölçümler; kış, bahar ve yaz mevsimlerinde toplam, Yeniköy'de 23 gün (486 saat), Yahya Kaptan'da 24 gün (500 saat), İzmit-Anıtpark'da 30 gün (632 saat), Köseköy'de 16 gün (337 saat), Körfez-Tüpraş'da 13 gün (262 saat), Körfez-İgşaş'da 32 gün (692 saat), Körfez-Petkim'de 16 gün (333 saat), Değirmendere'de 26 gün (554 saat), Sopalı'da 14 gün (291 saat) ve Yuvam'da 16 gün (342 saat) şeklindedir.

25 Mart 2006 tarihinden 6 Temmuz 2006 tarihine kadar, yaklaşık 3,5 ay, NO_x-CO ilişkisini belirlemek üzere NO_x ölçümleri ile beraber CO ölçümleri de yapılmıştır. CO ölçümleri, NO_x ölçümlerinde olduğu gibi aktif örnekleme tekniği ile yapılmış, örneklemede 300E Model CO cihazı kullanılmıştır. Cihazın ölçüm prensibi Beer Kanunu'dur. Bu kanun, özel dalga boyundaki ışığın, belirli bir mesafede gaz molekülü tarafından absorplanması olarak tanımlanmaktadır. Matematiksel ilişki:

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha Lc} \quad (5.1)$$

- I_0 : absorplanmayan ışığın yoğunluğu,
 I : absorplanan ışığın yoğunluğu,
 L : ışığın absorplanana kadar katettiği mesafe,
 c : absorplanan gazın konsantrasyonu (CO),
 α : absorpsiyon katsayısı.

şeklinde. Model 300E, görünür IR bandında temel ışın oluşturmak için yoğunluğu bilinen yüksek enerjili ısıtılmış element kullanır. Bu ışın örnekle dolu hücreden direk olarak geçirilir. Örnek hücresi her iki tarafı da, IR ışınının geri ve dışarıya doğru yansıtılması için ayna ile kaplıdır. Absorpsiyon yolu uzunluğu Model 300E için 14 metre, aynalar arasındaki mesafe 437,5 mm ve yansıma sayısı 32'dir. Örnek hücresinin çıkışının üstünde, sadece 4,3 µm dalga boylu ışığın geçmesine izin veren band-pass filtre boyunca ışın saçılır. Saçılan ışın, ışık sinyallerini voltaj sinyallerine çeviren fotodedektör tarafından okunur (Şekil 5.4).



Şekil 5.4: Model 300E CO cihazı ölçüm prensibi

Her iki cihazın kalibrasyonu TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından yapılmıştır.

5.3. Ölçüm Sonuçları

Grafik çizimlerdeki saatlik ölçüm sonuçlarının belirlenmesi; NO_x cihazındaki, dakikalık ölçüm sonuçlarının 10 dakikalık aritmetik ortalaması şeklinde kayıtlı olan ölçüm değerlerinin, ortanca (medyan) değerleri alınarak saatlik veriler elde

edilmiştir. Verilerde sapan değerler olduğunda ortanca, verileri aritmetik ortalamadan daha iyi betimleyeceği için ortanca değerleri tercih edilmiştir (Gazi, 2006). Bulunan saatlik değerler, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik) (HKDYY) ve Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik) (WHO) ile karşılaştırılmıştır.

Grafik çizimlerdeki günlük ölçüm sonuçlarının belirlenmesi; günlük verilerde %95'lik santil değerleri kullanılmıştır. HKDYY ve HKKY (Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği)'de "kısa vadeli standartlar", tüm ölçüm sonuçlarının sayısal değerleri günlük ortalamalar veya istatistikler şeklinde büyüklük olarak düzenlendiğinde, ölçüm sonuçlarının %95'ini aşmaması gereken değerler (%95 santil değerleri) olarak tanımlanmaktadır. Günlük ölçüm sonuçları HKDYY ve HKKY'deki kısa vadeli standartlar ile karşılaştırıldığından günlük verilerin elde edilmesinde, saatlik ölçüm sonuçlarının (24 saat) %95'lik santil değeri kullanılmış ve grafiklendirilerek standartlarla karşılaştırılmıştır.

Mevsimsel değişim ve sıcaklıkla değişim grafiklerinde de günlük değerler kullanıldığından, bunlar da %95'lik santil değerlerdir.

NO_x-CO ilişkisini değerlendirmek üzere çizilen grafiklerde ise saatlik veriler kullanılmıştır. Bu veriler dakikalık ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalamasıdır.

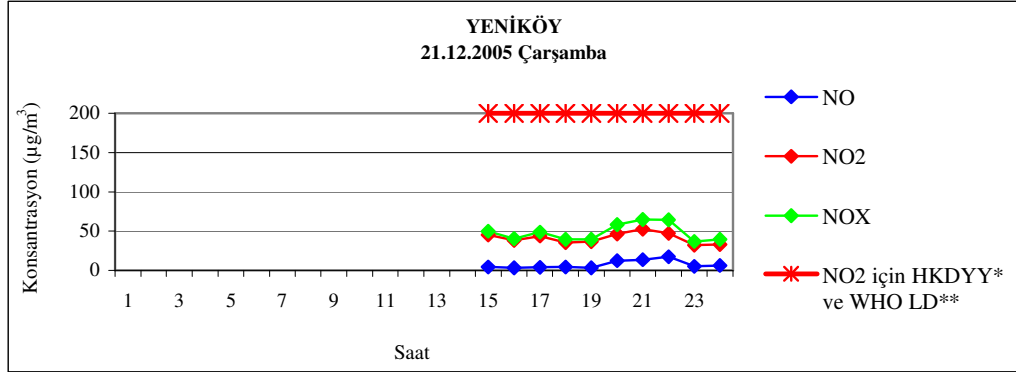
5.3.1. Yeniköy ölçüm istasyonu

5.3.1.1. Saatlik değişimler

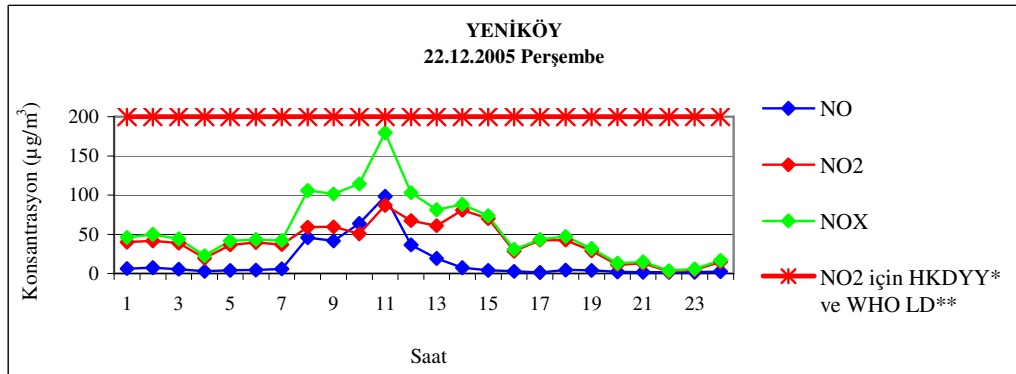
5.3.1.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

Yeniköy ölçüm istasyonunda 21.12.2005 ile 28.12.2005 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.5'de görüldüğü gibidir. Tüm grafikler incelendiğinde özellikle sabah saatlerinde (07:00-11:00 civarı) konsantrasyonlarda artış gözlenmektedir. 22.12.2005 Perşembe ve 26.12.2005 Pazartesi tarihleri en yüksek konsantrasyonların olduğu günler olmuş, ancak sınır değerleri aşan konsantrasyonlar

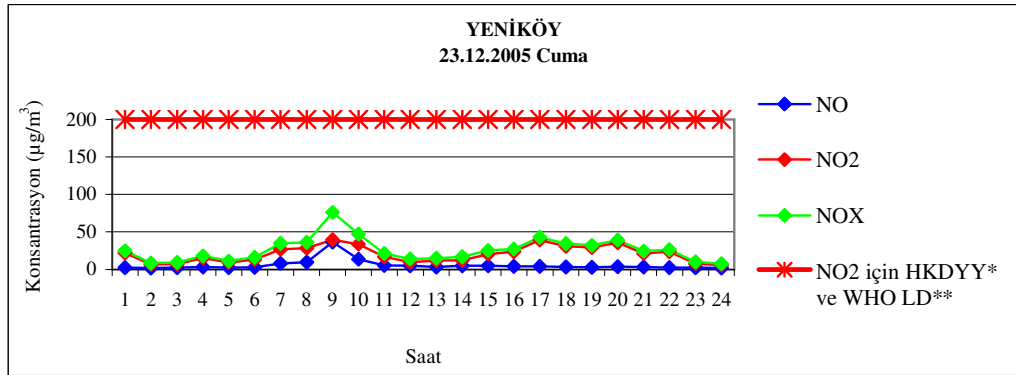
görülmemiştir. Konsantrasyon yükselmelerinde karayolu trafik yoğunluğunun etkisi olduğu söylenebilir. Ayrıca ölçüm yapılan binanın doğusunda deprem sonrası kurulan kalıcı konutların varlığı dikkate alınırsa gün boyu ısınma amaçlı yakmanın da etkili olduğu düşünülebilir.



(a)

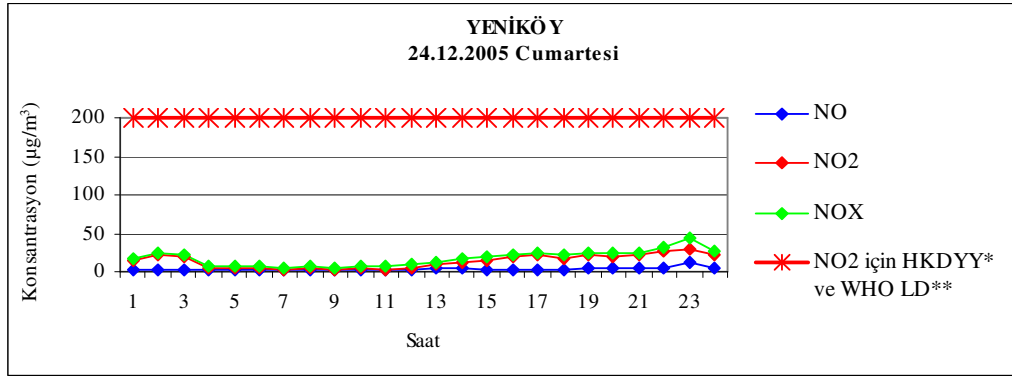


(b)

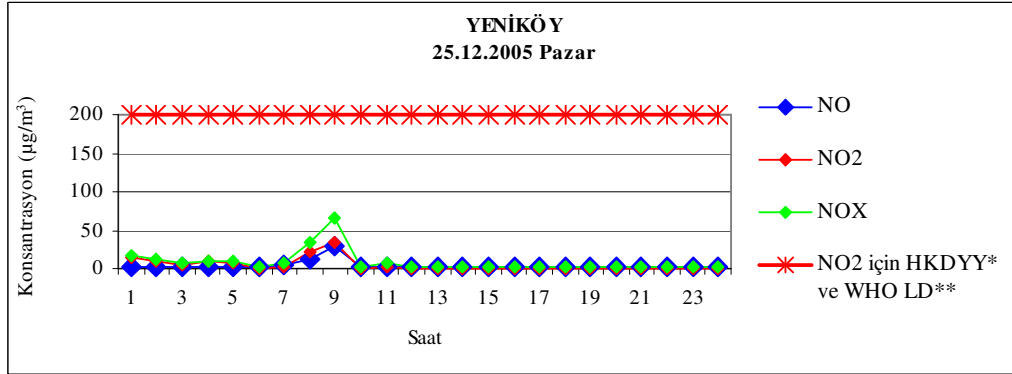


(c)

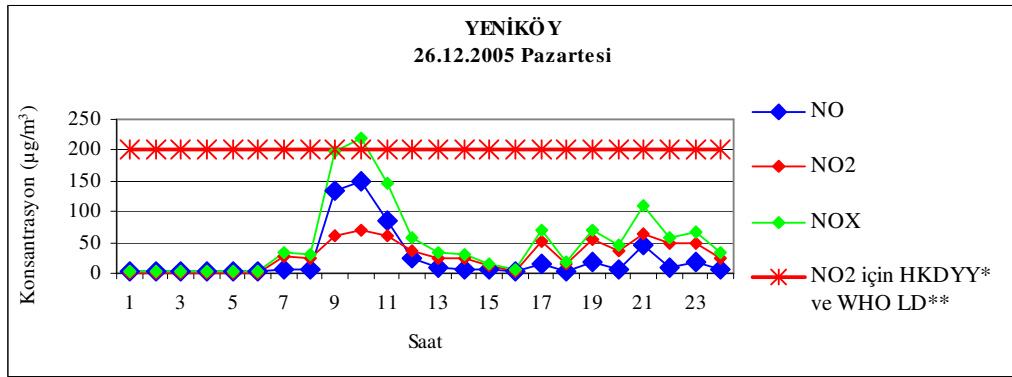
Şekil 5.5: Yeniköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

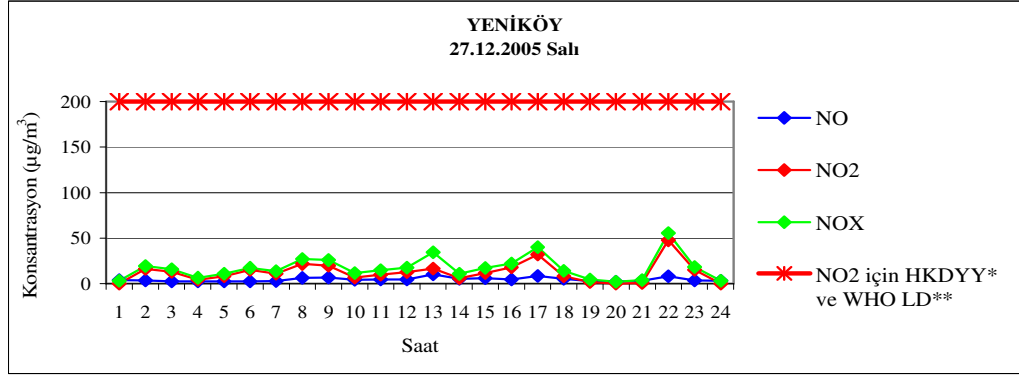


(e)

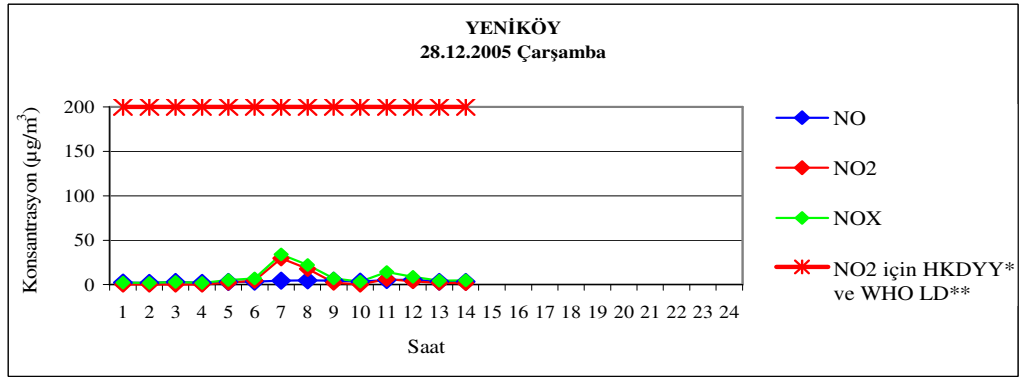


(f)

Şekil 5.5 (devam): Yeniköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

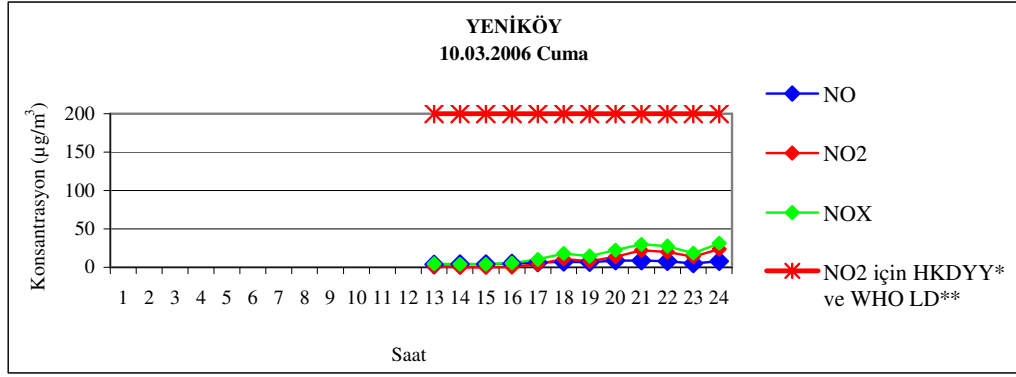
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

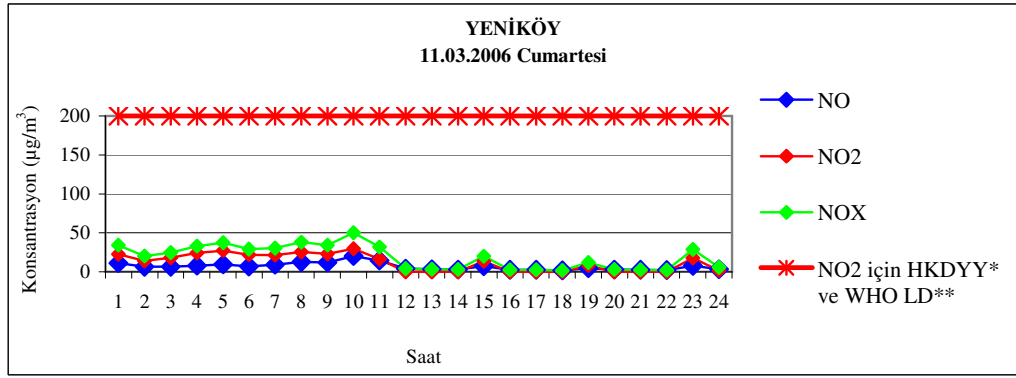
Şekil 5.5 (devam): Yeniköy ölçüm istasyonundaki kış örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.1.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları

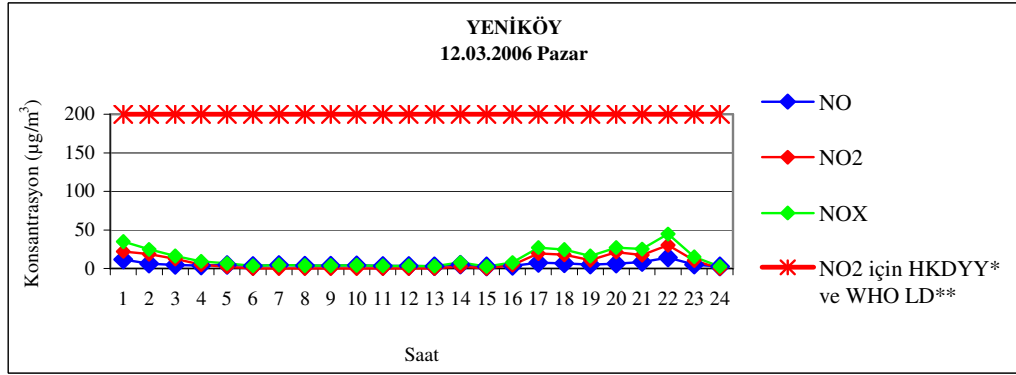
Yeniköy ölçüm istasyonunda 10.03.2006 ile 17.03.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.6'da görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, konsantrasyon yükselmelerinin farklı günlerde farklı saatlere denk geldiği gözlenmektedir. Dikkati çeken bir nokta 8 grafiğin 6'sında gece saat 24:00'dan sonra konsantrasyon yükselmesidir. Bu saatlerde kalorifer yanmaları en düşük seviyelerde olduğu için bu yükselmenin ısınma kaynaklı olabileceği düşünülemez. Ancak trafik ya da sanayi kaynaklı olabileceği düşünülebilir.



(a)

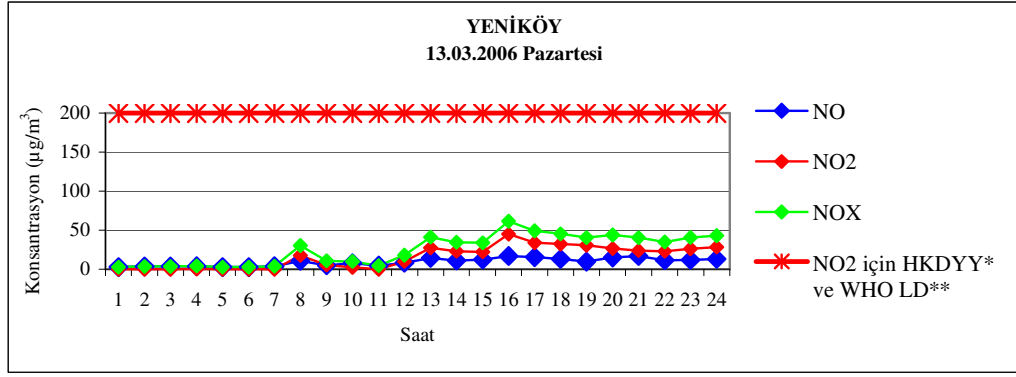


(b)

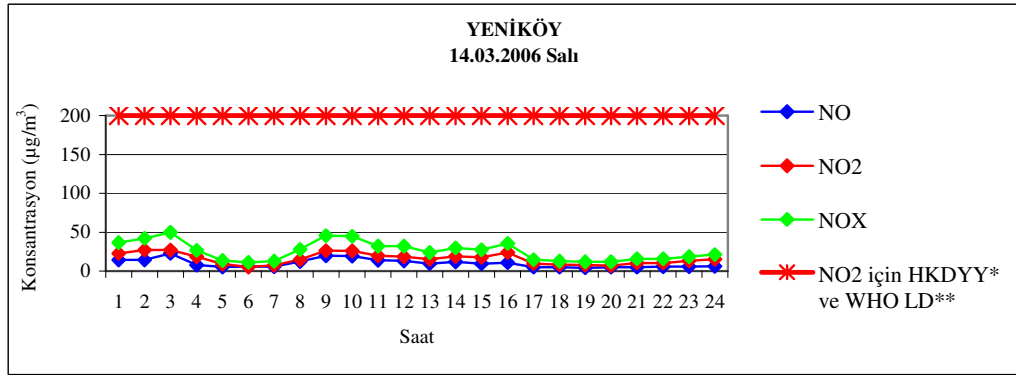


(c)

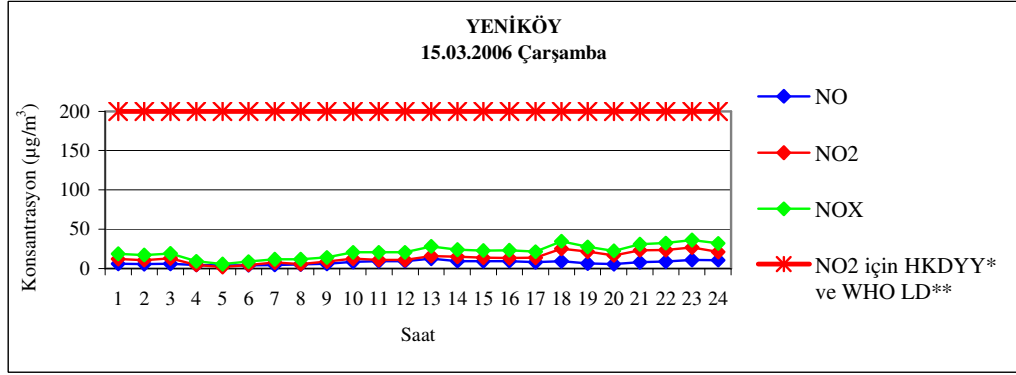
Şekil 5.6: Yeniköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

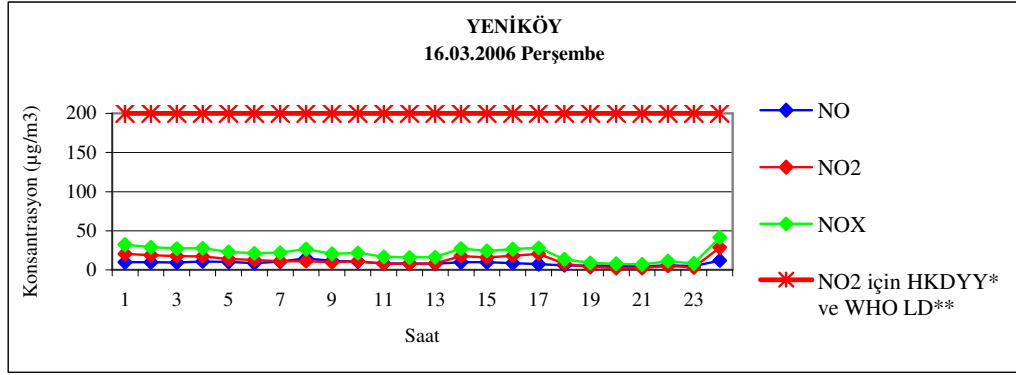


(e)

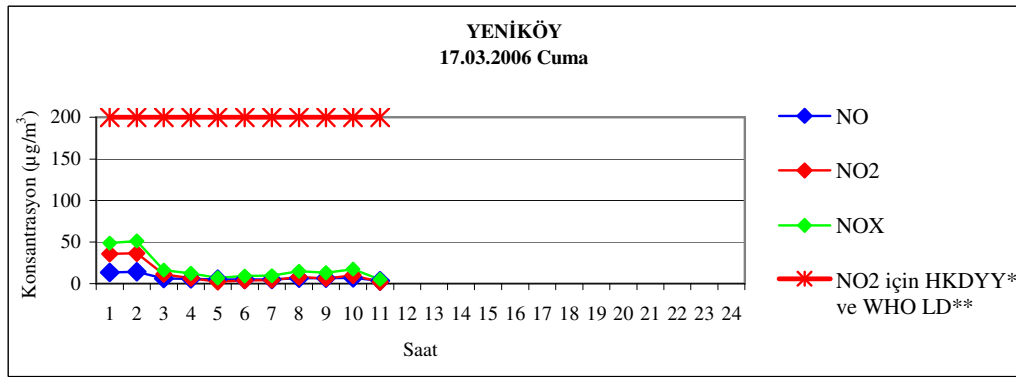


(f)

Şekil 5.6 (devam): Yeniköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

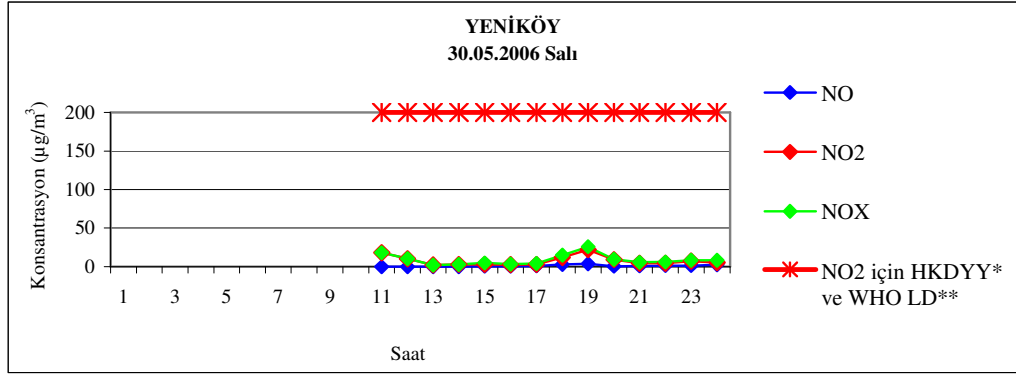
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

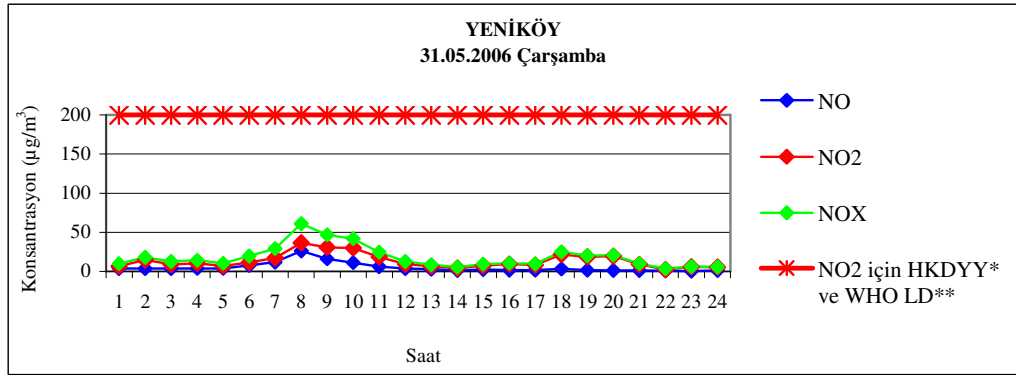
Şekil 5.6 (devam): Yeniköy ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.1.1.3. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları

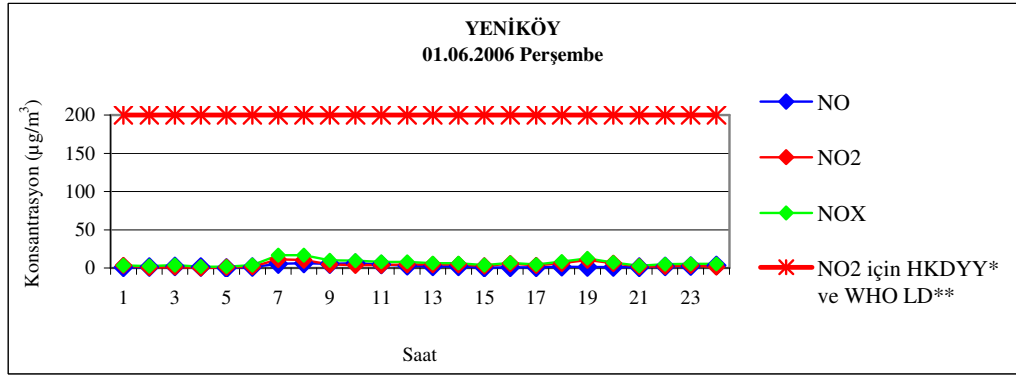
Yeniköy ölçüm istasyonunda 30.05.2006 ile 05.06.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.7’de görüldüğü gibidir. Konsantrasyonlar, kış mevsimi ile kıyaslandığında oldukça azaldığı, ancak bahar mevsimine göre çok farklı olmadığı gözlenmektedir. Sabah (07:00-11:00 arası) ve akşam (17:00-21:00 arası) saatlerinde artışlar olmakla birlikte genelde konsantrasyonlar 50 µg/m³’ün altında seyretmektedir. Bu konsantrasyon sadece 31.05.2006 Çarşamba tarihinde aşılmıştır.



(a)

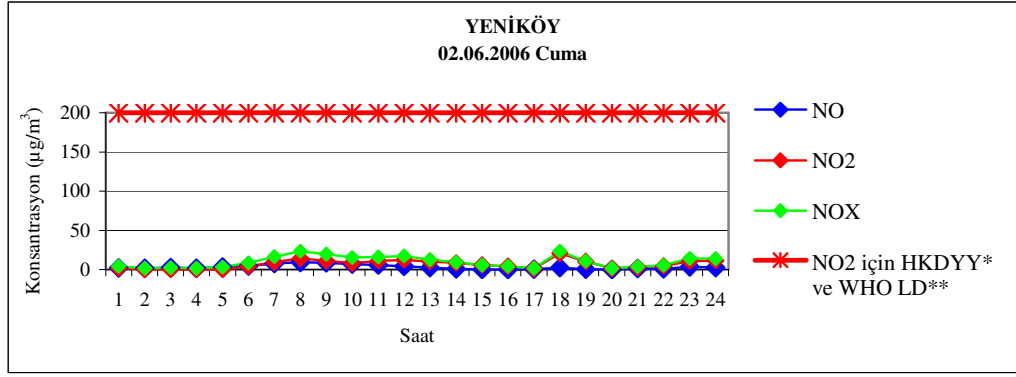


(b)

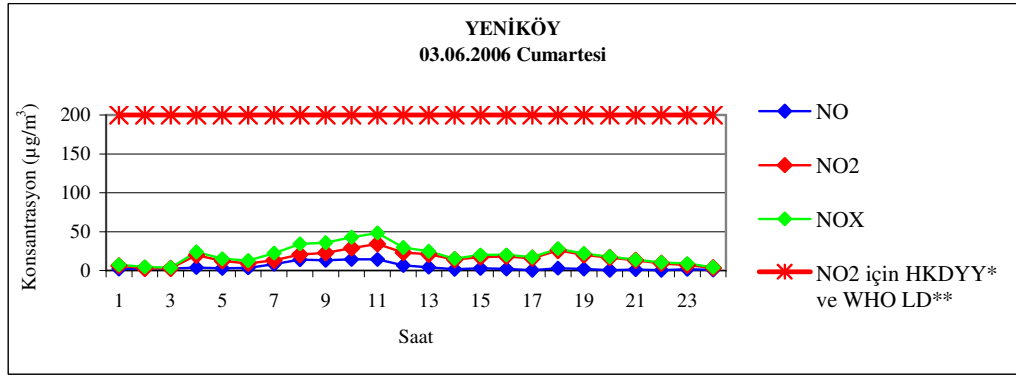


(c)

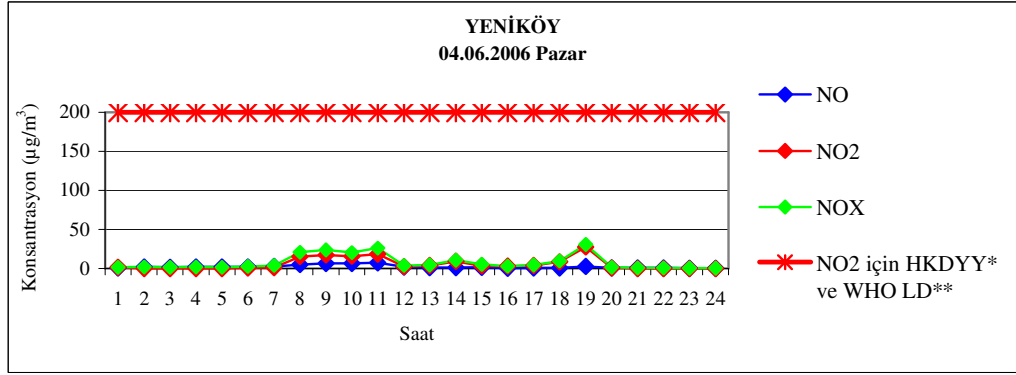
Şekil 5.7: Yeniköy ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

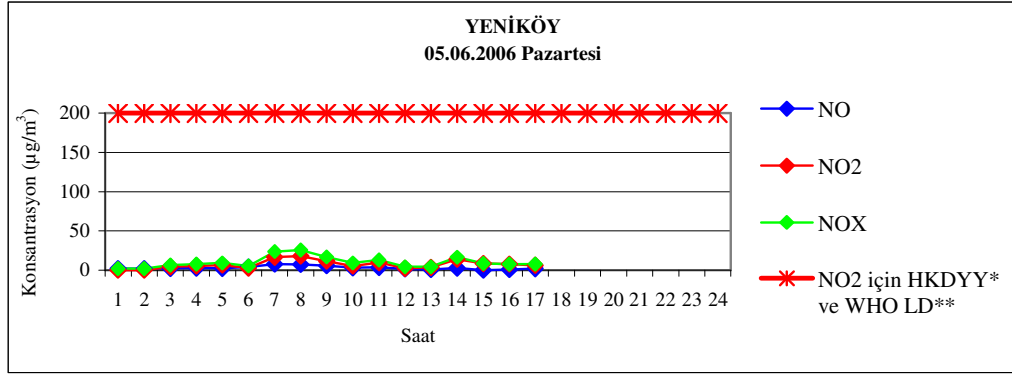


(e)



(f)

Şekil 5.7 (devam): Yeniköy ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)

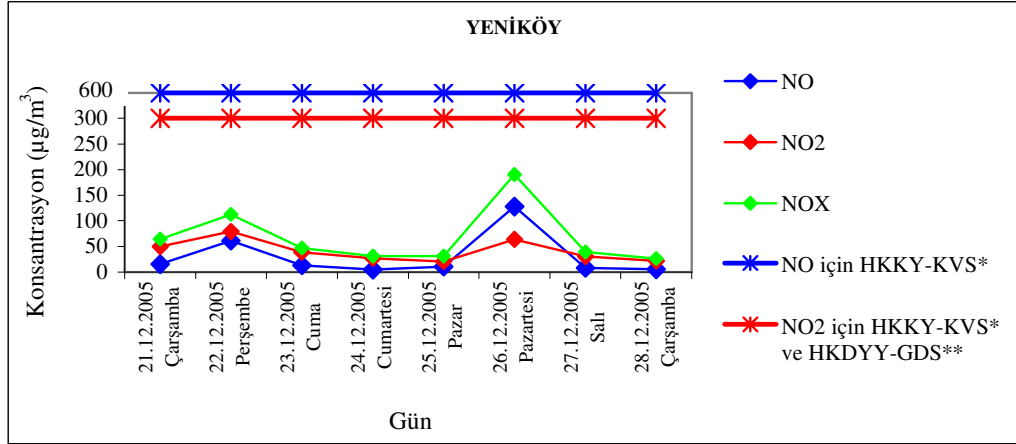
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

Şekil 5.7 (devam): Yeniköy ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.1.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri

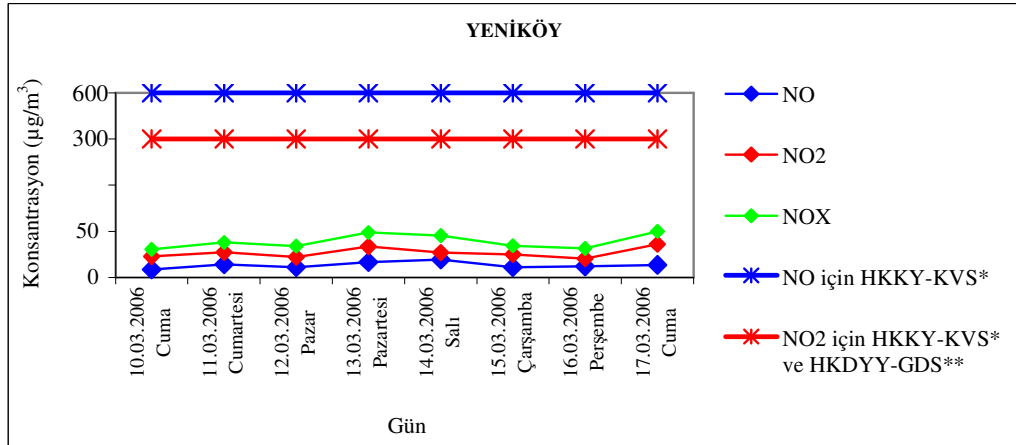
Yeniköy ölçüm istasyonunda 21.12.2005-28.12.2005, 10.03.2006-17.03.2006 ve 30.05.2006-05.06.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimleri Şekil 5.8-Şekil 5.10'da görüldüğü gibidir. Günlük grafikler incelendiğinde NO_x konsantrasyon aralığının, kış mevsimindeki 26.12.2005 Pazartesi tarihli 191 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile yaz mevsimindeki 01.06.2006 Perşembe tarihli 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu gözlenmektedir. Hafta içi-hafta sonu açısından değerlendirildiğinde, kış, bahar ve yaz mevsimlerinin tümünde hafta içi konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu da trafiğin, hafta içi yoğunluğu sebebiyle etkili olduğunu düşündürmektedir.



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

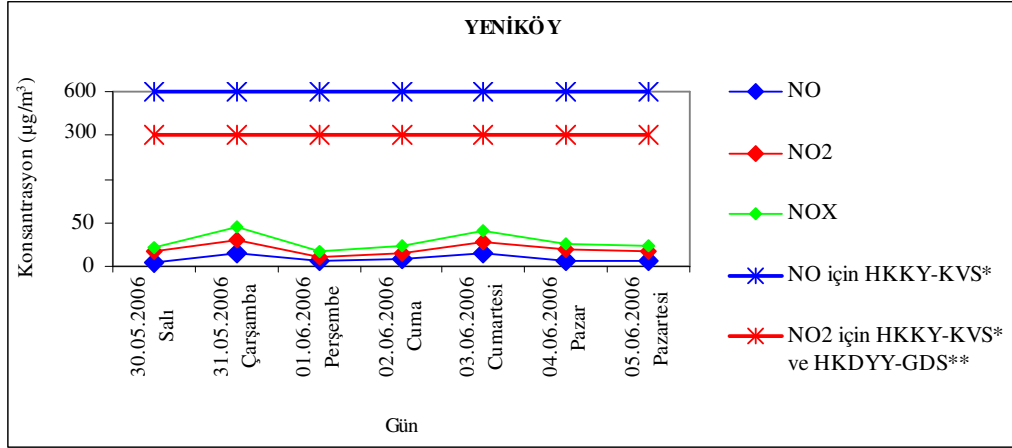
Şekil 5.8: Yeniköy ölçüm istasyonundaki kış örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.9: Yeniköy ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



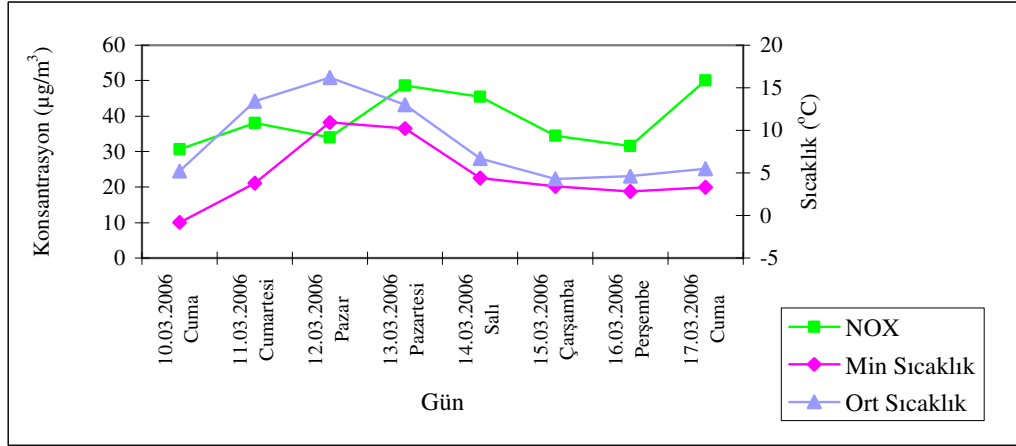
*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

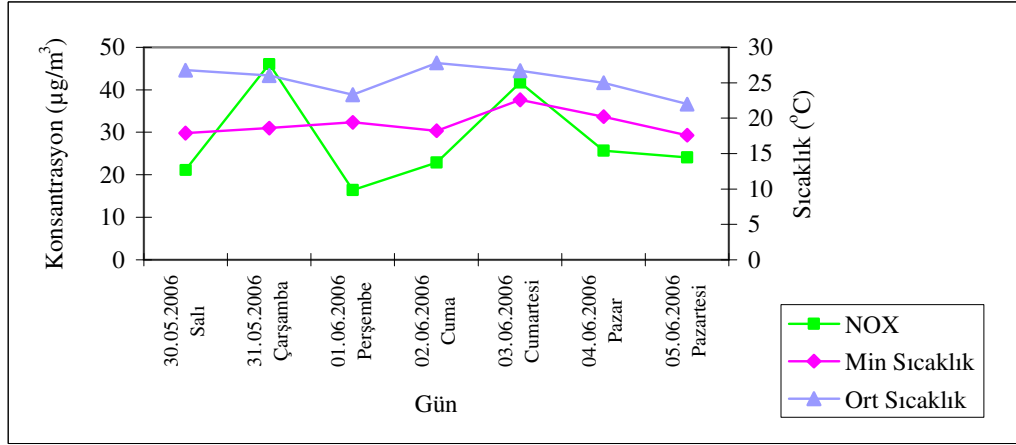
Şekil 5.10: Yeniköy ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi

5.3.1.3. Mevsimsel değişim

Yeniköy ölçüm istasyonunda 21.12.2005-28.12.2005, 10.03.2006-17.03.2006 ve 30.05.2006-05.06.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının mevsimsel değişimi Şekil 5.11’de görüldüğü gibidir. Mevsimsel olarak ölçüm sonuçları incelendiğinde, kış mevsimindeki yüksek konsantrasyonların bahar ve yaz mevsimlerinde düştüğü görülmektedir. Hava sıcaklıkları incelendiğinde, kış mevsiminde ortalama sıcaklığın 1-15 °C arasında ve min sıcaklığın (-2)-12 °C arasında, bahar mevsiminde ortalama sıcaklığın 4-16 °C arasında ve min sıcaklığın (-1)-11 °C arasında, yaz mevsiminde ise ortalama sıcaklığın 22-28 °C arasında ve min sıcaklığın 18-23 °C arasında seyrettiği gözlenmektedir. Yaz mevsimindeki sıcaklık artışı ve dolayısıyla yakıt tüketimin oldukça azalmasına (yakıtın sadece sıcak su eldesi için kullanılması, ısınma amaçlı kullanılmaması) bağlı olarak konsantrasyonların bahar mevsimine oranla daha düşmesi beklenirken, düşmediği görülmektedir. Bu durum bölgede, trafiğin ve az sayıda da olsa sanayinin NO_x konsantrasyonlarında etkili olduğunu düşündürmektedir.



Şekil 5.13: Yeniköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi



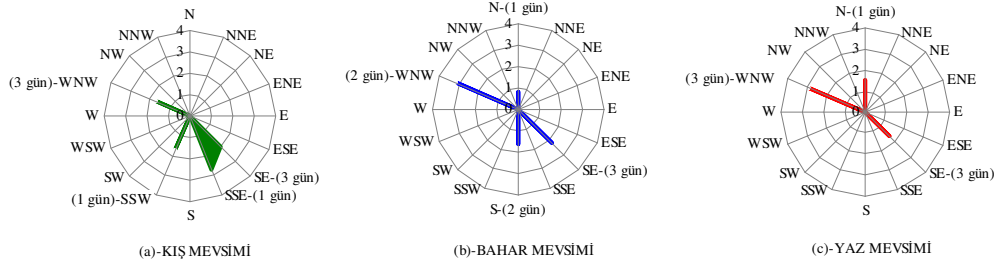
Şekil 5.14: Yeniköy ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

5.3.1.5. Rüzgar verileri

Ölçüm yapılan tarihlerdeki ortalama rüzgar bilgileri (Ek-3) incelendiğinde, rüzgarın kış mevsimi ölçümleri esnasında en fazla SE ve WNW yönlerinden (max 2 m/s ve 1,7 m/s hızla), bahar mevsimi ölçümleri esnasında en fazla SE yönünden (max 2,2 m/s), yaz mevsimi ölçümleri esnasında ise WNW ve SE yönlerinden (max 2,9 m/s ve 1,6 m/s hızla) estiği gözlenmiştir (Şekil 5.15).

Bölgenin SE yönünde önemli olabilecek NO_x kaynağı bulunmamakta, ancak WNW yönünde NO_x kaynakları bulunmaktadır. Dolayısıyla bu bölgenin, kış ve yaz

mevsimlerindeki ölçümler esnasında ağırlıklı olarak WNW yönünden gelen trafik, sanayi ve konut kaynaklı NO_x emisyonlarına da maruz kaldığı düşünülmektedir.



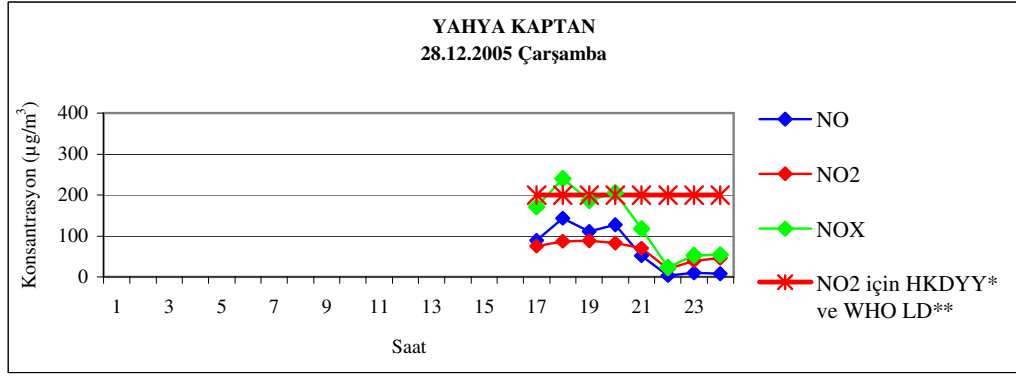
Şekil 5.15: Rüzgar verileri-Yeniköy

5.3.2. Yahya Kaptan

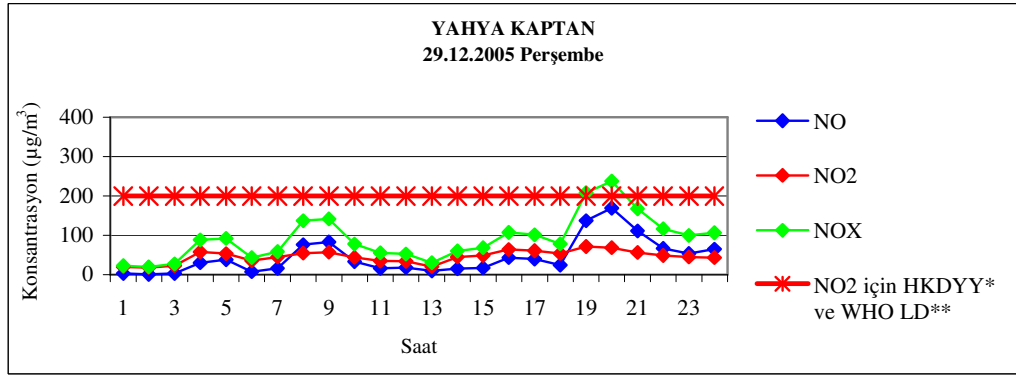
5.3.2.1. Saatlik değişimler

5.3.2.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

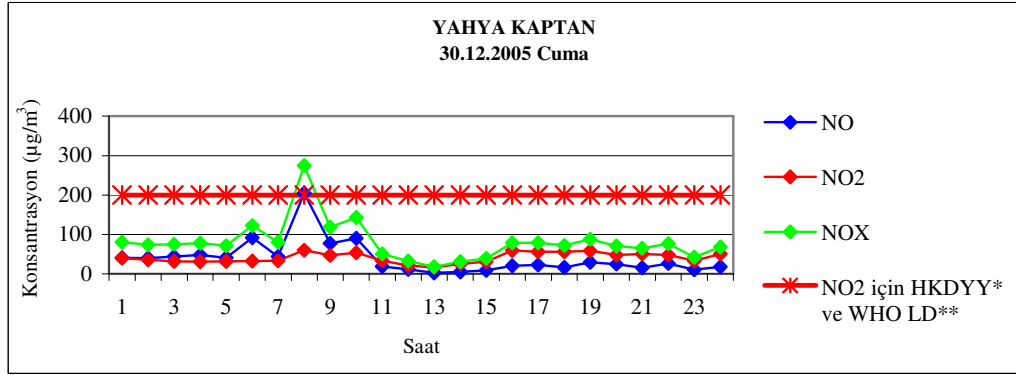
Yahya Kaptan ölçüm istasyonunda 28.12.2005 ile 04.01.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.16'da görüldüğü gibidir. Grafikler incelendiğinde, Yahya Kaptan bölgesinde kışın özellikle sabah saatlerinde (07:00-11:00 arası) ve akşam saatlerinde (17:00 sonrası) NO_x konsantrasyonlarında artış olduğu görülmektedir. Saat 07:00 dolayında kaloriferlerde sabah yakışına, 18:00 civarında akşam yakışına geçilmesi ve aynı saatlerde trafiğin yoğunlaşmasının etkili olduğu düşünülmektedir. 03.01.2006 Salı günü konsantrasyonun en yüksek olduğu gün olmuştur. Özellikle 15:00'den sonra konsantrasyonun arttığı görülmüştür. 31.12.2005'de başlayan sıcaklık düşüşünün 03.01.2006'da arttığı bilinse de hava akımların etkili olabileceği ve bölgede NO_x'lerin sadece ısınma kaynaklı değil trafikten de oldukça etkilendiği düşünülmektedir.



(a)

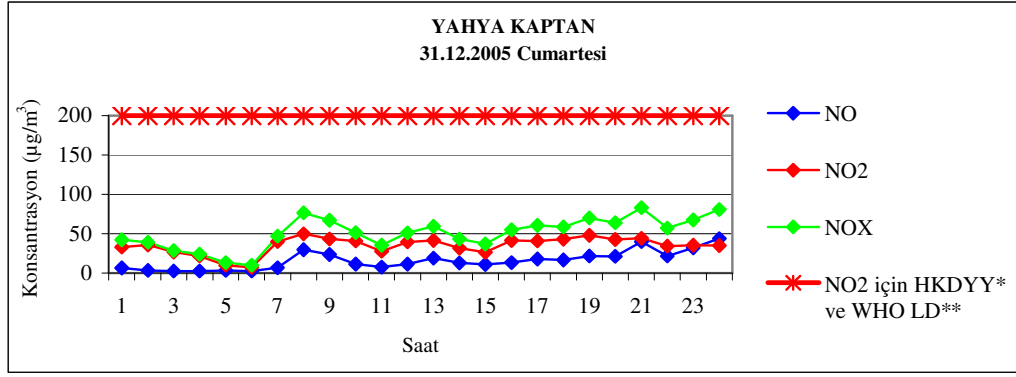


(b)

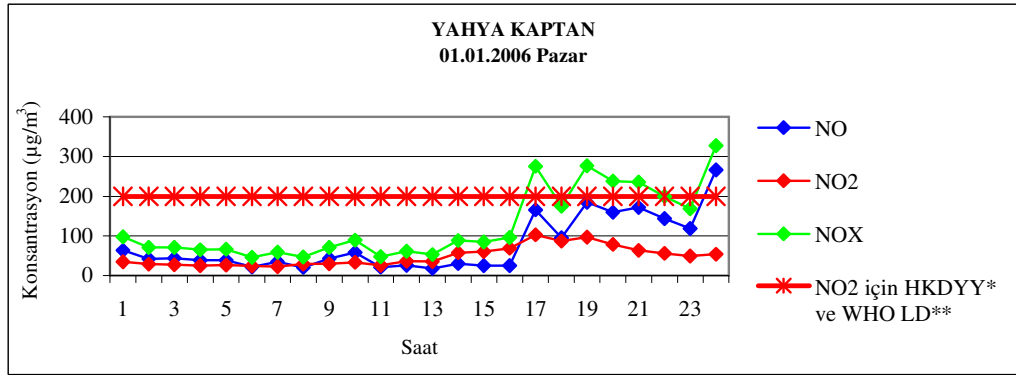


(c)

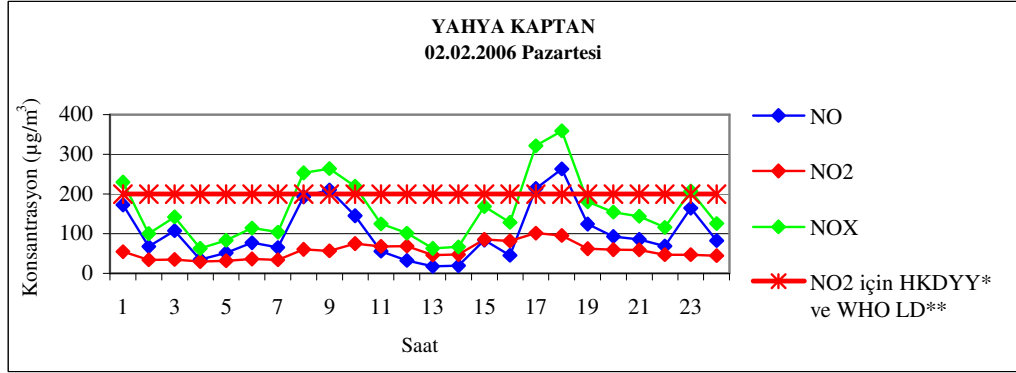
Şekil 5.16: Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik ve günlük değişimi



(d)

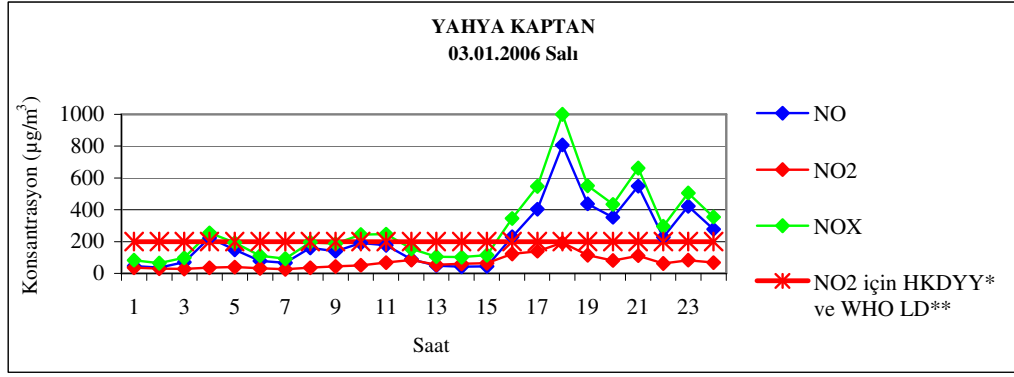


(e)

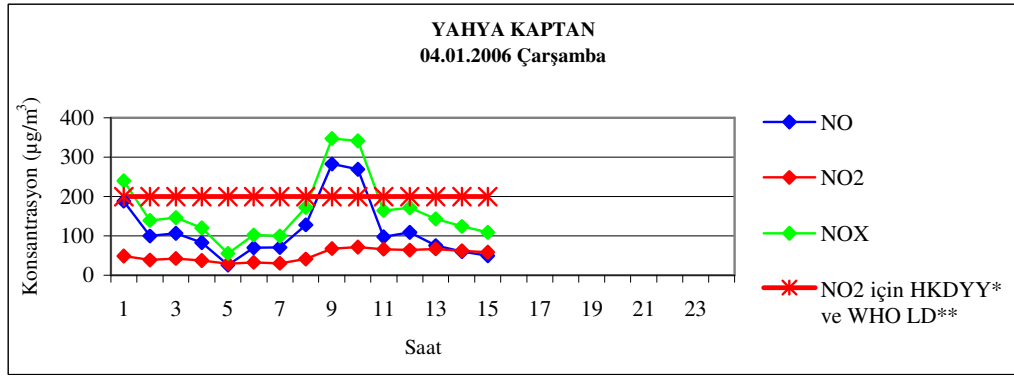


(f)

Şekil 5.16 (devam): Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik ve günlük değişimi



(g)



(h)

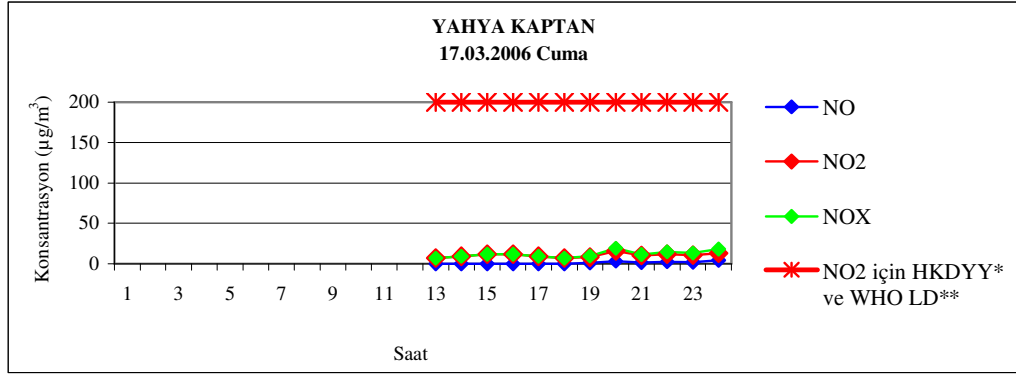
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

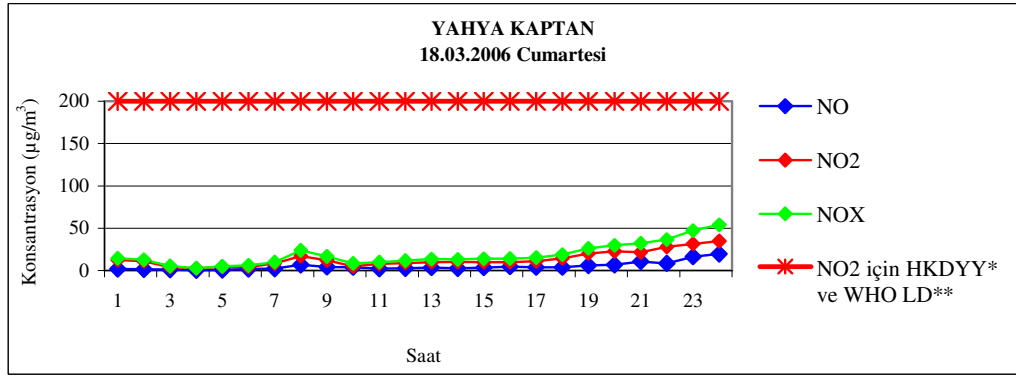
Şekil 5.16 (devam): Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik ve günlük değişimi

5.3.2.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları

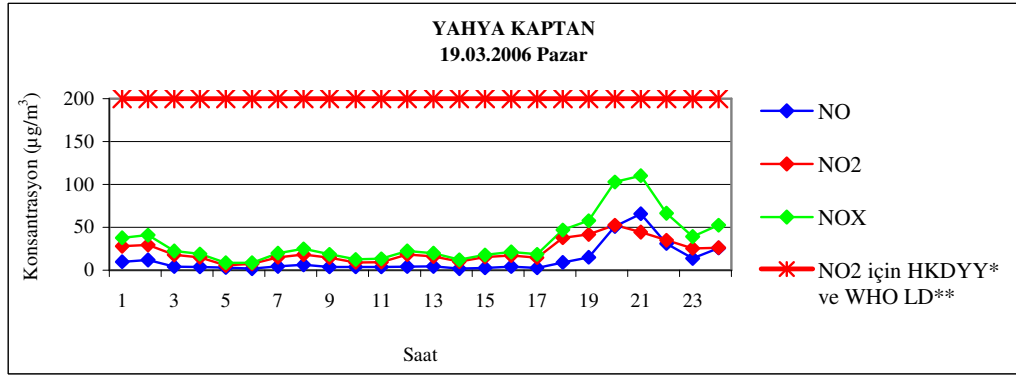
Yahya Kaptan ölçüm istasyonunda 17.03.2006 ile 24.03.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.17'de görüldüğü gibidir. Kış mevsimindeki sabah (07:00-11:00 arası) ve akşam (17:00 sonrası) saatlerindeki yükselmeler bahar mevsiminde de gözlenmektedir.



(a)

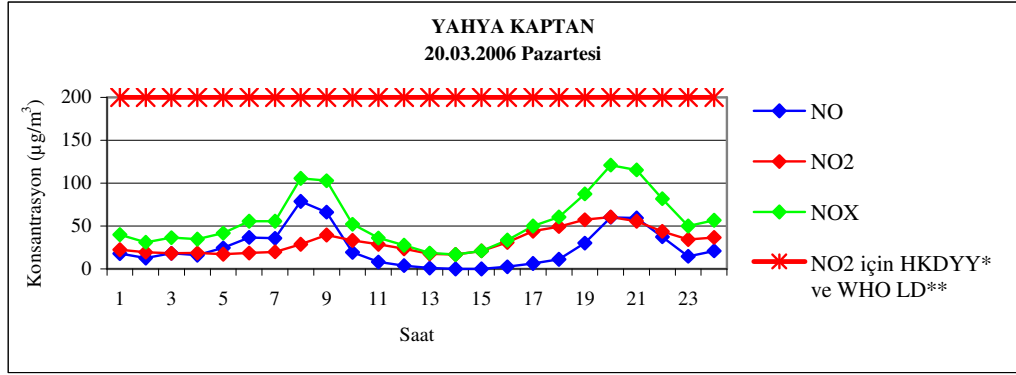


(b)

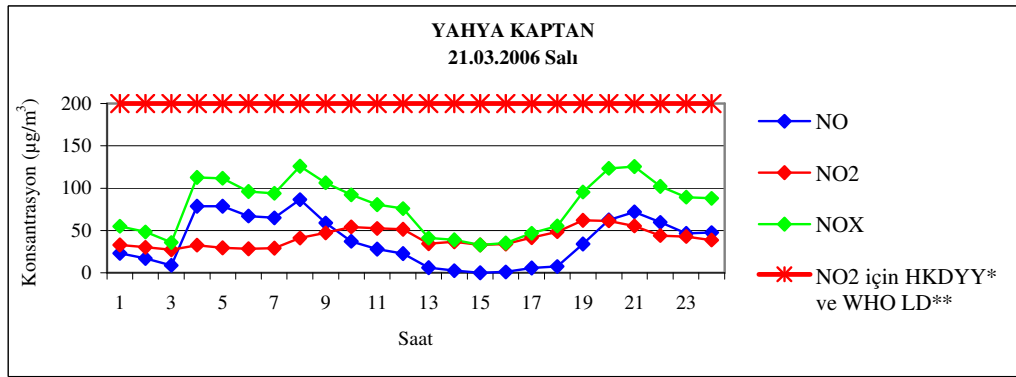


(c)

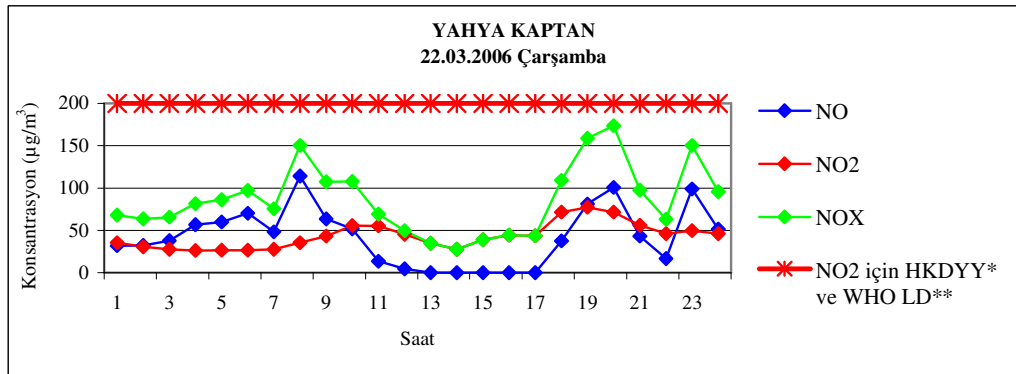
Şekil 5.17: Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

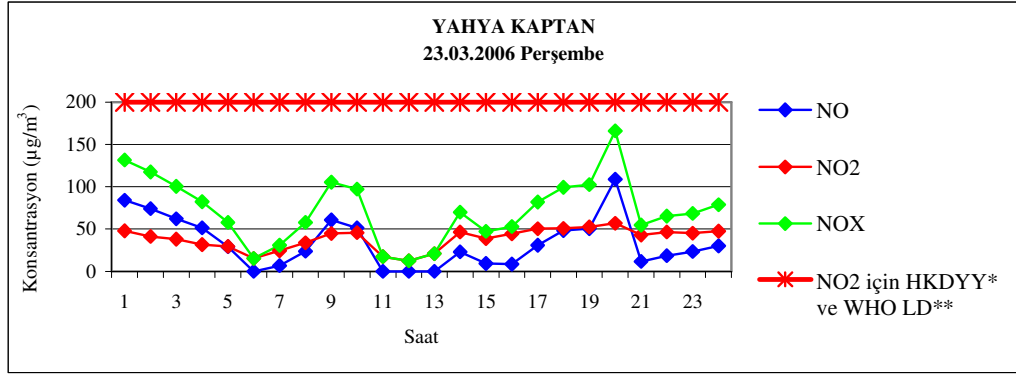


(e)

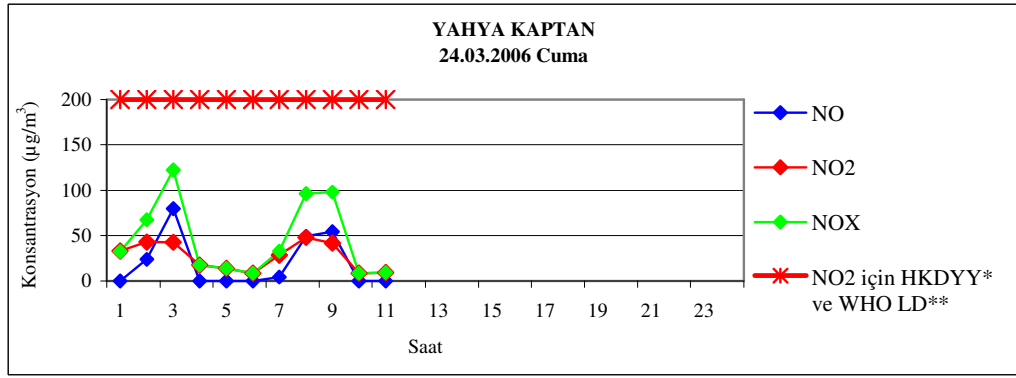


(f)

Şekil 5.17 (devam): Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

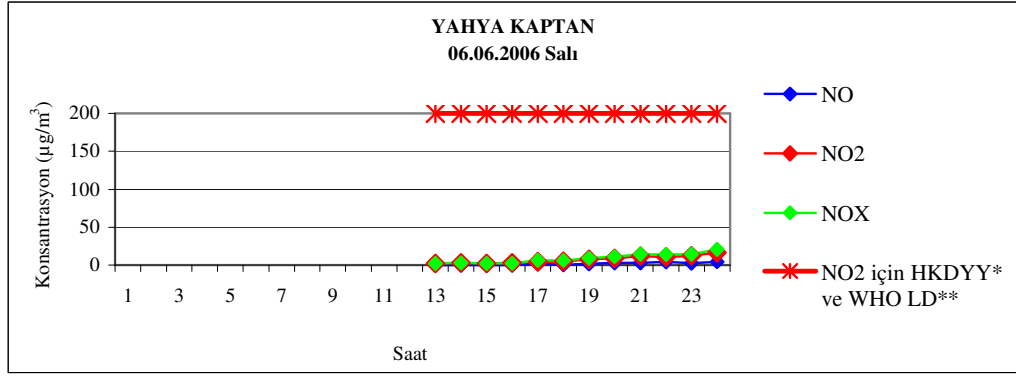
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

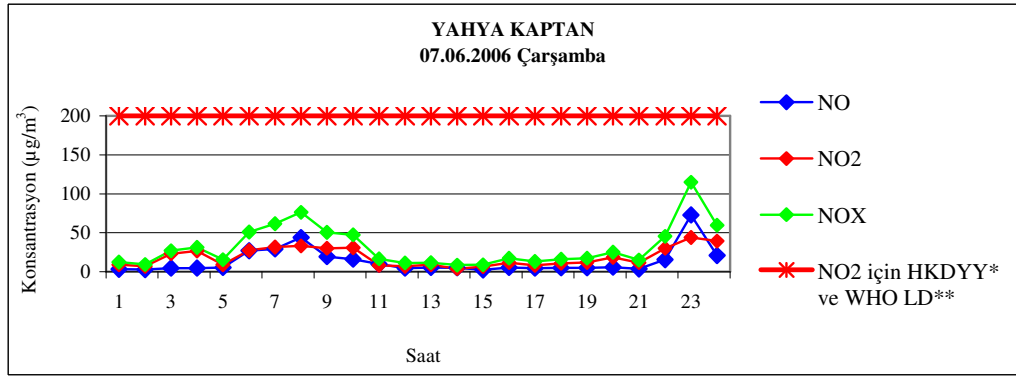
Şekil 5.17 (devam): Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.2.1.3. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları

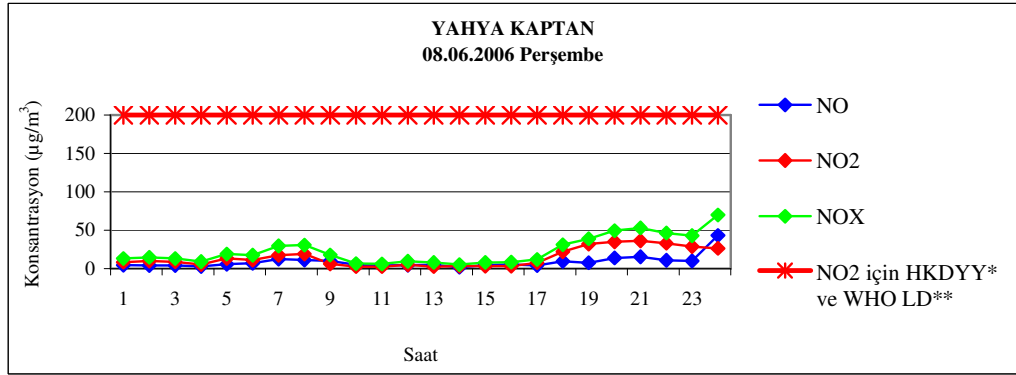
Yahya Kaptan ölçüm istasyonunda 06.06.2006 ile 13.06.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.18'de görüldüğü gibidir. Konsantrasyonlar, kış ve bahar mevsimi ile kıyaslandığında, yaz mevsiminde konsantrasyonların oldukça azaldığı görülmektedir. Sabah (07:00-11:00 arası) ve akşam (17:00 sonrası) saatlerindeki yükselmeler, kış ve bahar mevsimindeki kadar olmasa da hafif artışlar gözlenmektedir.



(a)

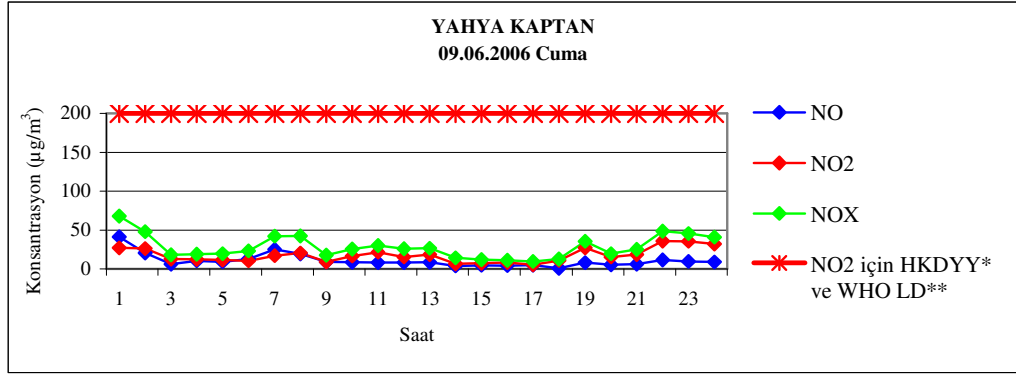


(b)

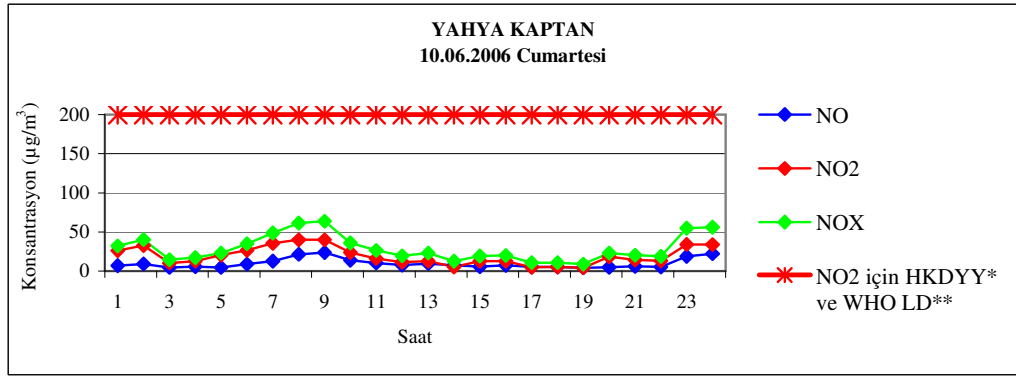


(c)

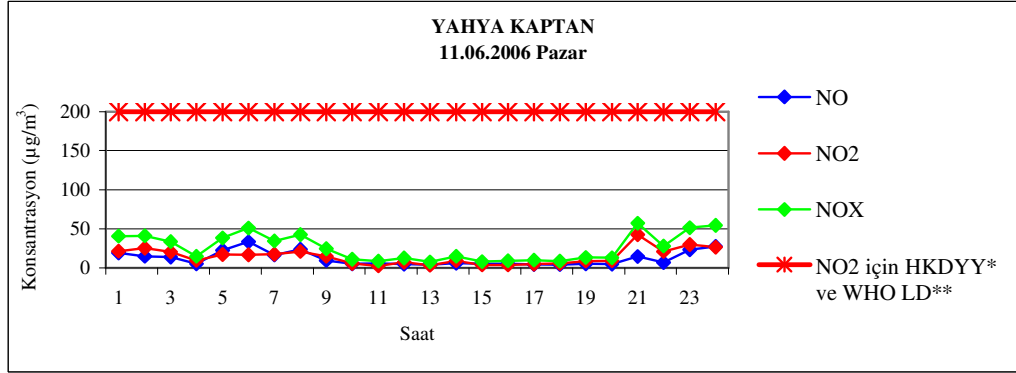
Şekil 5.18: Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_X konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

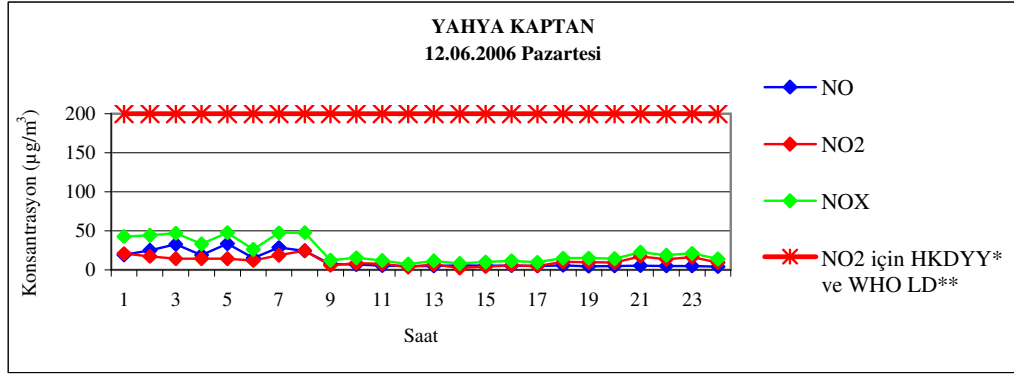


(e)

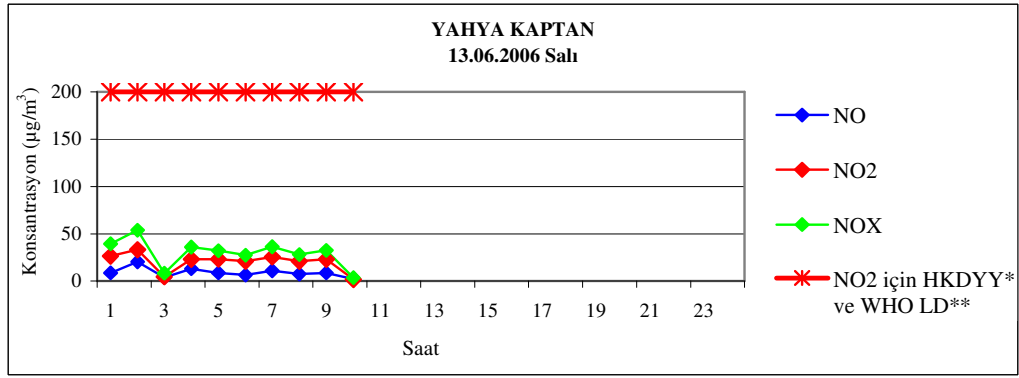


(f)

Şekil 5.18 (devam): Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

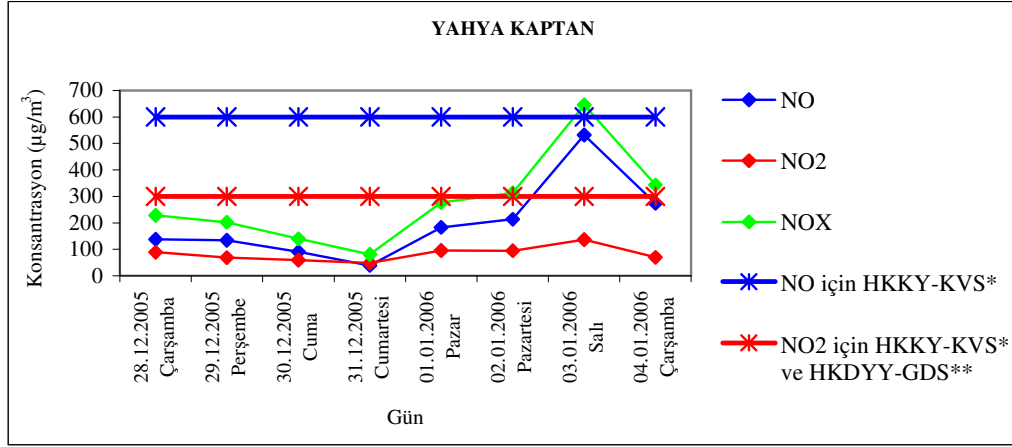
**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

Şekil 5.18 (devam): Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.2.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri

Yahya Kaptan ölçüm istasyonunda 28.12.2005-04.01.2006, 17.03.2006-24.03.2006 ve 06.06.2006-13.06.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri Şekil 5.19-Şekil 5.21'de görüldüğü gibidir. Günlük grafikler incelendiğinde NO_x konsantrasyon aralığının, kış mevsimindeki 03.01.2006 Salı tarihli 645 µg/m³ ile yaz mevsimindeki 06.06.2006 Salı tarihli 18 µg/m³ olduğu gözlenmektedir. 03.01.2006 Salı tarihli kış mevsimindeki NO yükselmesi, oldukça yüksek olmakla birlikte sınır değeri aşmamaktadır. Hafta içi-hafta sonu değerlendirmesi yapıldığında, bu bölgede kış, bahar ve yaz mevsimlerinin tümünde hafta içi konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi bu istasyonun özelliği trafik yoğunluğunun yüksek olmasıdır.

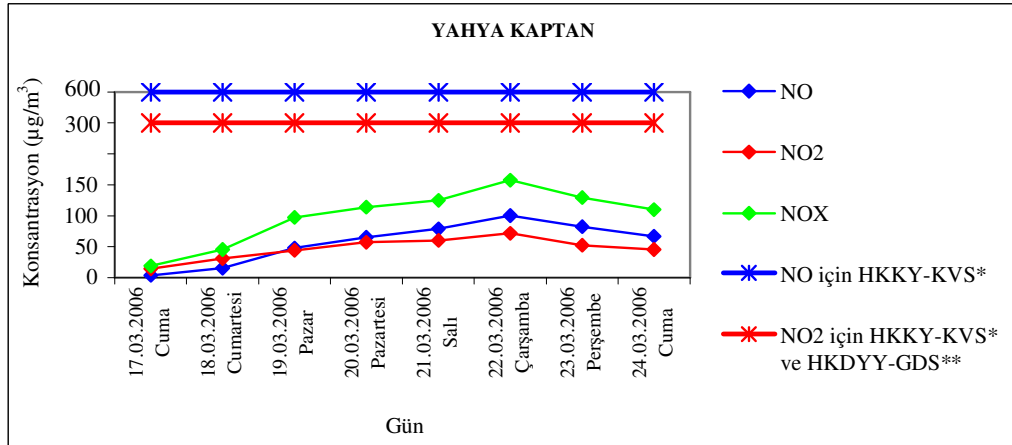
Dolayısıyla bu yoğunluğun, özellikle hafta içindeki trafik yoğunluğunun konsantrasyon artışında önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir.



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

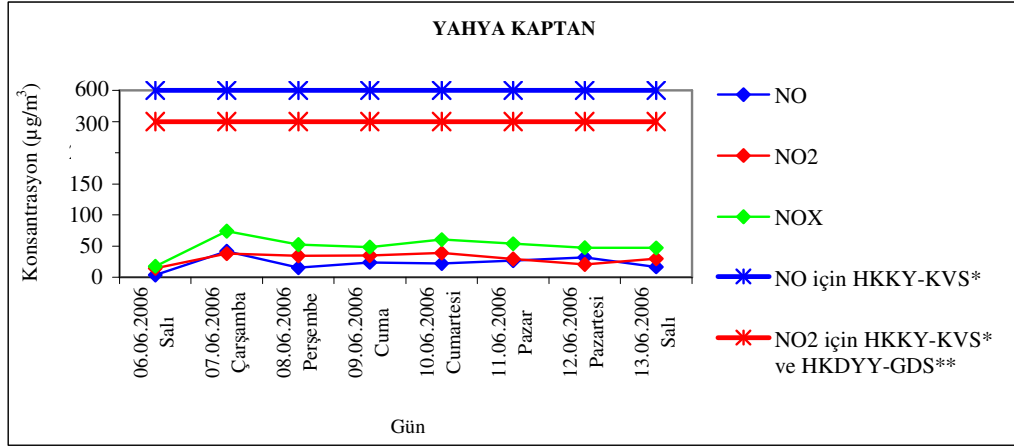
Şekil 5.19: Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki kış örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.20: Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



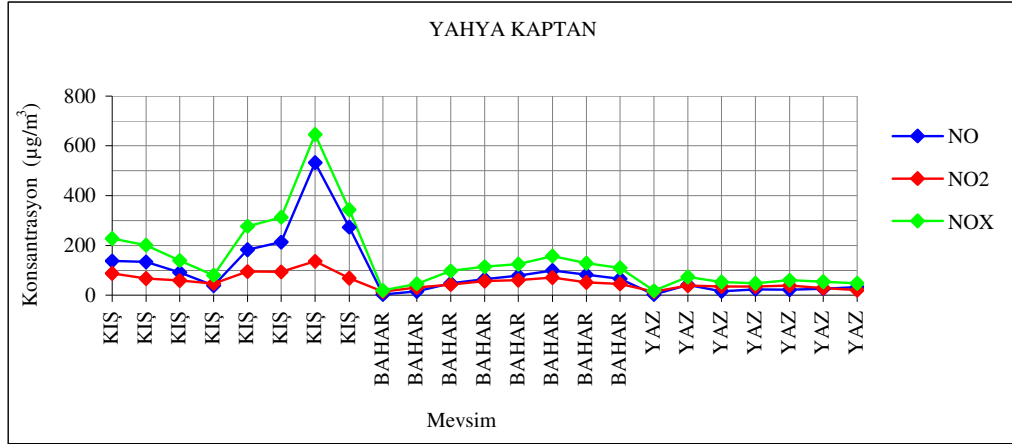
*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.21: Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi

5.3.2.3. Mevsimsel değişim

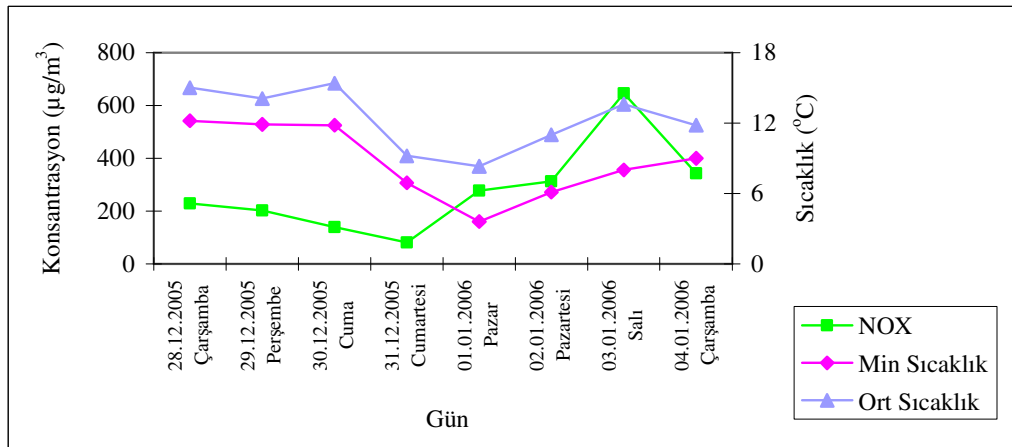
Yahya Kaptan ölçüm istasyonunda 28.12.2005-04.01.2006, 17.03.2006-24.03.2006 ve 06.06.2006-13.06.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının mevsimsel değişimi Şekil 5.22’de görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde kış mevsimindeki konsantrasyonların, bahar ve yaz mevsimlerinde azaldığı gözlenmektedir. Hava sıcaklıkları incelendiğinde kış mevsiminde ortalama sıcaklığın 8-15 °C ve min sıcaklığın 4-12 °C aralığında, bahar mevsiminde ortalama sıcaklığın 6-20 °C ve min sıcaklığın 2-13 °C aralığında, yaz mevsiminde ise ortalama sıcaklığın 14-17 °C ve min sıcaklığın 16-20 °C aralığında olduğu görülmüştür. Min sıcaklıklara bakıldığında kış mevsiminde 10 °C’nin altındaki gün sayısı 5 iken bahar mevsiminde 7’dir, ortalama sıcaklıklara bakıldığında ise kış mevsiminde 10 °C’nin altındaki gün sayısı 2 iken bahar mevsiminde 5’dir. Dolayısıyla bu sıcaklıklara bakılarak, “yakıt tüketimindeki azalmaya bağlı olarak bahar mevsiminde kış mevsimine göre azalma olmuştur” demek mümkün değildir. Kış mevsiminde, inversiyon, yüksek basınç sistemleri, düşük rüzgar hızları gibi meteorolojik koşulların, konsantrasyonların yüksek olmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Yaz mevsimindeki konsantrasyonlar bahar mevsimine göre düşmüştür. Bu durum yakıt tüketiminin azalması ile açıklanabilir.



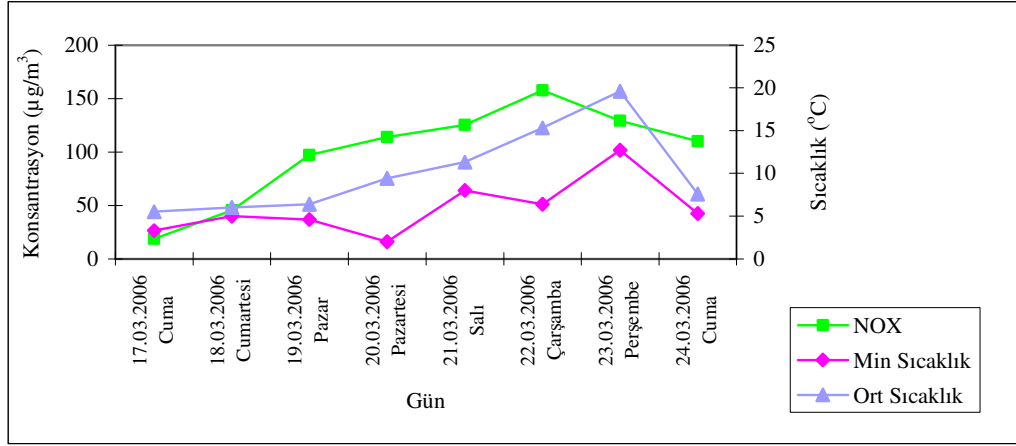
Şekil 5.22: Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

5.3.2.4. Sıcaklıkla değişimler

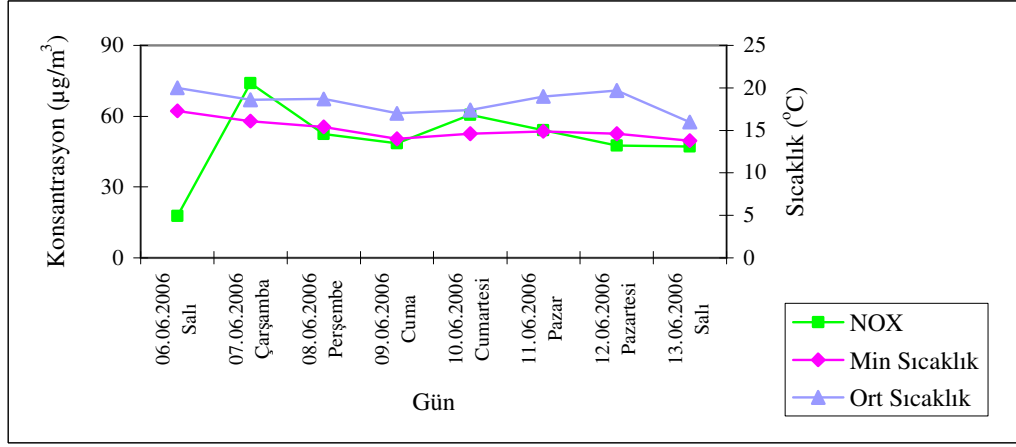
Yahya Kaptan ölçüm istasyonunda 28.12.2005-04.01.2006, 17.03.2006-24.03.2006 ve 06.06.2006-13.06.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının sıcaklıkla değişimleri Şekil 5.23-Şekil 5.25’de görüldüğü gibidir. NO_x-sıcaklık arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla korelasyon katsayılarına bakılmış, kış mevsimi için; 0,099, bahar mevsimi için; 0,460 ve yaz mevsimi için; -0,357 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu istasyondaki ölçüm sonuçlarına göre NO_x ile sıcaklık arasında herhangi bir ilişki olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.23: Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki kış örneklemesi periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi



Şekil 5.24: Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

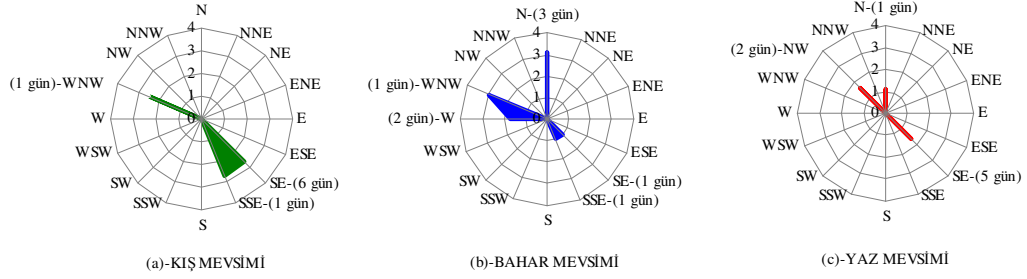


Şekil 5.25: Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki yaz örneklemesi periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

5.3.2.5. Rüzgar verileri

Ölçüm yapılan tarihlerdeki ortalama rüzgar bilgileri (Ek-3) incelendiğinde, rüzgarın kış ve yaz mevsimleri ölçümleri esnasında en fazla SE yönünden (max 2,7 m/s ve 1,6 m/s hızla), bahar mevsimi ölçümleri esnasında ise en fazla N yönünden (max 3,1 m/s hızla) estiği gözlenmiştir (Şekil 5.26).

Dolayısıyla bu bölgenin, kış ve yaz mevsimlerindeki ölçümler esnasında ağırlıklı olarak SE yönünden gelen sanayi, trafik ve konut kaynaklı; bahar mevsimindeki ölçümler esnasında ise ağırlıklı olarak N yönünden gelen konut ve trafik kaynaklı NO_x emisyonlarına da maruz kaldığı düşünülmektedir.



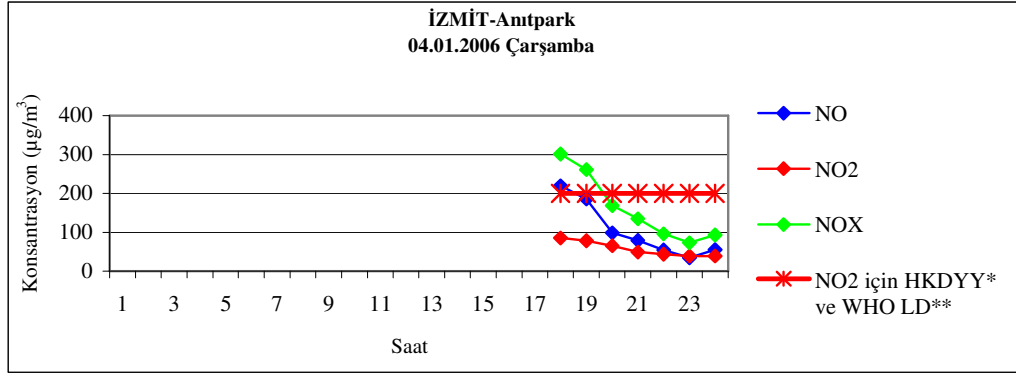
Şekil 5.26: Rüzgar verileri-Yahya Kaptan

5.3.3. İzmit-Anıtpark

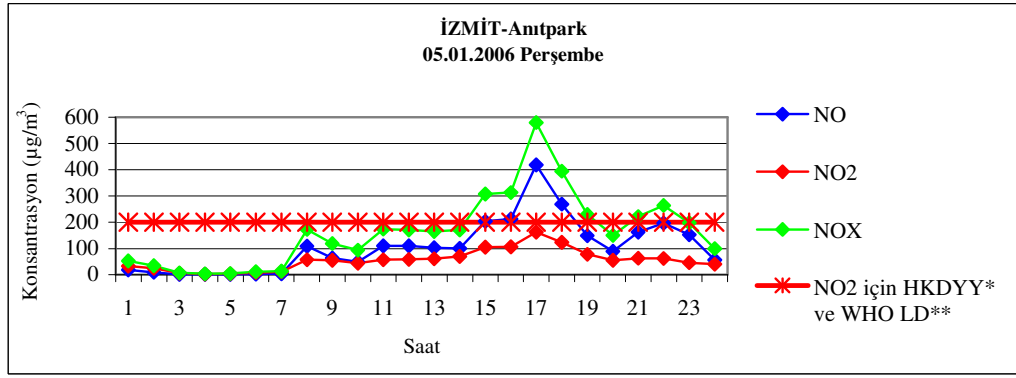
5.3.3.1. Saatlik değişimler

5.3.3.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

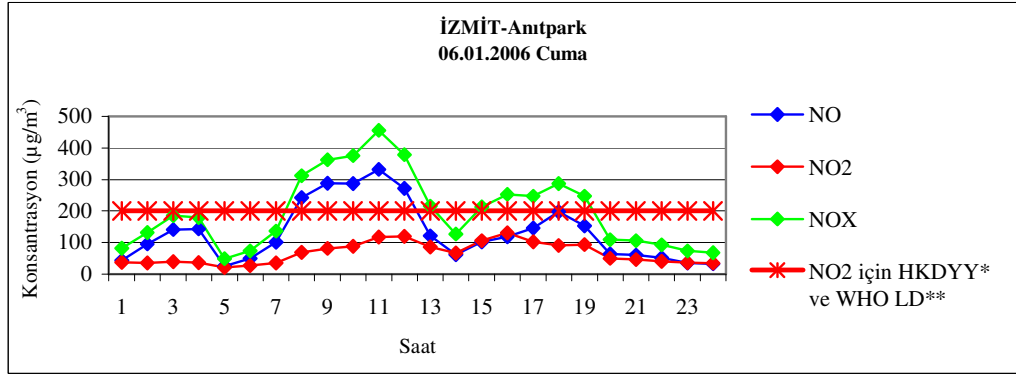
İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonunda 04.01.2006 ile 16.01.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.27'de görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, konsantrasyon yükselmelerinin farklı günlerde farklı saatlere denk geldiği gözlenmektedir. 7 Ocak yılın soğuk günlerinin başladığı tarihtir. Soğuk günlerin bu tarihten itibaren devam etmesi ve bayram tatilinin bu tarihlere denk gelmesi ile konsantrasyonlarda dalgalanmalar gözlenmiştir. En yüksek konsantrasyonun görüldüğü tarih 05.01.2006 Perşembe'dir. Her ne kadar sınır değere aşılmamışsa da $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile sınır değere yaklaşmıştır. Bölgede Perşembe günleri kent merkezinin önemli pazarlarından biri kurulmaktadır. Dolayısıyla buna bağlı olarak araç yoğunluğunda ciddi bir artış yaşanmaktadır. Tüm grafikler göz önünde bulundurulduğunda, NO_x kaynağı olarak trafik ve ısınma amaçlı yakmanın etkili olduğu düşünülmektedir.



(a)

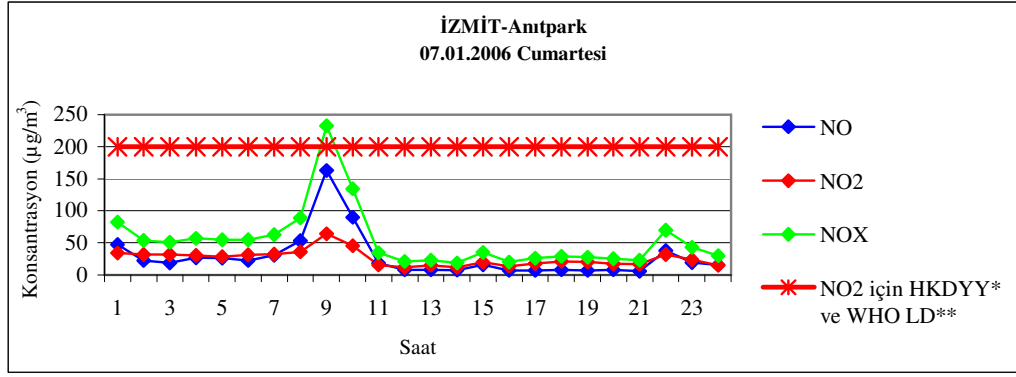


(b)

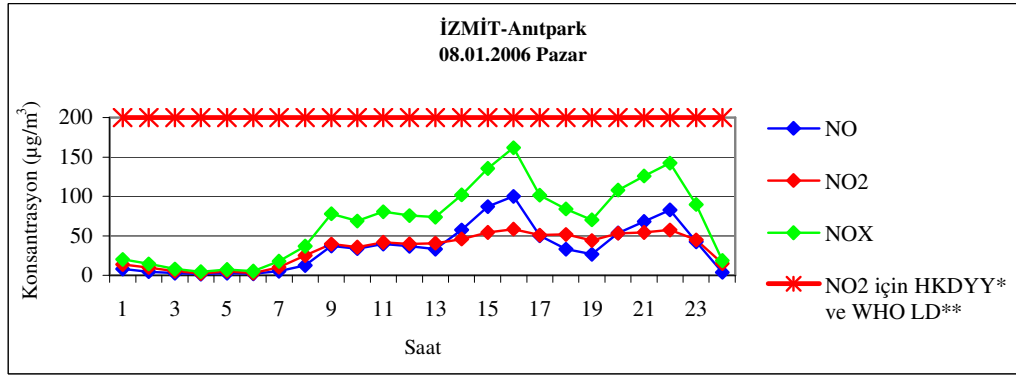


(c)

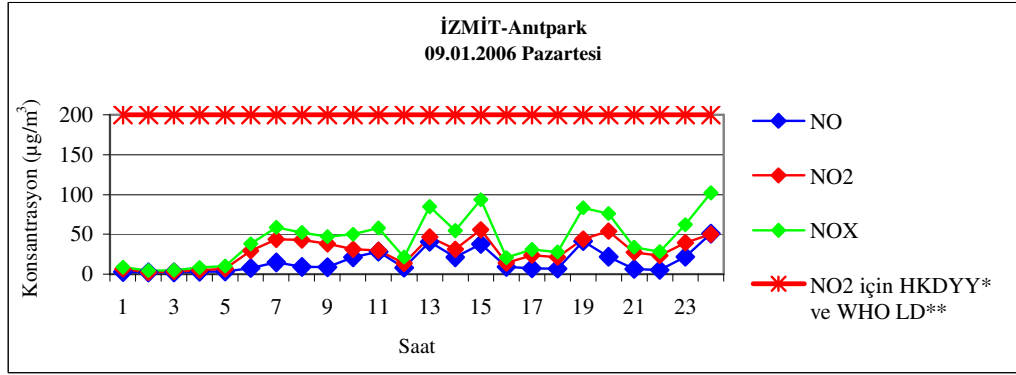
Şekil 5.27: İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

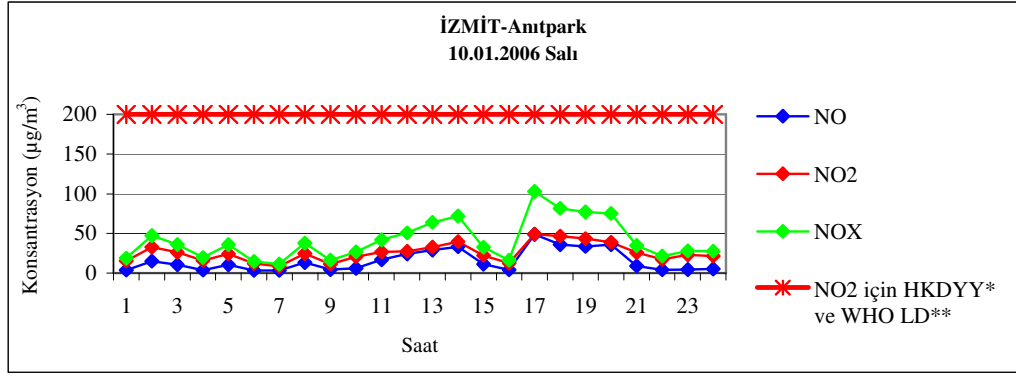


(e)

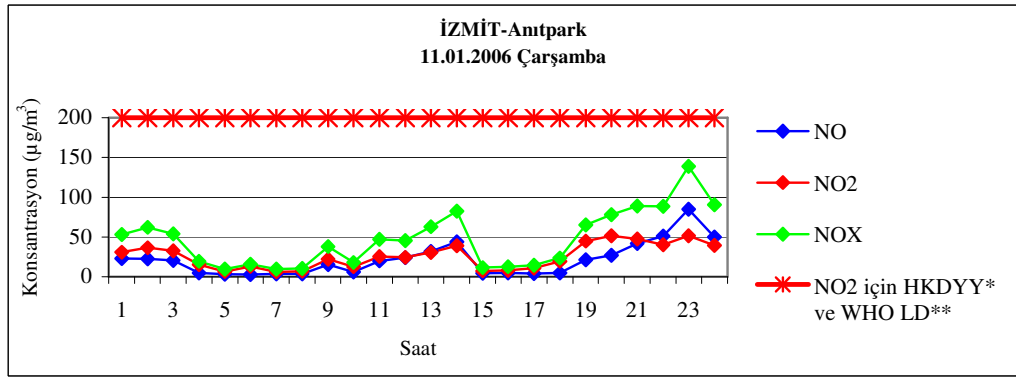


(f)

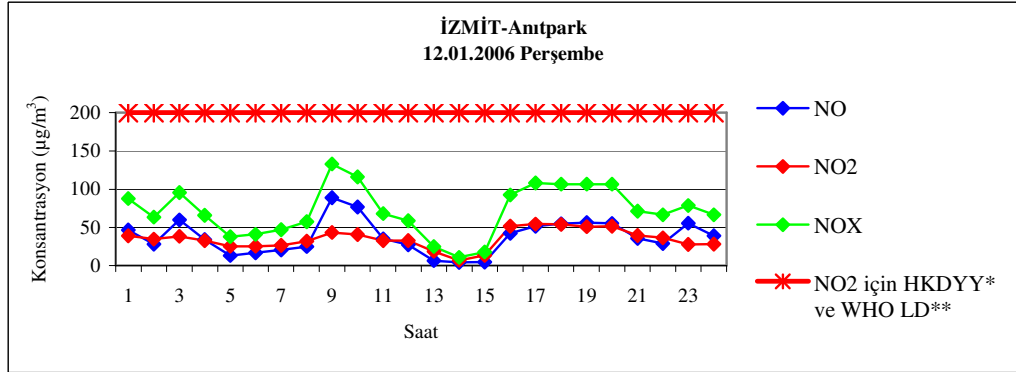
Şekil 5.27 (devam): İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)

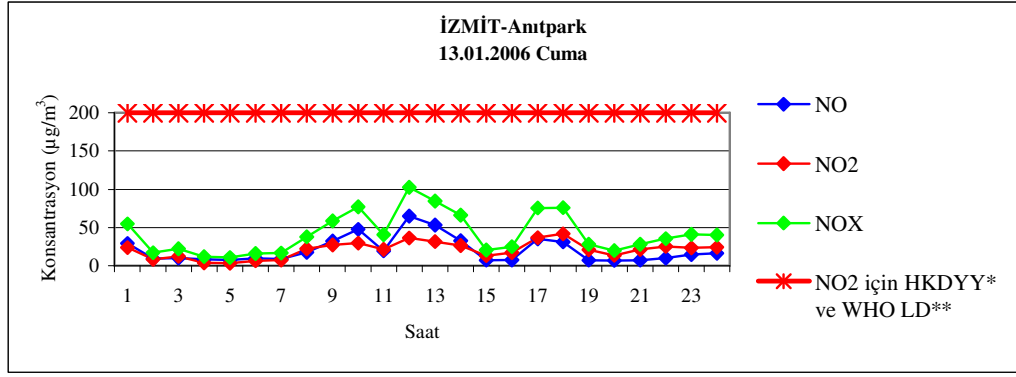


(h)

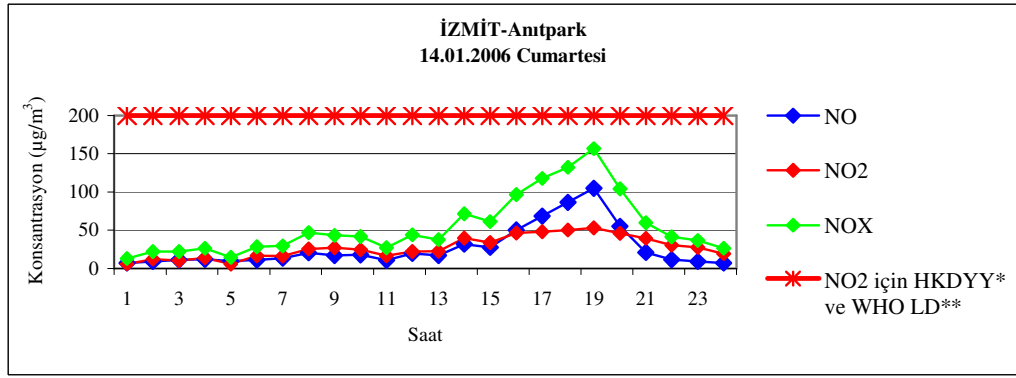


(i)

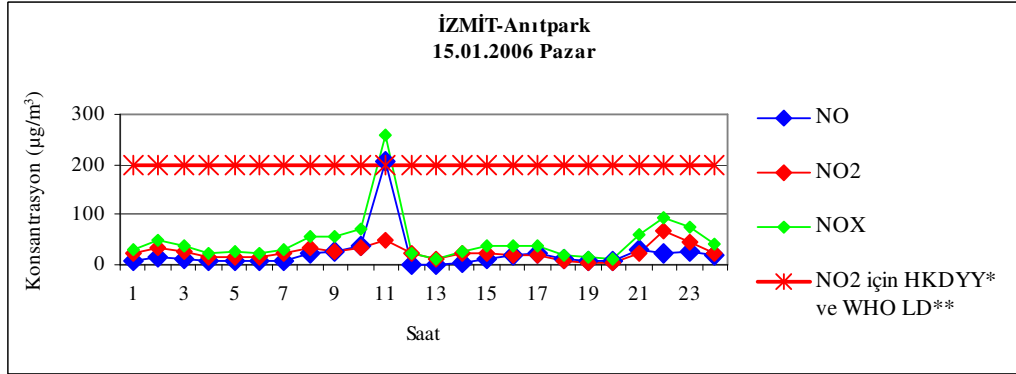
Şekil 5.27 (devam): İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(i)

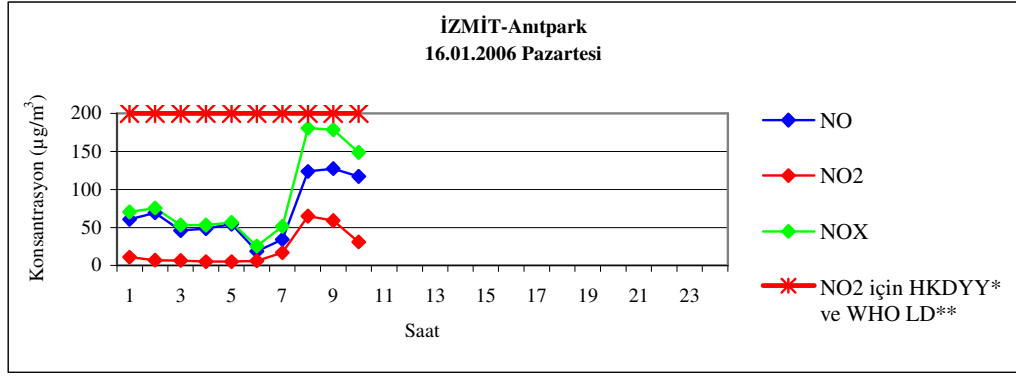


(k)



(l)

Şekil 5.27 (devam): İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(m)

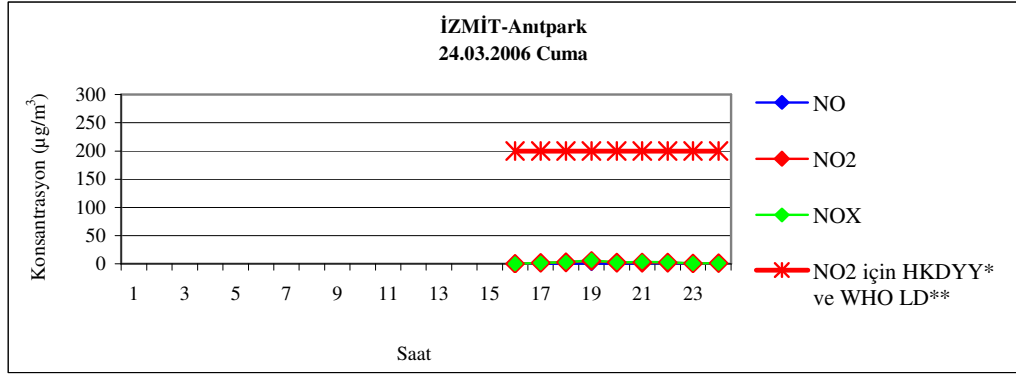
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

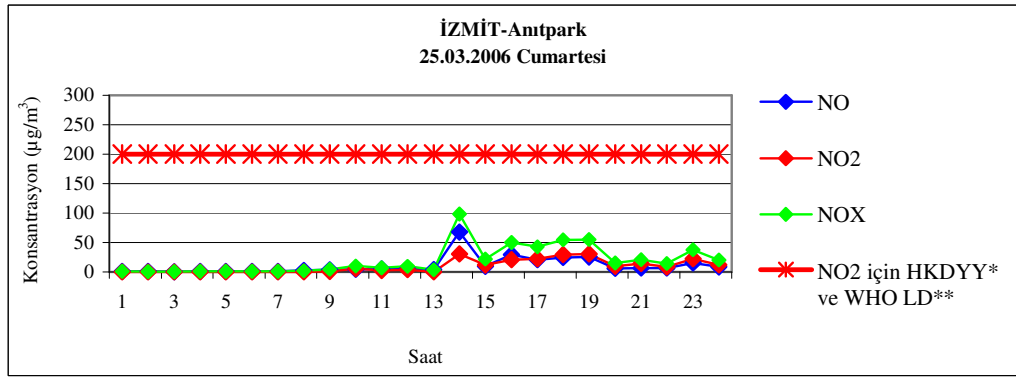
Şekil 5.27 (devam): İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.3.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları

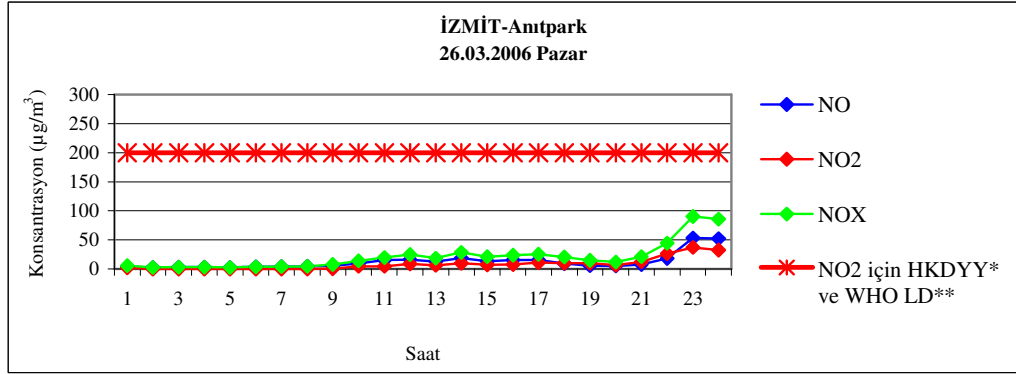
İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonunda 24.03.2006 ile 31.03.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.28'de görüldüğü gibidir. Konsantrasyon artışları kış mevsiminde olduğu gibi farklı günlerde farklı saatlerde olmakla birlikte, grafiklerin birçoğunda 17:00'dan sonra, özellikle 4 grafikte de 21:00'da yükselme gözlenmektedir. En yüksek konsantrasyonlar 29.03.2006 Çarşamba gecesinin ilerleyen saatleri ile 30.03.2006 Perşembe gününün ilk saatlerinde görülmektedir. Bu yükselmelerle araç ve konutlardan gelen etkileri ayırmak güç olmakla birlikte sabah ve akşam saatlerindeki yükselmeler ile geç saatlere kadar süren yüksek değerleri yanmaya bağlamak daha doğru olacaktır.



(a)

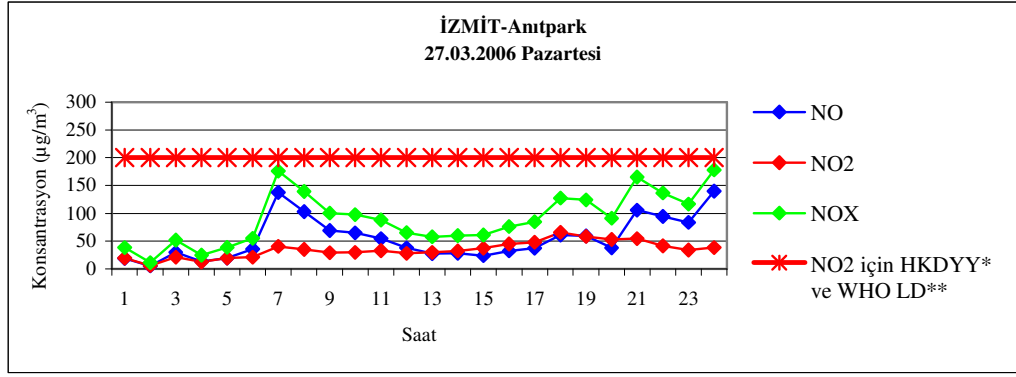


(b)

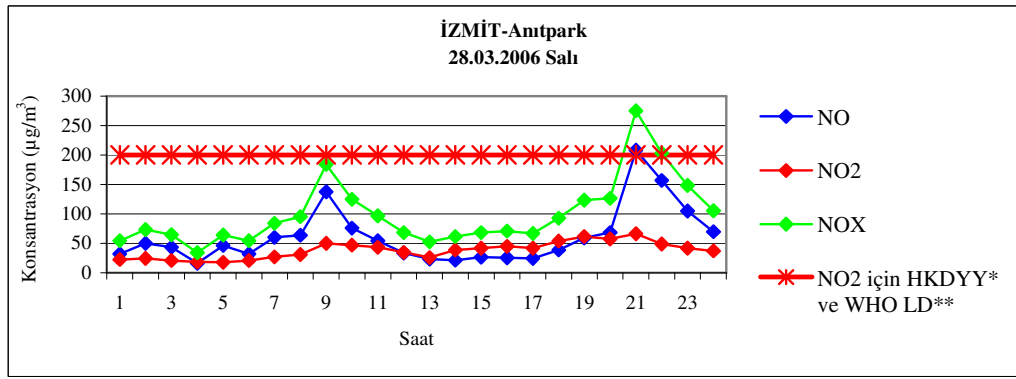


(c)

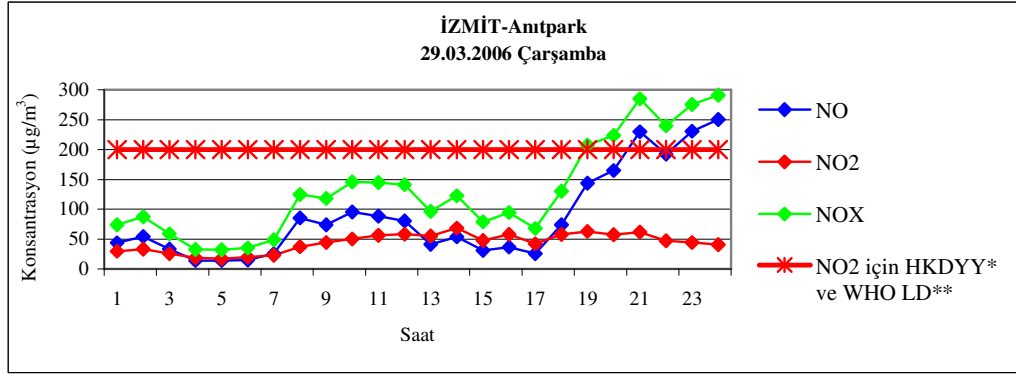
Şekil 5.28: İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

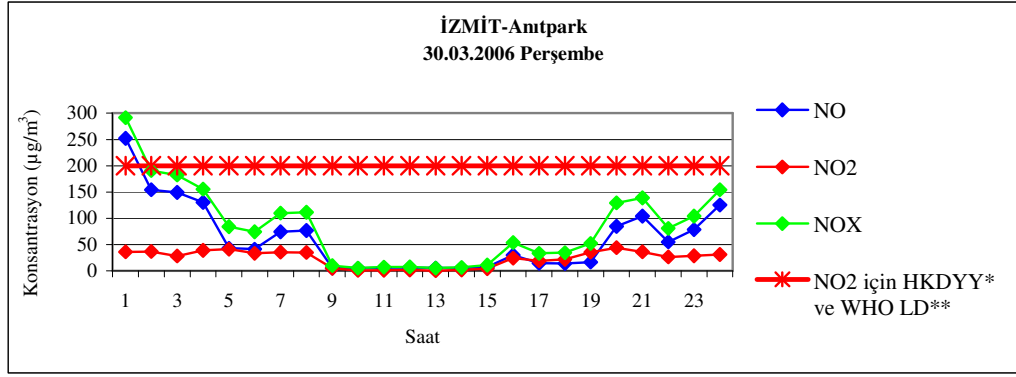


(e)

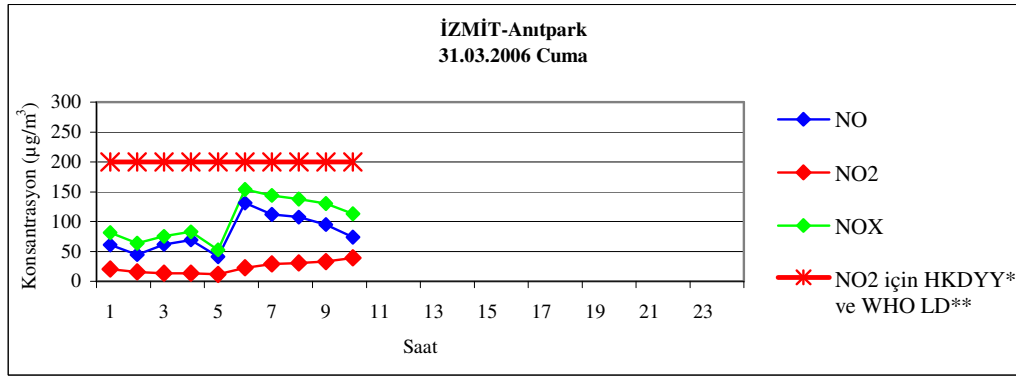


(f)

Şekil 5.28 (devam): İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

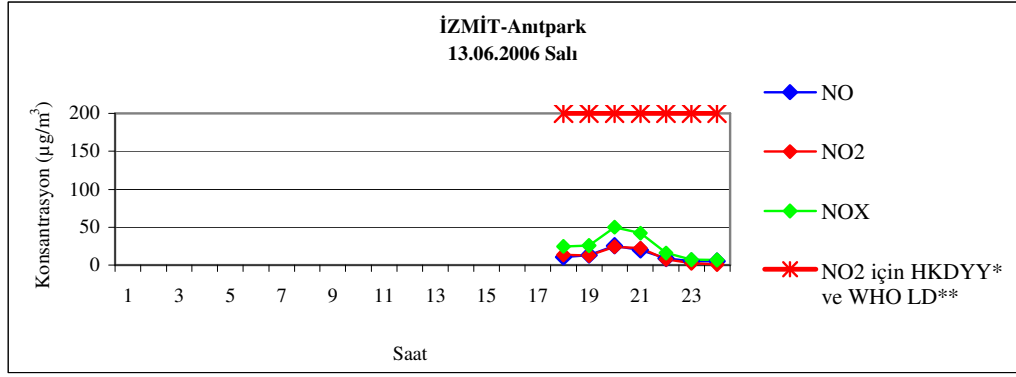
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

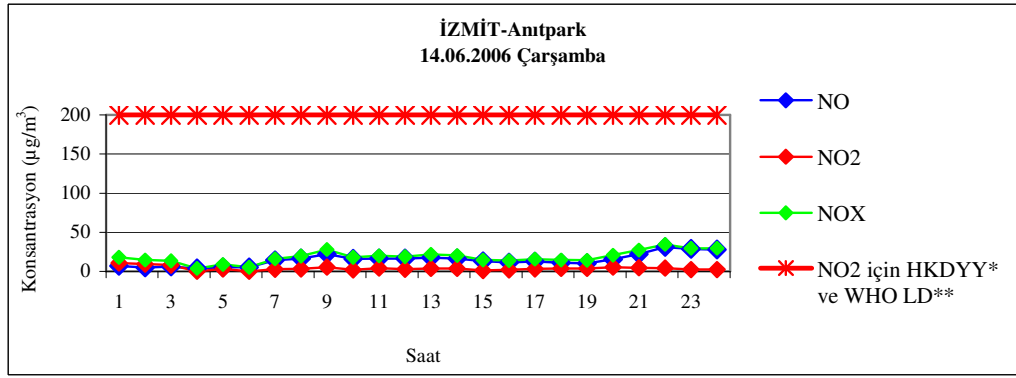
Şekil 5.28 (devam): İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.3.1.3. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları

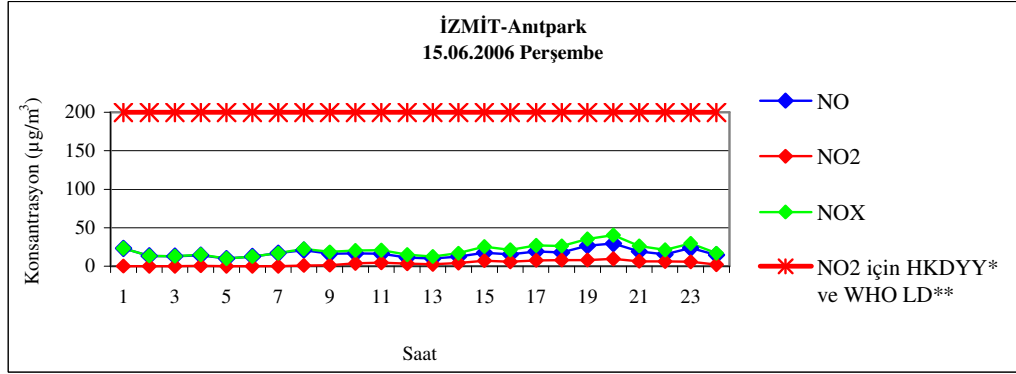
İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonunda 13.06.2006 ile 21.06.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.29'da görüldüğü gibidir. Konsantrasyonlar incelendiğinde, özellikle sabah ve akşam saatlerinde artışlar olmakla birlikte kış ve bahar mevsiminde görülen piklerin olmadığı daha düzgün dağılım izlediği gözlenmektedir.



(a)

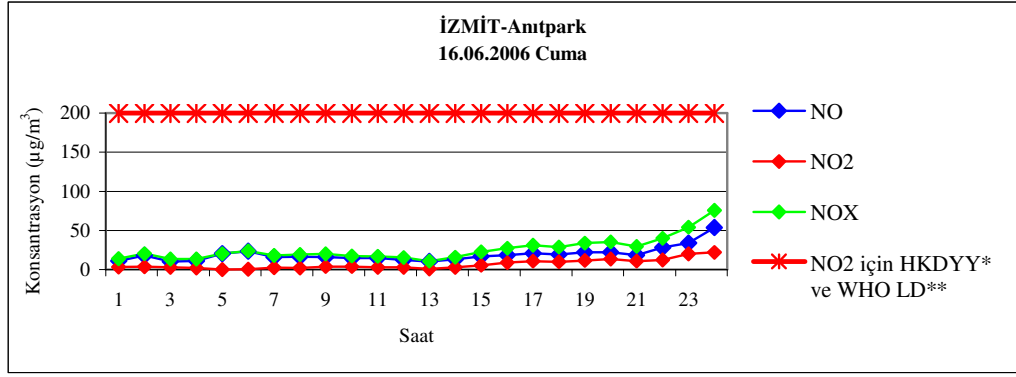


(b)

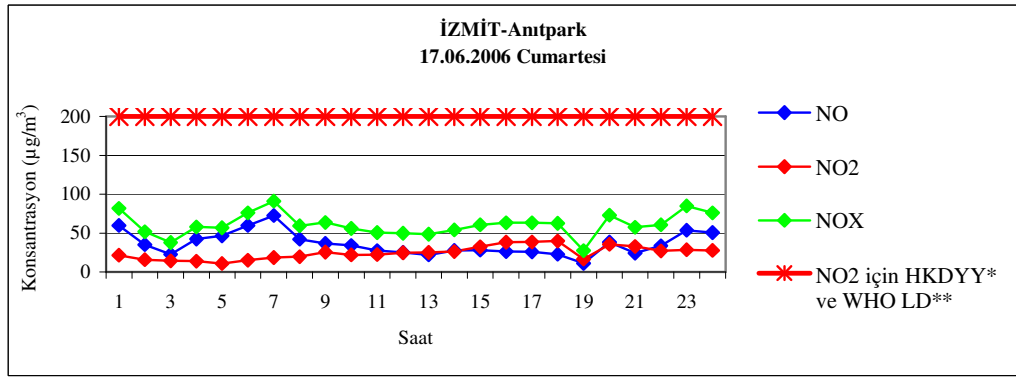


(c)

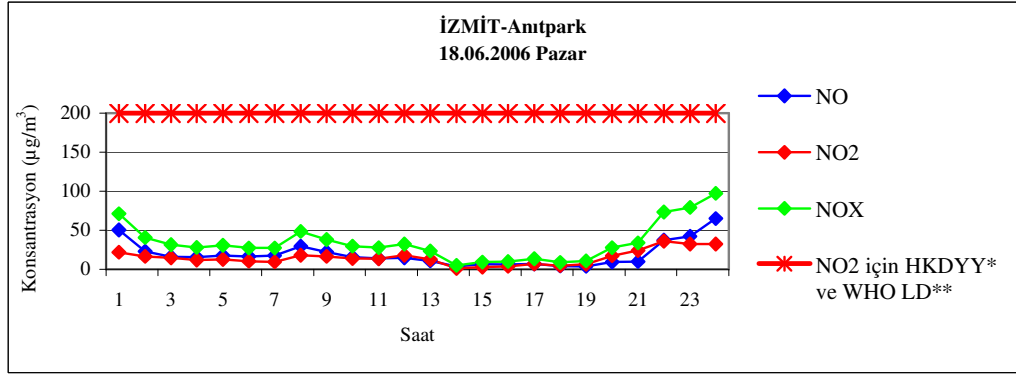
Şekil 5.29: İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

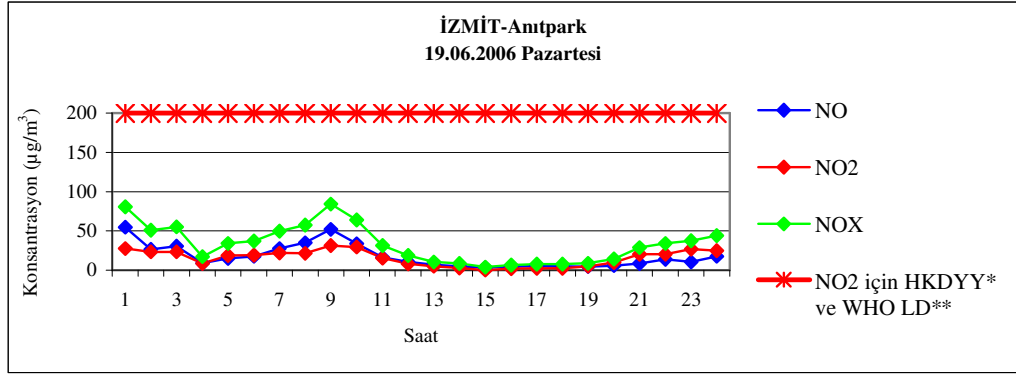


(e)

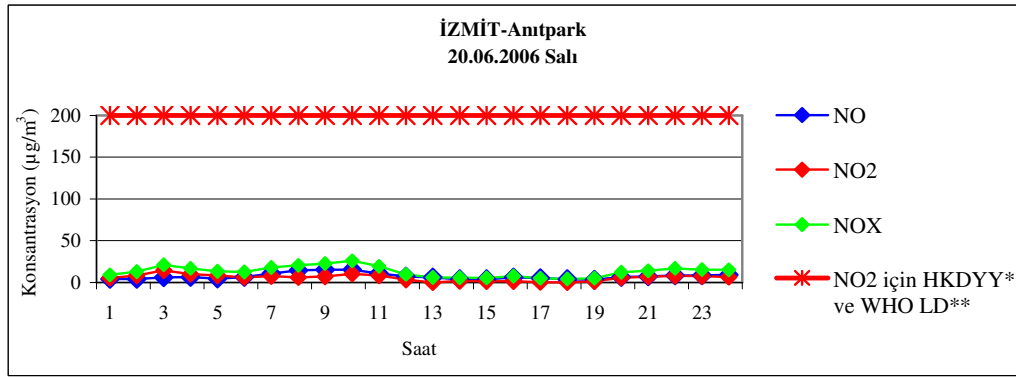


(f)

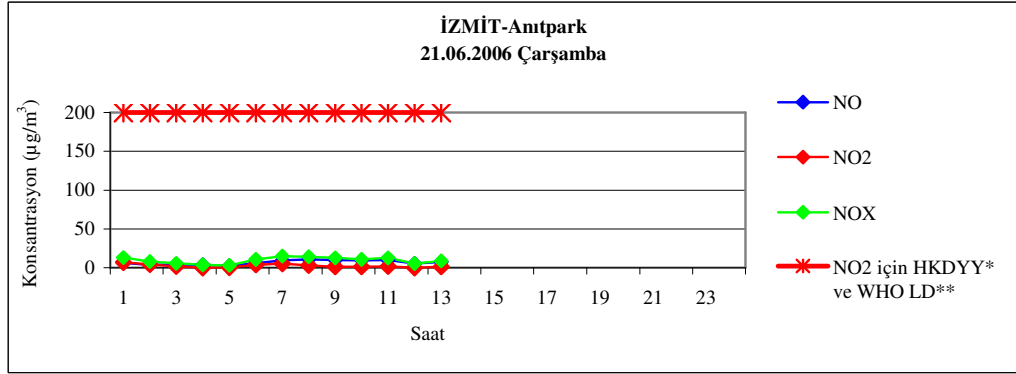
Şekil 5.29 (devam): İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)



(i)

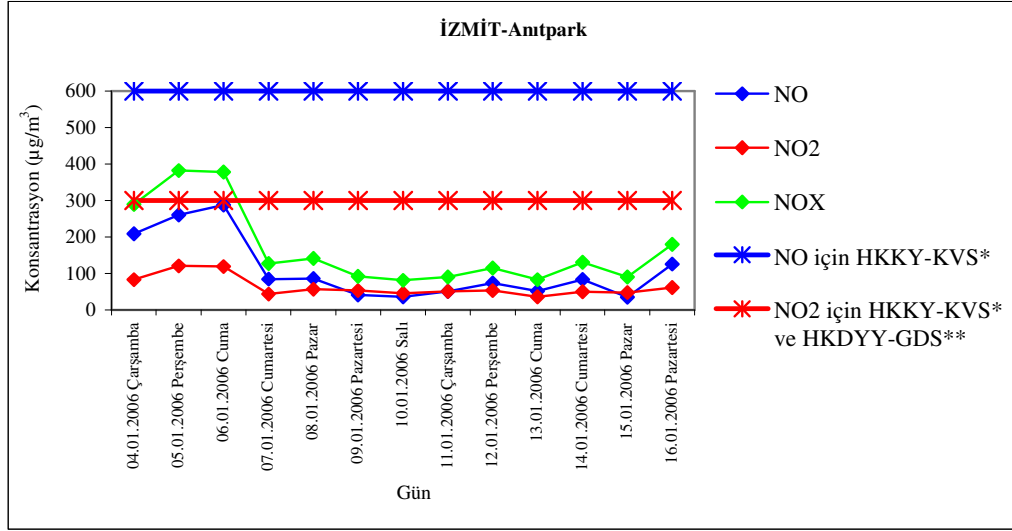
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

Şekil 5.29 (devam): İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.3.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri

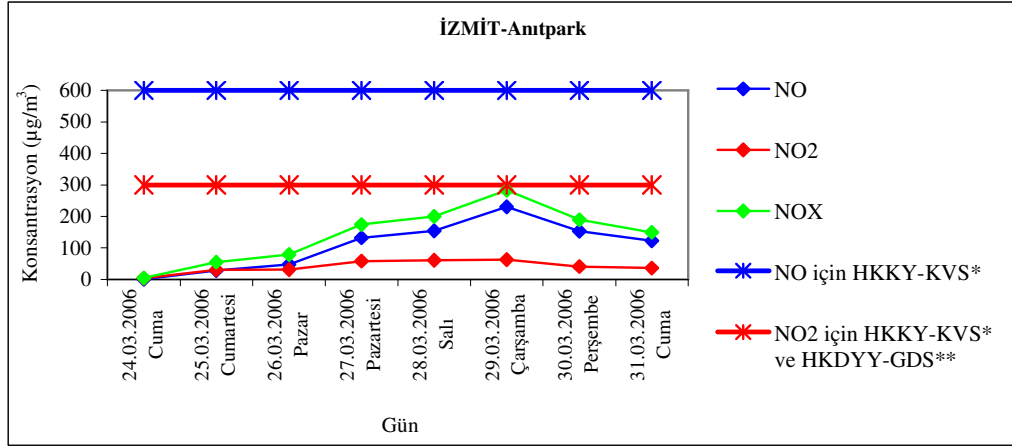
İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonunda 04.01.2006-16.01.2006, 24.03.2006-31.03.2006 ve 13.06.2006-21.06.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri Şekil 5.30-Şekil 5.32'de görüldüğü gibidir. Günlük grafikler incelendiğinde, NO_x konsantrasyon aralığının, kış mevsimindeki 05.01.2006 Perşembe tarihli $381 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile bahar mevsimindeki 24.03.2006 Cuma tarihli $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu gözlenmektedir. Hafta içi-hafta sonu değerlendirmesi yapıldığında, kış ve bahar mevsimlerinde hafta içi, yaz mevsiminde hafta sonu konsantrasyonların daha yüksek olması nedeniyle, bu bölgede hafta içi konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu söylenebilir.



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

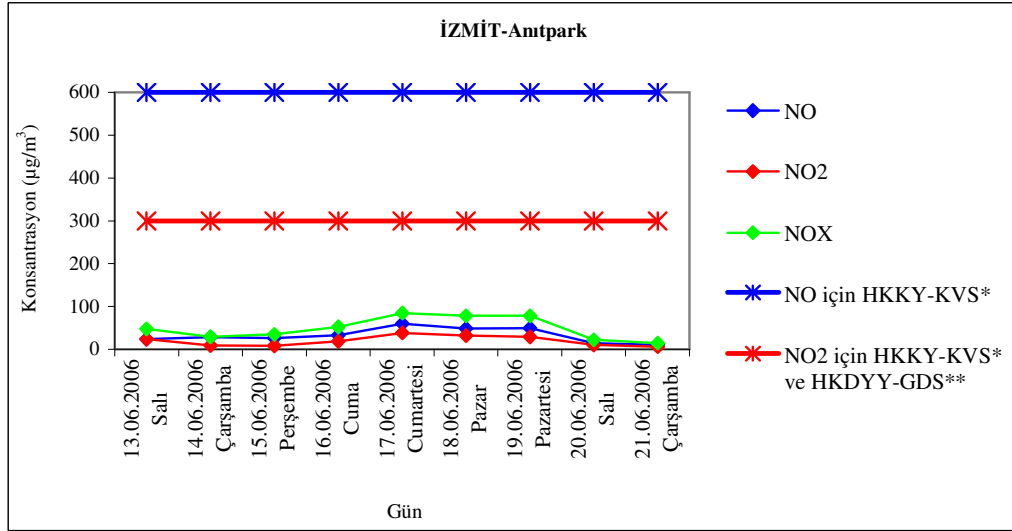
Şekil 5.30: İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO - NO_2 - NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.31: İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



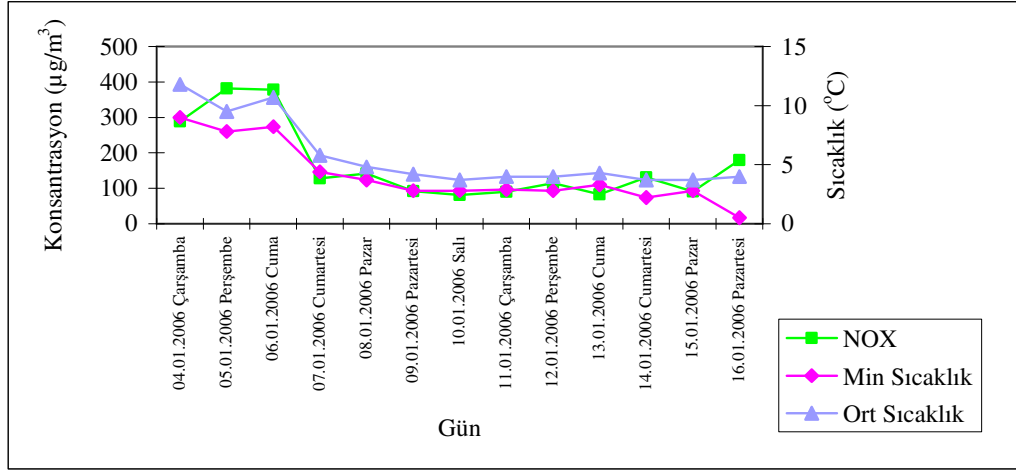
*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

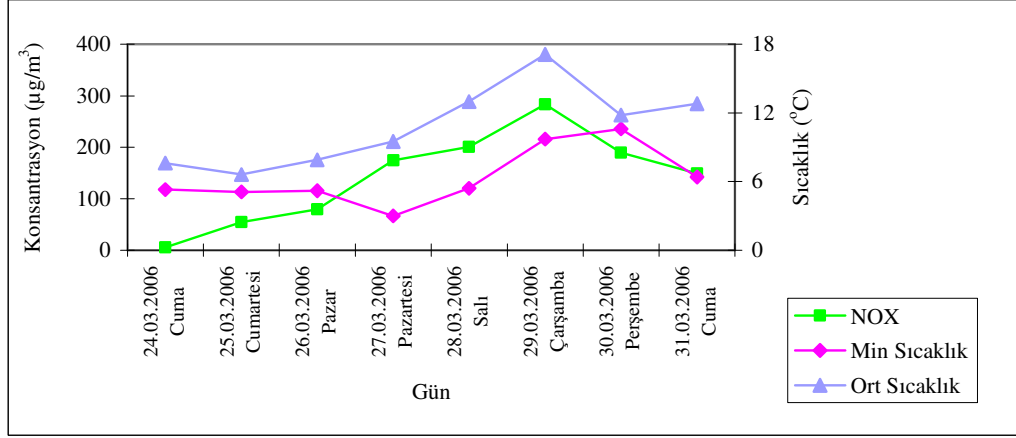
Şekil 5.32: İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi

5.3.3.3. Mevsimsel değişim

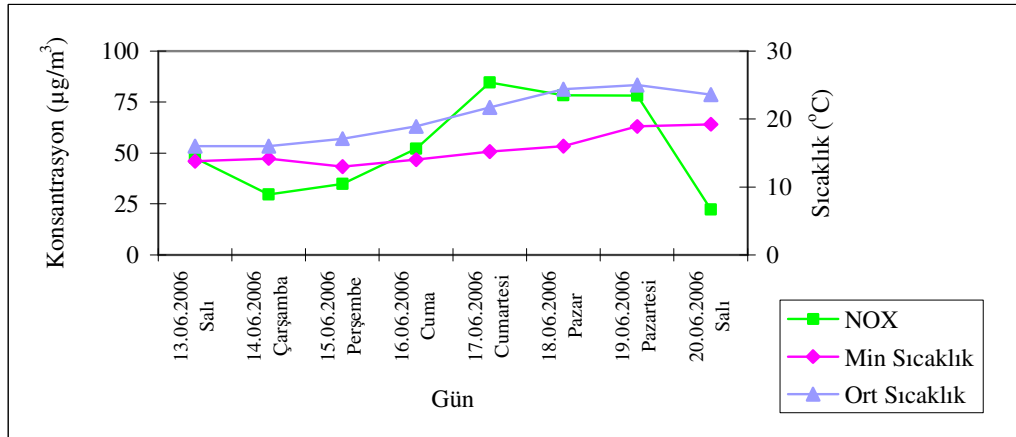
İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonunda 04.01.2006-16.01.2006, 24.03.2006-31.03.2006 ve 13.06.2006-21.06.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının mevsimsel değişimi Şekil 5.33'de görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları mevsimsel olarak



Şekil 5.34: İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi



Şekil 5.35: İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

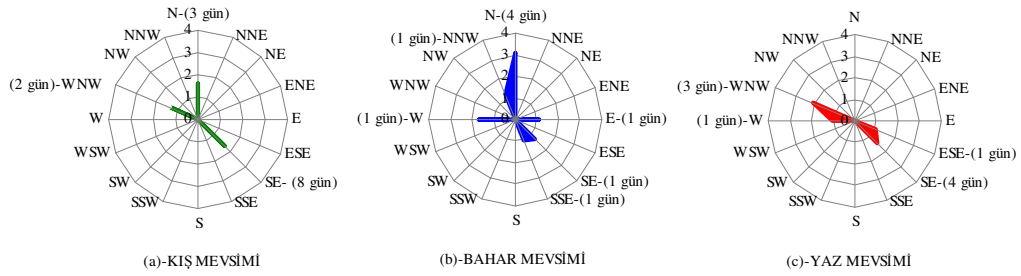


Şekil 5.36: İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

5.3.3.5. Rüzgar verileri

Ölçüm yapılan tarihlerdeki ortalama rüzgar bilgileri (Ek-3) incelendiğinde, rüzgarın kış ve yaz mevsimi ölçümleri esnasında en fazla SE yönünden (max 1,7 m/s ve 1,5 m/s hızla), bahar mevsimi ölçümleri esnasında ise en fazla N yönünden (max 3,1 m/s hızla) estiği gözlenmiştir (Şekil 5.37).

Dolayısıyla bu bölgenin, kış ve yaz mevsimlerindeki ölçümler esnasında ağırlıklı olarak SE yönünden gelen trafik, konut ve sanayi kaynaklı; bahar mevsimindeki ölçümler esnasında ise ağırlıklı olarak N yönünden gelen konut ve trafik kaynaklı NO_x emisyonlarına da maruz kaldığı düşünülmektedir.



Şekil 5.37: Rüzgar verileri-İzmit Anıtpark

5.3.4. Köseköy

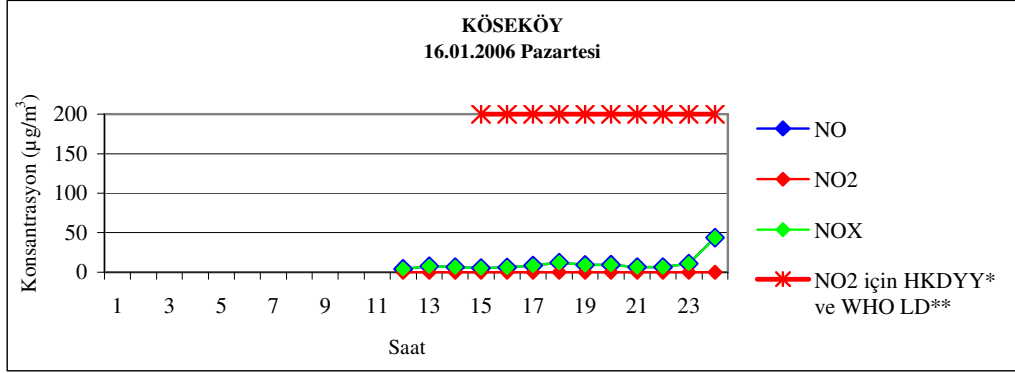
Köseköy ölçüm istasyonunda kış ve bahar ölçümleri yapılmış, ancak yaz ölçümleri yapılmamıştır.

5.3.4.1. Saatlik değişimler

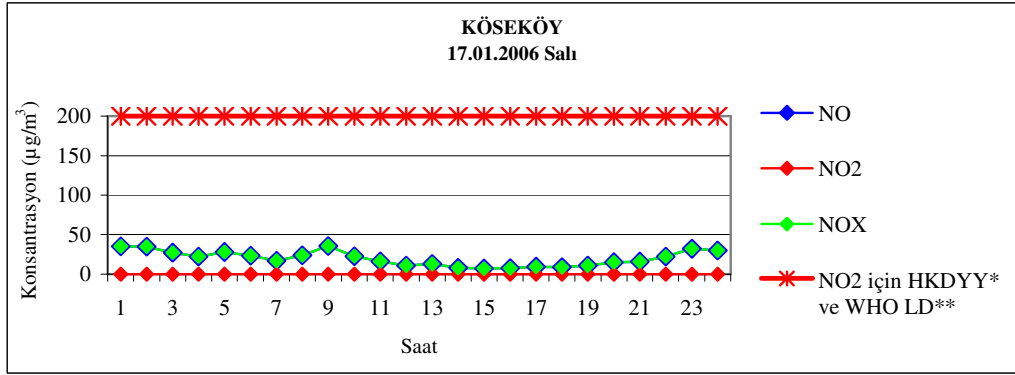
5.3.4.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

Köseköy ölçüm istasyonunda 16.01.2006 ile 23.01.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.38'de görüldüğü gibidir. Bu istasyonda yapılan ölçümler esnasında elektrik sıkıntıları yaşanmış ve bu nedenle bazı saatlerde ölçümler yapılamamıştır. Ayrıca ilde 21.01.2006-03.02.2006 tarihleri arasında bazı sanayi

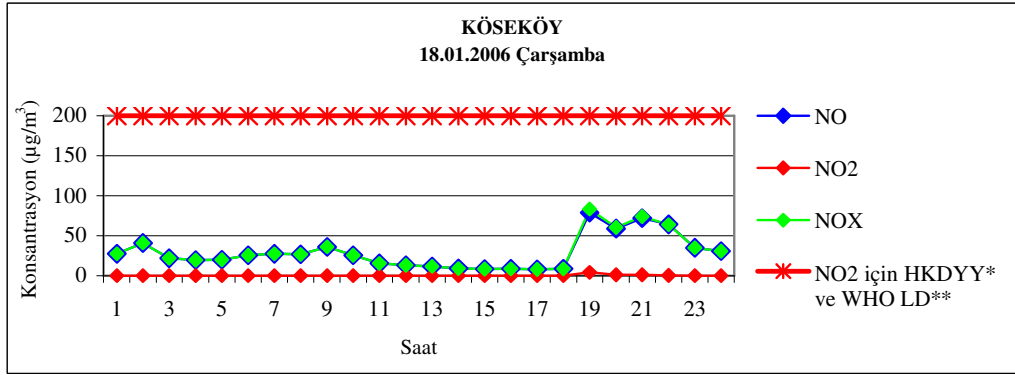
tesislerinde doğal gaz kesintileri yapılmıştır. Bu durum, istasyonda ölçümlerin yapıldığı 22 ve 23 Ocak tarihli ölçüm sonuçlarını etkilemiştir. Yapılan ölçümlere dayanılarak çizilen grafiklere göre, özellikle gece saatlerinde yükselmelerin olduğu görülmektedir.



(a)

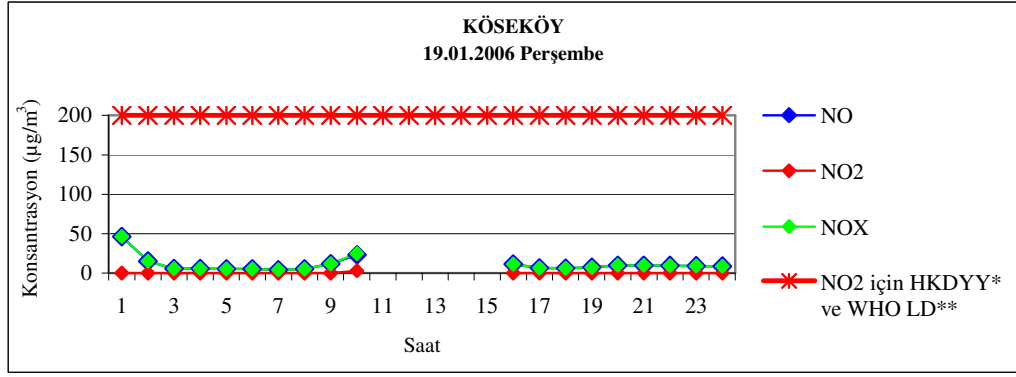


(b)

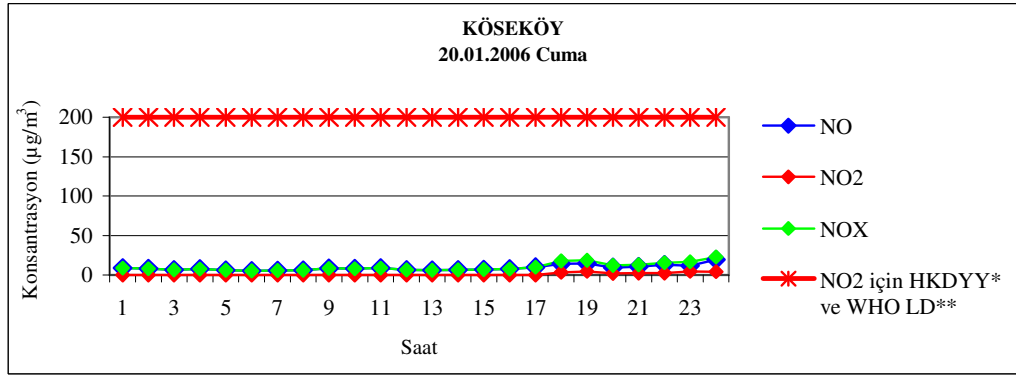


(c)

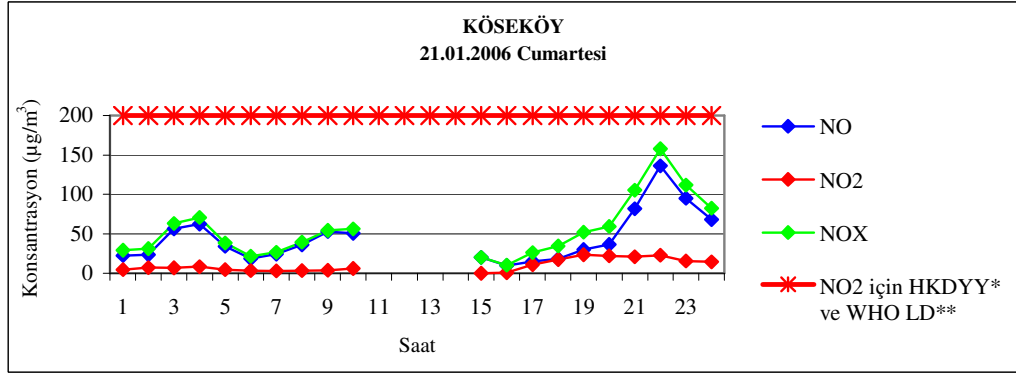
Şekil 5.38: Köseköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

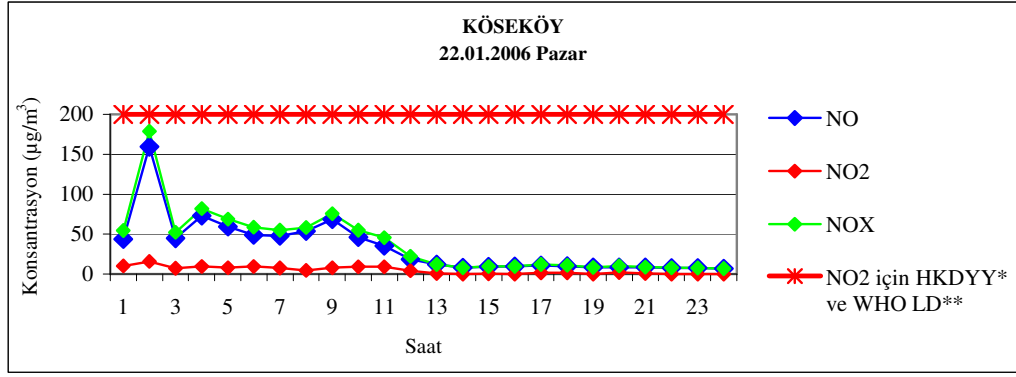


(e)

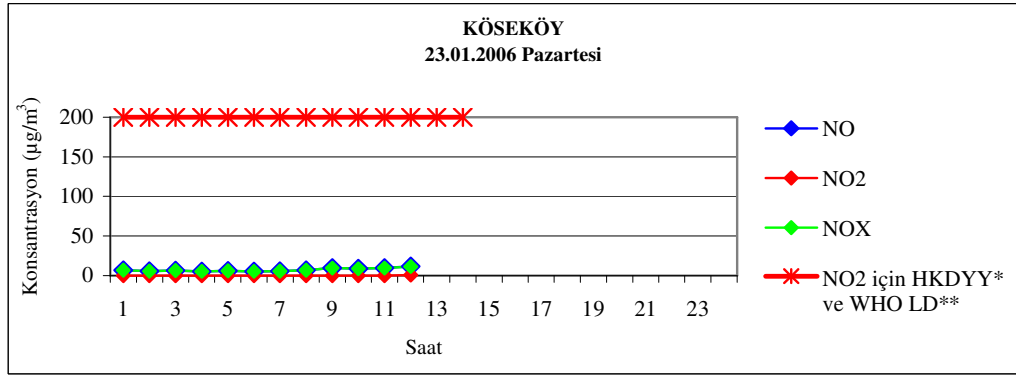


(f)

Şekil 5.38 (devam): Köseköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

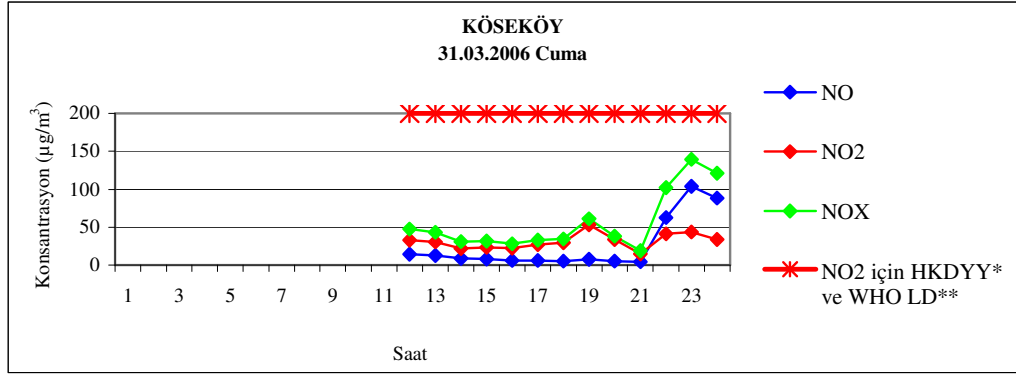
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

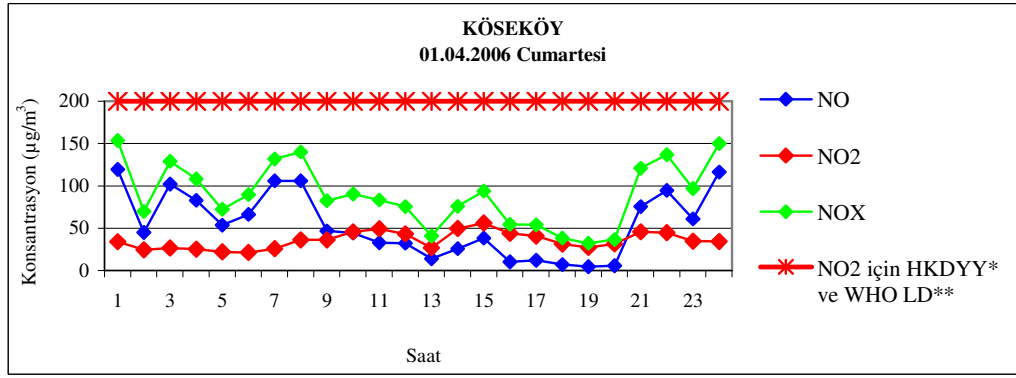
Şekil 5.38 (devam): Köseköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.4.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları

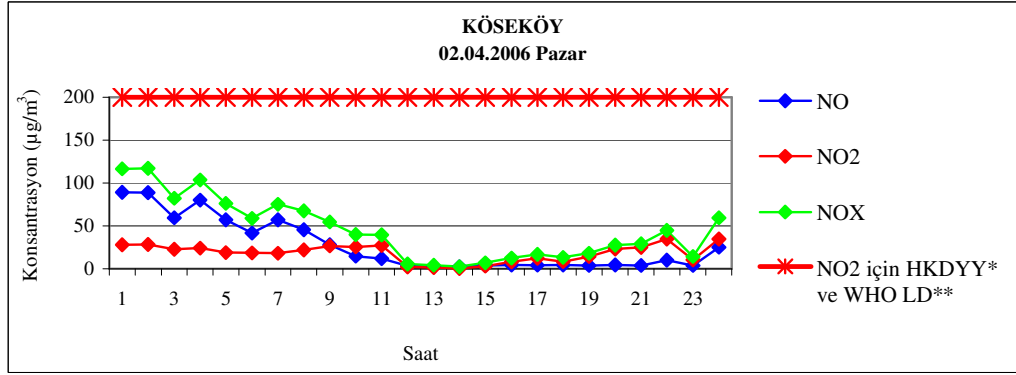
Köseköy ölçüm istasyonunda 31.03.2006 ile 07.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.39'da görüldüğü gibidir. Yapılan ölçümlere dayanılarak çizilen grafiklere göre, kış mevsiminde olduğu gibi özellikle gece saatlerinde yükselmelerin olduğu görülmektedir.



(a)

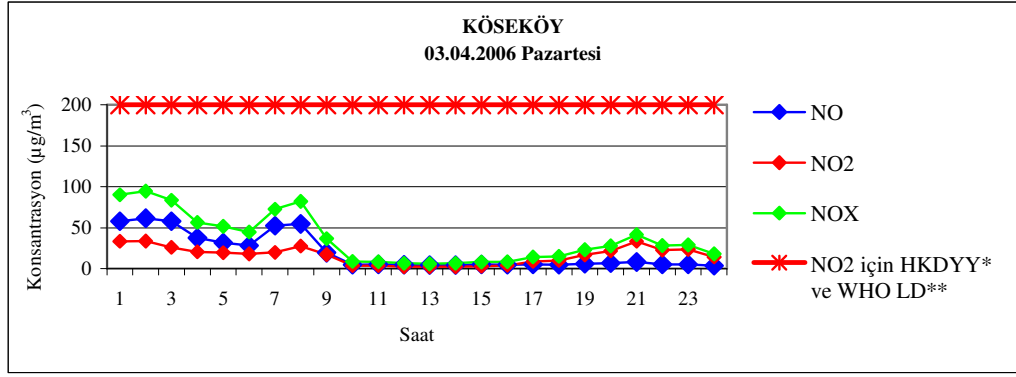


(b)

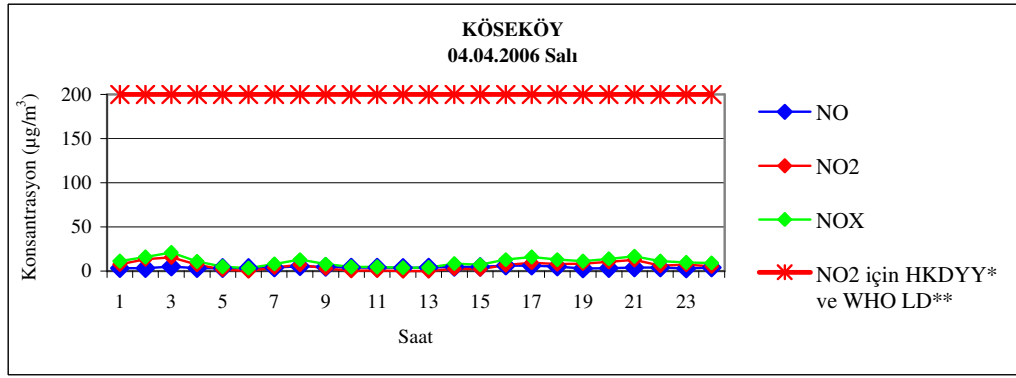


(c)

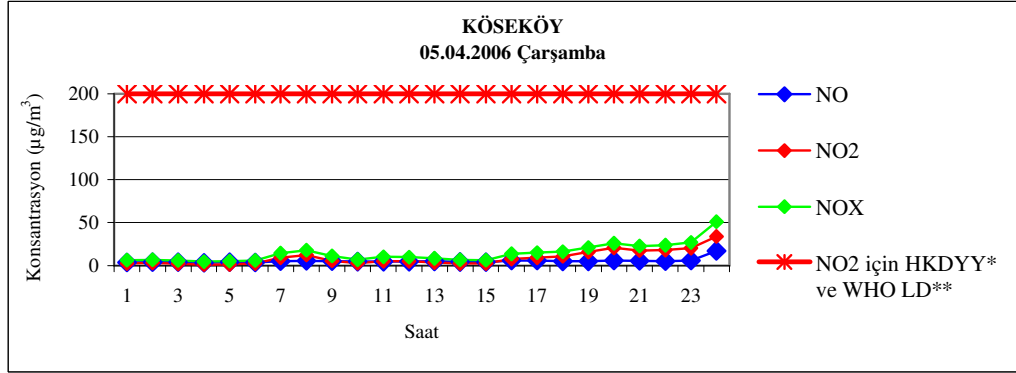
Şekil 5.39: Köseköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

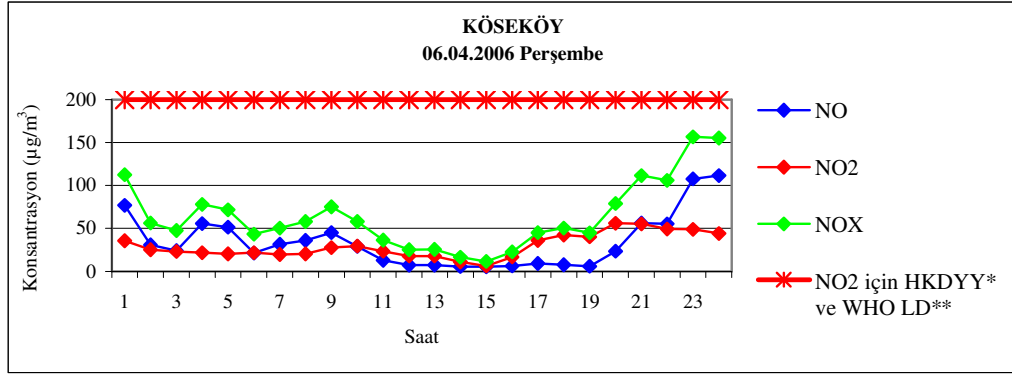


(e)

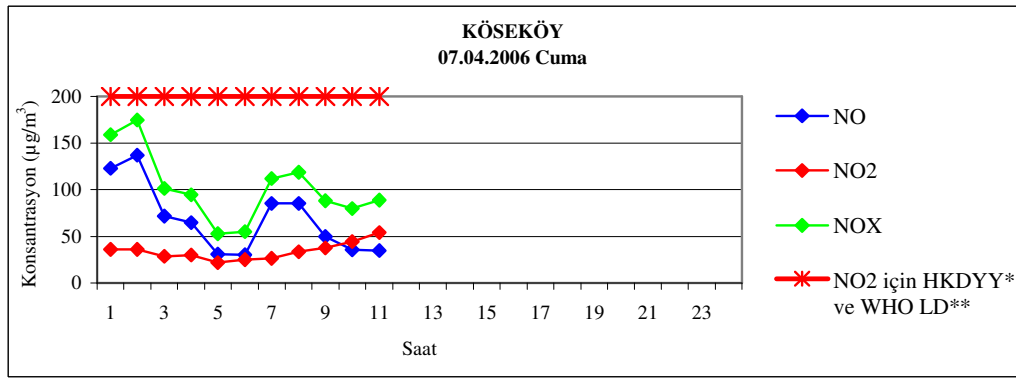


(f)

Şekil 5.39 (devam): Köseköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

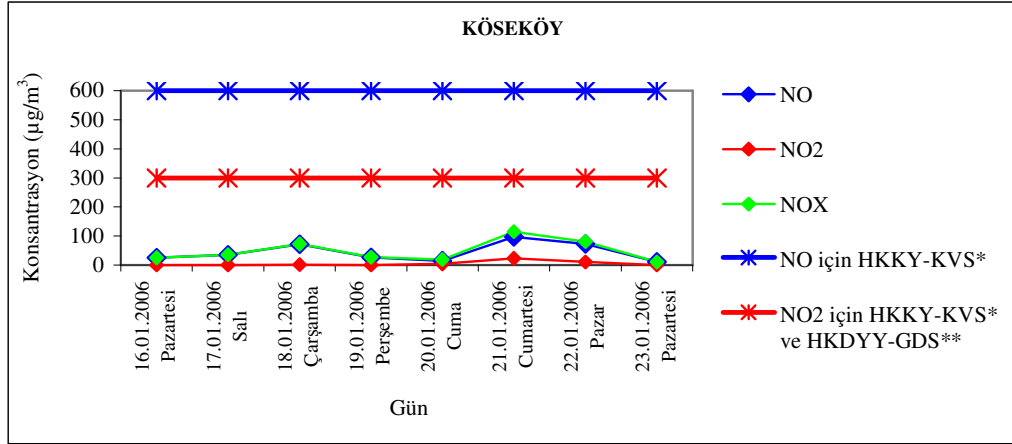
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

Şekil 5.39 (devam): Köseköy ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.4.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri

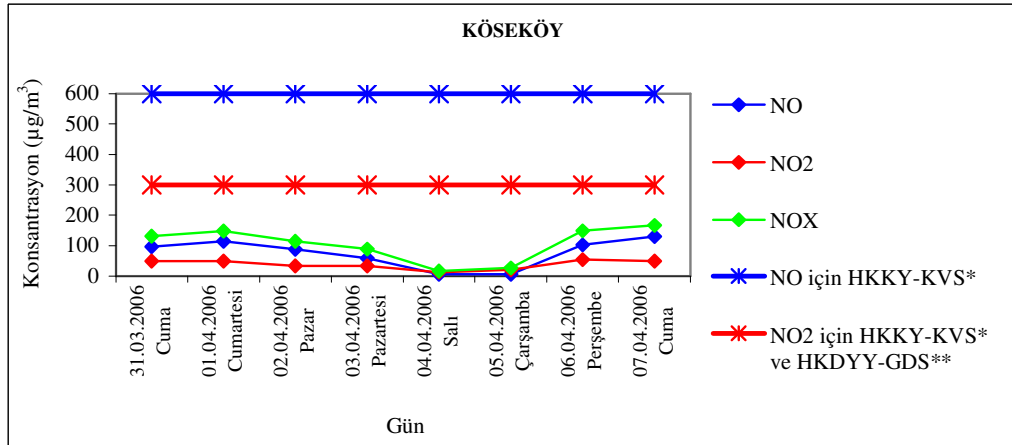
Köseköy ölçüm istasyonunda 16.01.2006-23.01.2006 ve 31.03.2006-07.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri Şekil 5.40 ve Şekil 5.41'de görüldüğü gibidir. Günlük grafikler incelendiğinde, NO_x konsantrasyon aralığının, bahar mevsimindeki 07.04.2006 Cuma tarihli 167 µg/m³ ile kış mevsimindeki 23.01.2006 Pazartesi tarihli 11 µg/m³ olduğu gözlenmektedir. Hafta içi-hafta sonu değerlendirmesi yapıldığında, kış mevsimlerinde hafta sonu, bahar mevsiminde hafta içi konsantrasyonların daha yüksek olması nedeniyle bu bölge için bir ayırım yapmak oldukça zordur. Bu istasyon ve çevresi, konut yoğunluğu fazla, sanayi kuruluşları seyrek biçimde dağılmış ve taşıt yoğunluğu az olan bir bölgedir.



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.40: Köseköy ölçüm istasyonundaki kış örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

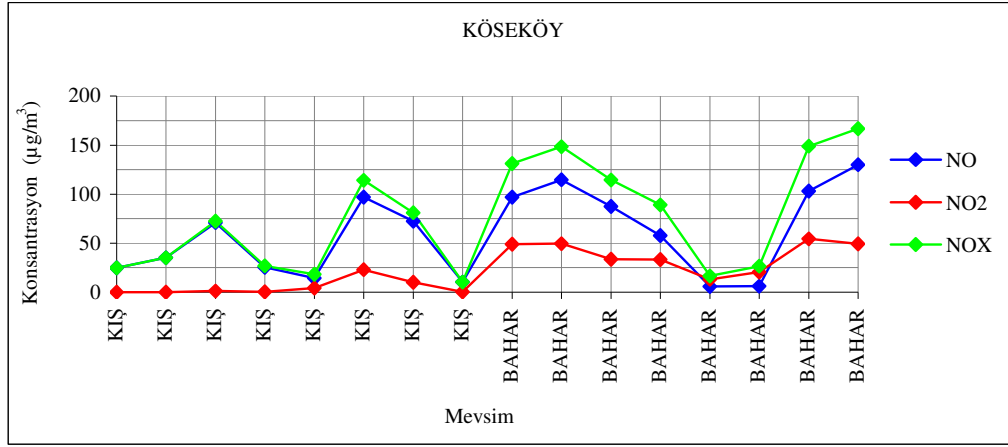
**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.41: Köseköy ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi

5.3.4.3. Mevsimsel değişim

Köseköy ölçüm istasyonunda 16.01.2006-23.01.2006 ve 31.03.2006-07.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının mevsimsel değişimi Şekil 5.42'de görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde bahar mevsiminde konsantrasyonların, kış mevsimine göre daha da arttığı gözlenmektedir. Ortalama hava sıcaklıkları incelendiğinde, kış mevsiminde ortalama sıcaklığın 0-6 °C ve min sıcaklığın (-1)-1 °C aralığında , bahar mevsiminde ise ortalama sıcaklığın 9-

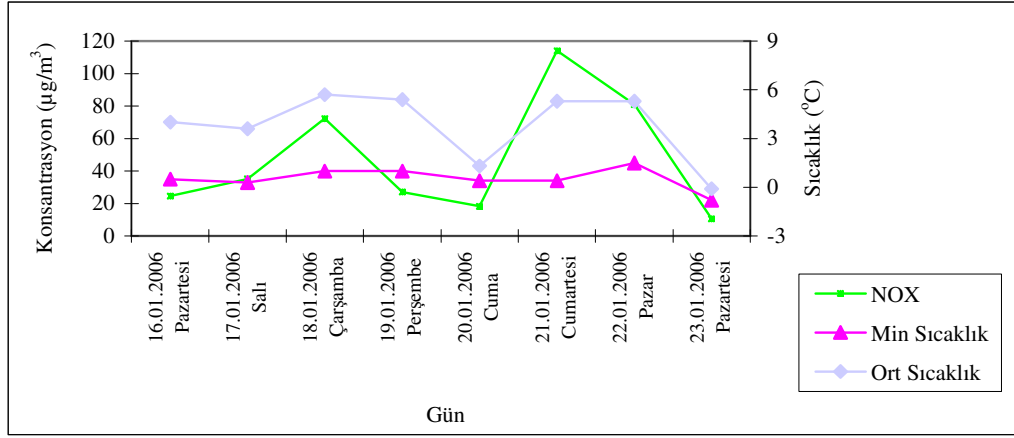
17 °C ve min sıcaklığın 4-13 °C aralığında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu sıcaklıklara bakıldığında, kış mevsiminde soğuk havalara bağlı olarak yakıt tüketiminin fazla olması ve NO_x konsantrasyonlarının daha yüksek olması beklenirken, tam tersi olmuş bahar mevsiminde konsantrasyonlar daha yüksek çıkmıştır. Bunda kış mevsimindeki 21.01.2006-03.02.2006 tarihleri arasındaki doğal gaz kesintilerinin ve yine kış mevsiminde ölçüm yapılan tarihler arasında meslek yüksek okulunun tatil sebebi ile ısınma amacıyla yakıt tüketmemesinin etkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca hava hareketlerinin etkisi göz önünde bulundurularak, bölgenin civardaki sanayi tesislerinden de etkilenebileceği düşünülmektedir.



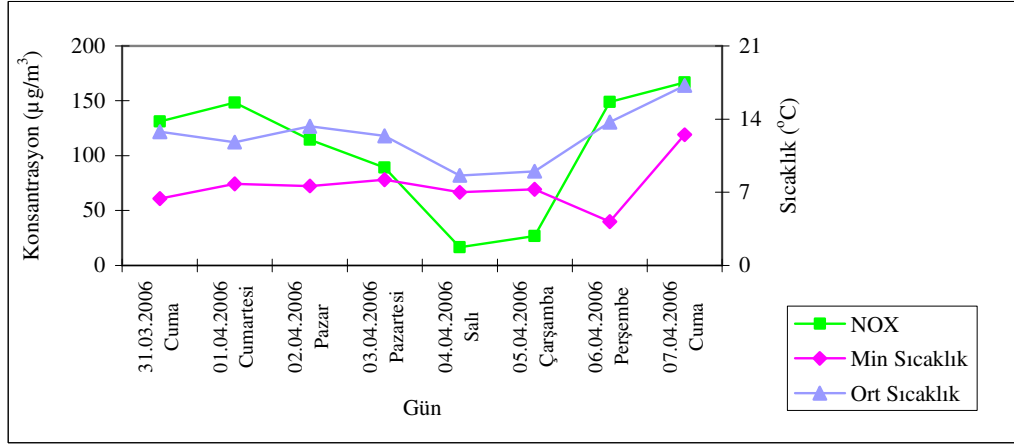
Şekil 5.42: Köseköy ölçüm istasyonundaki NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

5.3.4.4. Sıcaklıkla değişimler

Köseköy ölçüm istasyonunda 16.01.2006-23.01.2006 ve 31.03.2006-07.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının sıcaklıkla değişimleri Şekil 5.43 ve Şekil 5.44'de görüldüğü gibidir. NO_x-sıcaklık arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla korelasyon katsayılarına bakılmış, kış mevsimi için; 0,470 ve bahar mevsimi için; 0,213 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu istasyondaki ölçüm sonuçlarına göre NO_x ile sıcaklık arasında herhangi bir ilişki olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.43: Köseköy ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi



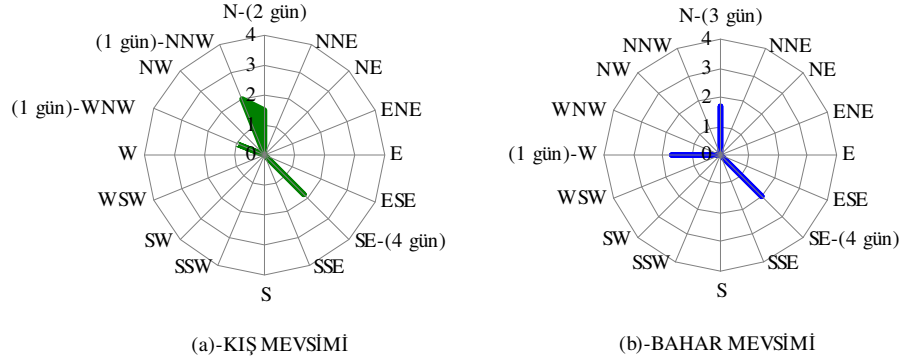
Şekil 5.44: Köseköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

5.3.4.5. Rüzgar verileri

Ölçüm yapılan tarihlerdeki ortalama rüzgar bilgileri (Ek-3) incelendiğinde, rüzgarın kış ve bahar mevsimi ölçümleri esnasında en fazla SE yönünden (max 1,9 m/s ve 2 m/s hızla) estiği gözlenmiştir. Ancak SE yönünden esen rüzgar sayısı kadar (4 gün), kış mevsiminde N, NNW ve WNW (toplam 4 gün), bahar mevsiminde ise N ve W (toplam 4 gün) yönlerinden de estiği gözlenmiştir (Şekil 5.45).

Bölgenin SE yönünde önemli olabilecek NO_x kaynağı bulunmamakta, ancak N, NNW, WNW ve W yönlerinde NO_x kaynakları bulunmaktadır. Dolayısıyla bu

bölgenin bu yönlerden gelen sanayi, trafik ve konut kaynaklı NO_x emisyonlarına da maruz kaldığı düşünülmektedir.



Şekil 5.45: Rüzgar verileri-Köseköy

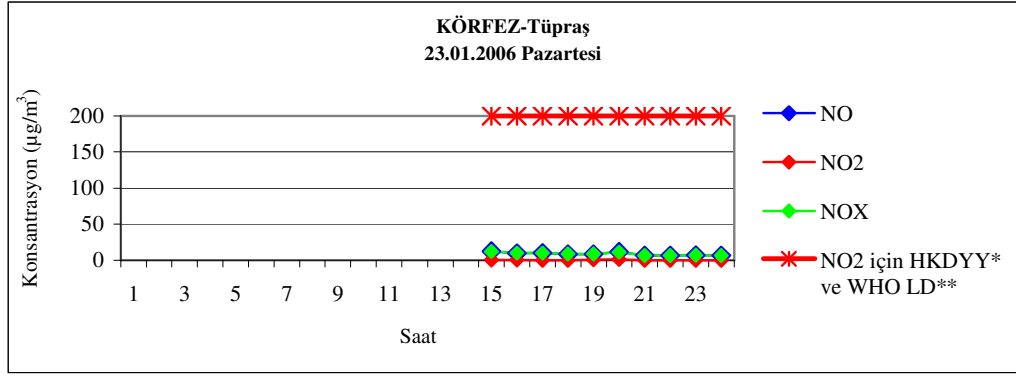
5.3.5. Körfez-Tüpraş

Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonunda kış ve bahar ölçümleri yapılmış, ancak yaz ölçümleri yapılmamıştır.

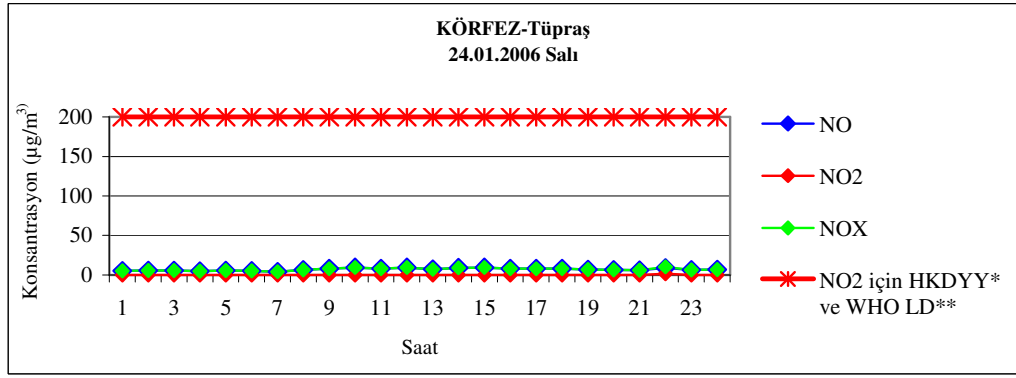
5.3.5.1. Saatlik değişimler

5.3.5.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

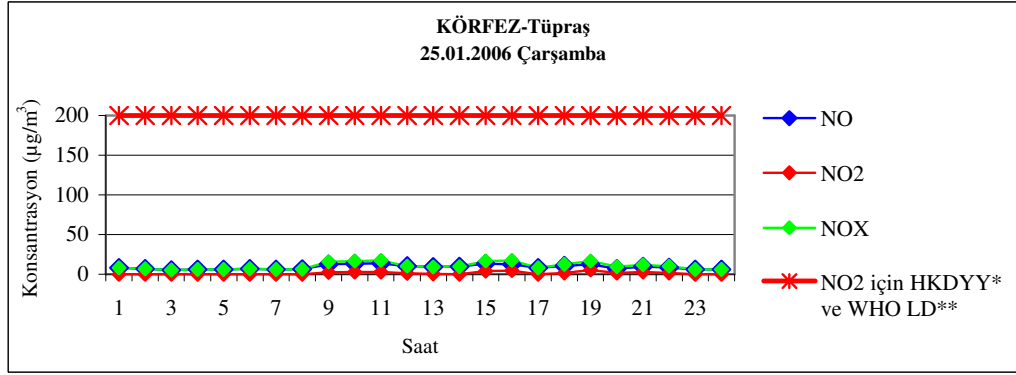
Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonunda 23.01.2006 ile 27.01.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.46'da görüldüğü gibidir. Ölçüm istasyonunda cihazın çalışma şartlarının (ortam sıcaklığının 5-40 °C olması) sağlanamaması nedeniyle 23.01.2006 Pazartesi günü başlayan ölçümler, 27.01.2006 Cuma günü kesilmiş ve hafta sonu ölçümleri bu turda yapılamamıştır. Ayrıca ilde 21.01.2006-03.02.2006 tarihleri arasında bazı sanayi tesislerinde doğal gaz kesintileri yapılmıştır. Bu durum, ölçüm sonuçlarını etkilemiştir. Yapılan ölçümler değerlendirildiğinde, NO_x konsantrasyonlarının 20 µg/m³'ün altında olduğu görülmektedir. Çok düşük düzeylerde gelişen ölçüm değerleri bu yöre için dikkat çekicidir. Konut yoğunluğunun düşük oluşu, deniz kenarındaki hava akımlarının etkisinin önemli olduğu düşünülmektedir.



(a)

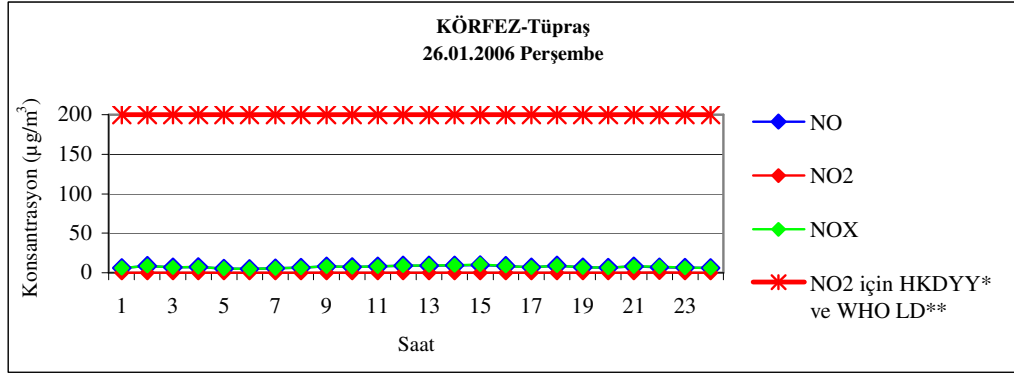


(b)

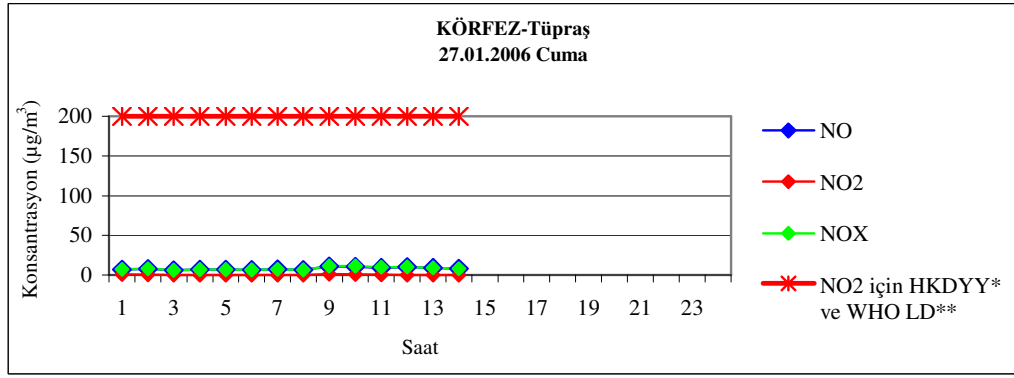


(c)

Şekil 5.46: Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)



(e)

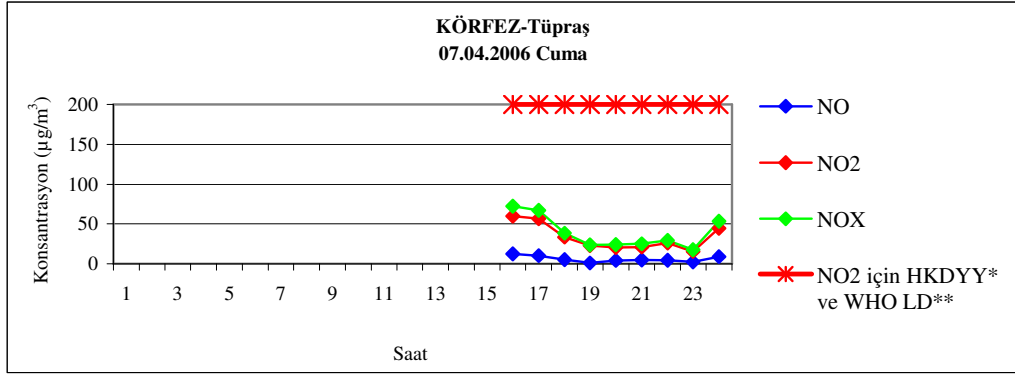
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

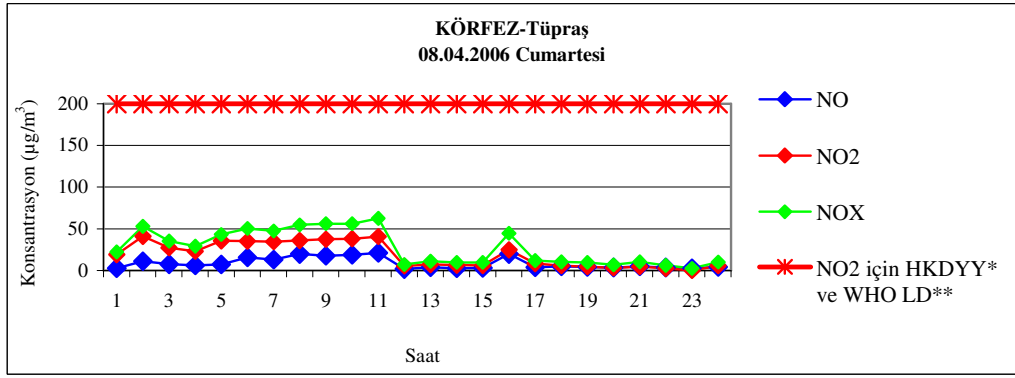
Şekil 5.46 (devam): Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.5.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları

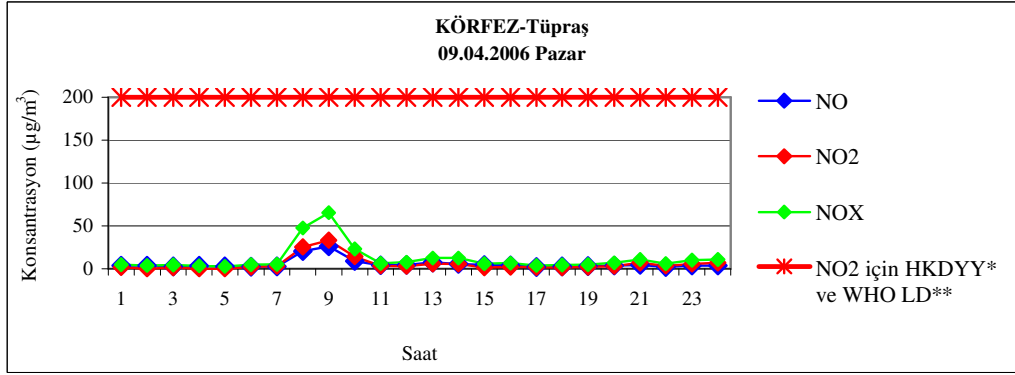
Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonunda 07.04.2006 ile 14.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.47'de görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde konsantrasyon yükselmelerinin farklı günler için farklı saatlerde olduğu görülmektedir.



(a)

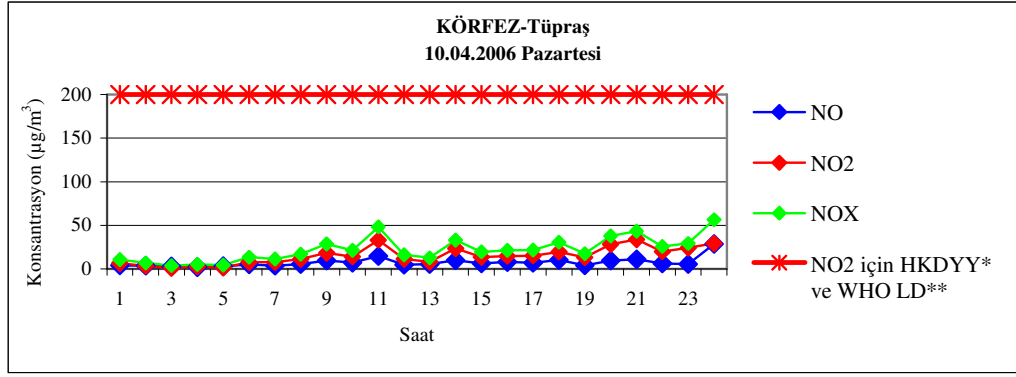


(b)

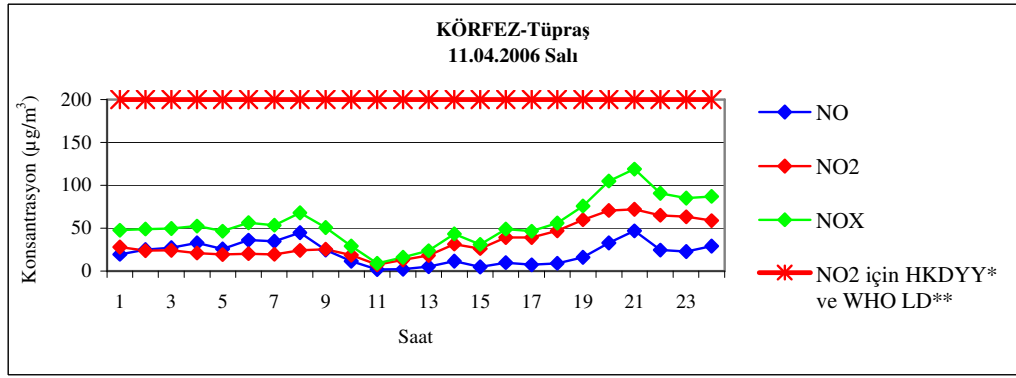


(c)

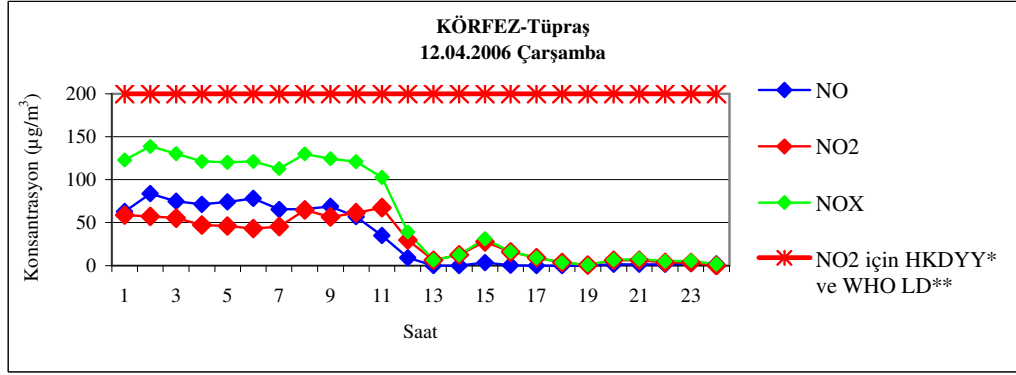
Şekil 5.47: Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

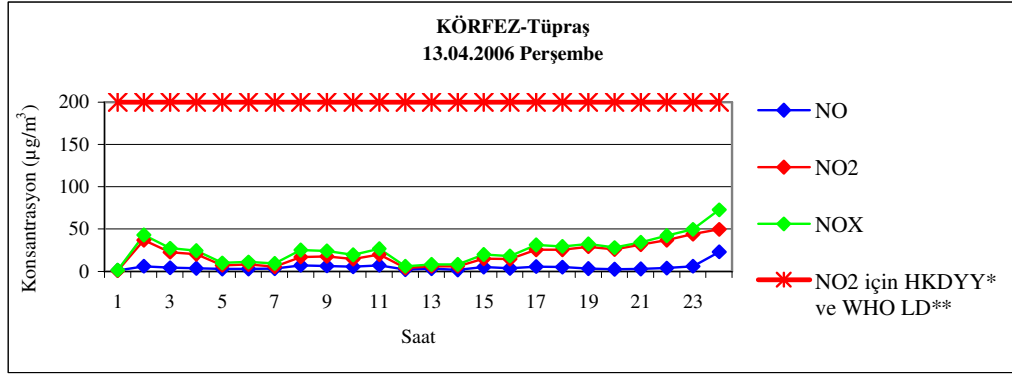


(e)

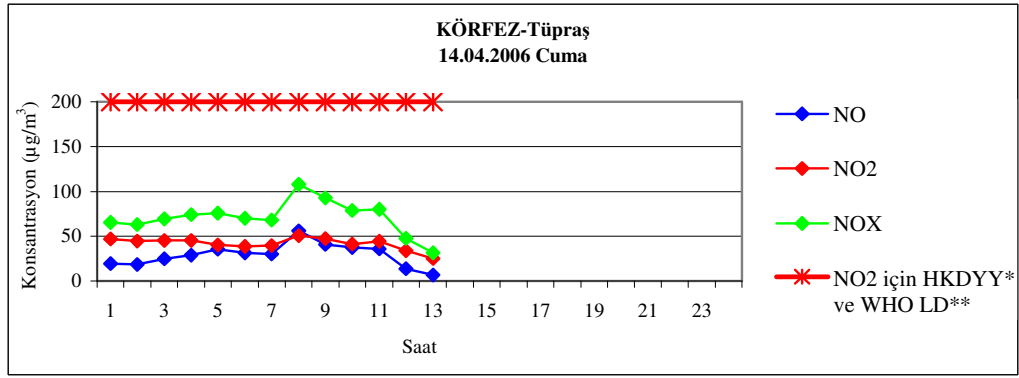


(f)

Şekil 5.47 (devam): Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

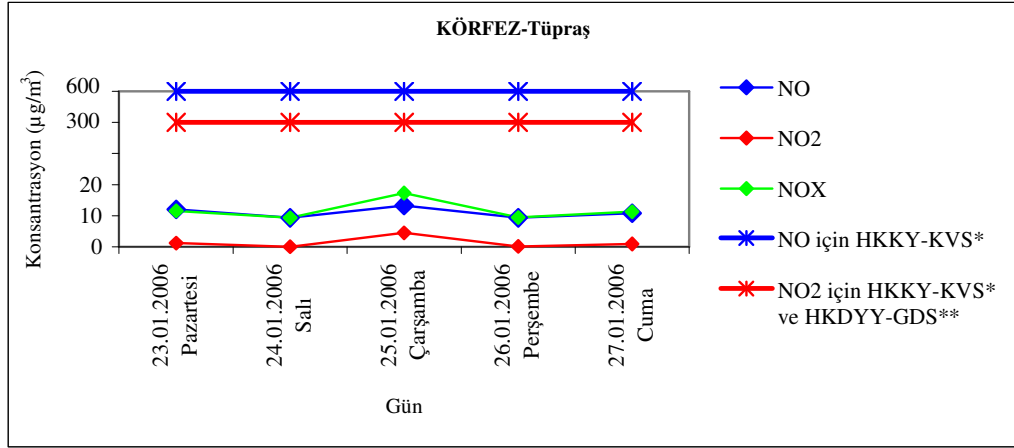
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

Şekil 5.47 (devam): Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.5.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri

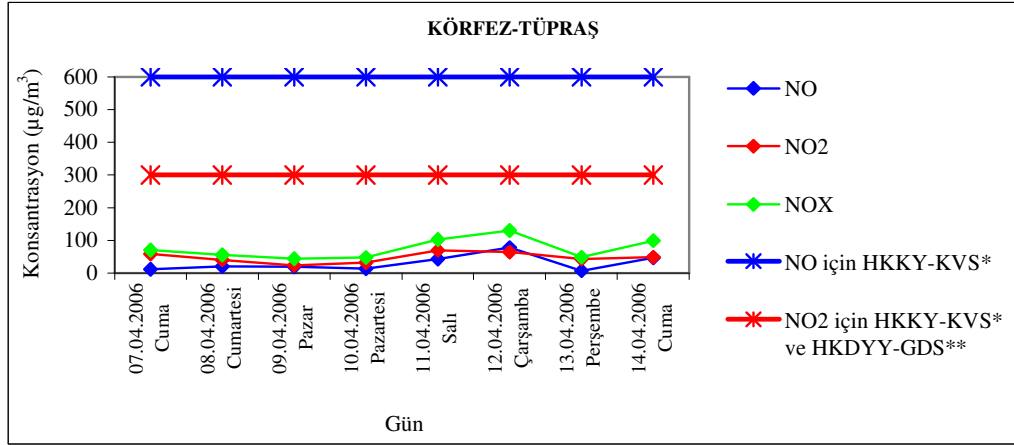
Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonunda 23.01.2006-27.01.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının günlük değişimleri Şekil 5.48'de, 07.04.2006-14.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri Şekil 5.49'da görüldüğü gibidir. Günlük grafikler incelendiğinde, NO_x konsantrasyon aralığının, bahar mevsimindeki 12.04.2006 Çarşamba tarihli 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile kış mevsimindeki 24.01.2006 Salı tarihli 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu gözlenmektedir. Hafta içi-hafta sonu değişimleri incelendiğinde, sadece bahar mevsiminde yapılan haftalık ölçüm sonucuna göre hafta içi konsantrasyonların daha yüksek olduğu söylenebilir.



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.48: Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük değişimi



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

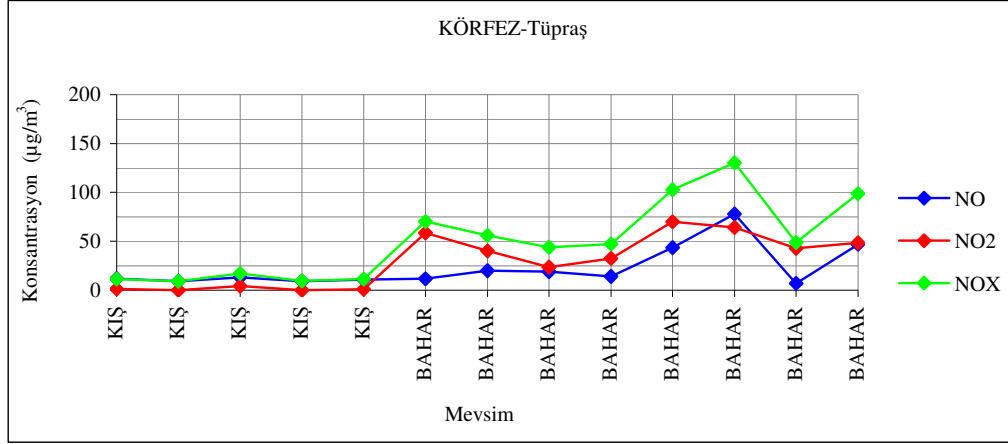
**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.49: Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi

5.3.5.3. Mevsimsel değişim

Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonunda 23.01.2006-27.01.2006 ve 07.04.2006-14.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının mevsimsel değişimi Şekil 5.50'de görüldüğü gibidir. Bu grafiğe göre kış mevsiminde düşük olan NO_x konsantrasyonları, bahar mevsiminde artmaktadır. Ortalama hava sıcaklıkları incelendiğinde, kış mevsiminde ortalama sıcaklığın (-1)-0 °C ve min sıcaklığın (-3)-(-1) °C aralığında , bahar mevsiminde ise ortalama sıcaklığın 9-18 °C ve min

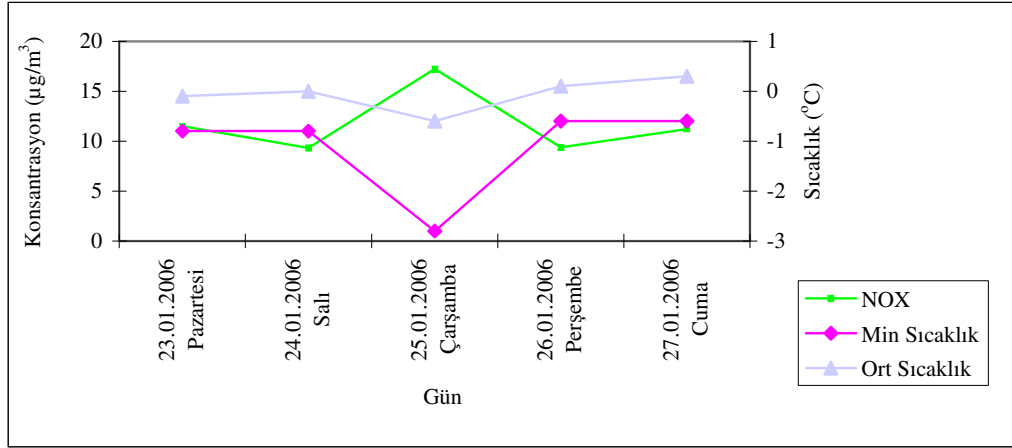
sıcaklığın 6-14 °C aralığında olduğu görülmüştür. Kış mevsimindeki doğal gaz kesintilerinin sonuçları etkilediği düşünülmektedir.



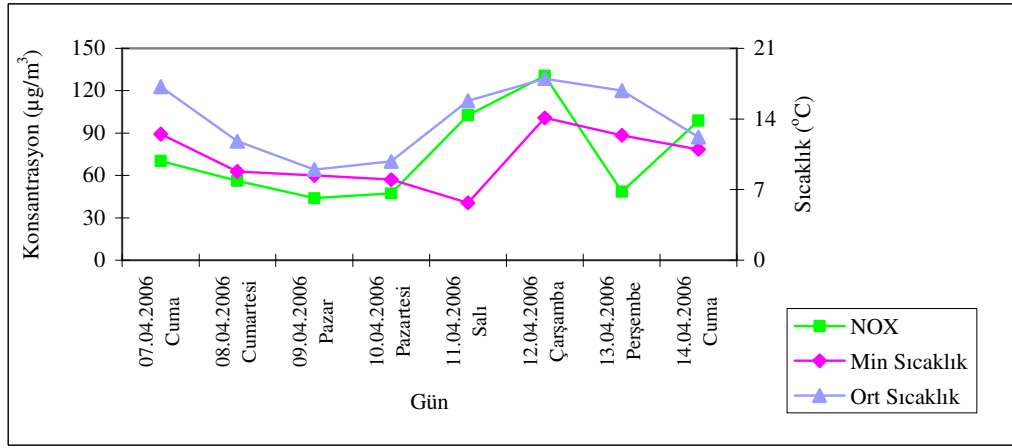
Şekil 5.50: Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

5.3.5.4. Sıcaklıkla değişimler

Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonunda 23.01.2006-27.01.2006 ve 07.04.2006-14.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının sıcaklıkla değişimleri Şekil 5.51 ve Şekil 5.52'de görüldüğü gibidir. NO_x-sıcaklık arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla korelasyon katsayılarına bakılmış, kış mevsimi için; -0,946 ve bahar mevsimi için; 0,290 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu istasyondaki ölçüm sonuçlarına göre kış mevsimi için NO_x ile sıcaklık arasında çok yüksek ilişki, bahar mevsimi için ise herhangi bir ilişki olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.51: Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

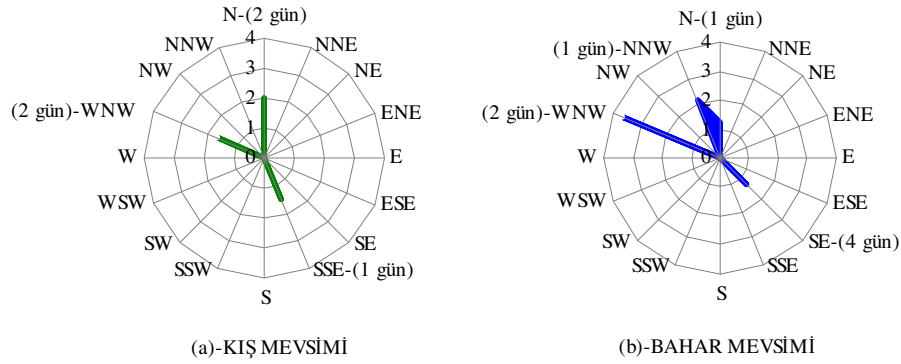


Şekil 5.52: Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

5.3.5.5. Rüzgar verileri

Ölçüm yapılan tarihlerdeki ortalama rüzgar bilgileri (Ek-3) incelendiğinde, rüzgarın kış mevsiminde N ve WNW yönlerinden (max 2 m/s ve 1,7 m/s hızla), bahar mevsimi ölçümleri esnasında ise en fazla SE yönünden (max 1,3 m/s hızla) estiği gözlenmiştir. Ancak bahar mevsiminde SE yönünden esen rüzgar sayısı kadar (4 gün), N, NNW ve WNW (toplam 4 gün) yönlerinden de estiği gözlenmiştir (Şekil 5.53).

Bu istasyonunun bulunduğu bölge, yaklaşık 8000 ton/yıllık NO_x emisyonu oluşumunun gerçekleştiği (Körfez-Tüpraş, Körfez-İgşaş ve Körfez-Petkim) bölge olmasından ötürü, bu bölgenin diğer yönlerden gelebilecek NO_x emisyonlarına maruz kalmasından çok, bu bölgede oluşan NO_x emisyonlarının diğer yönlere gittiği düşünülmektedir. Dolayısıyla, emisyonların kış mevsimindeki ölçümler esnasında ağırlıklı olarak S ve ESE yönlerine doğru gittiği, bahar mevsiminde ise hem NW yönüne hem de S, SSE ve ESE yönlerine doğru gittiği düşünülmektedir.



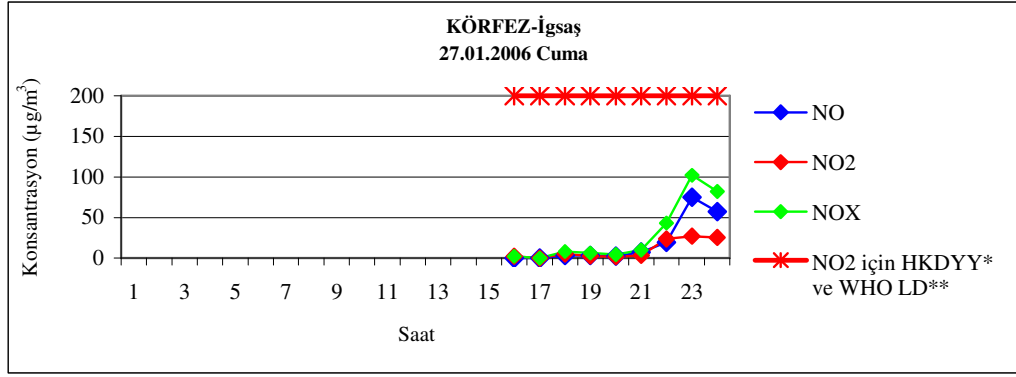
Şekil 5.53: Rüzgar verileri-Körfez Tüpraş

5.3.6. Körfez-İgşaş

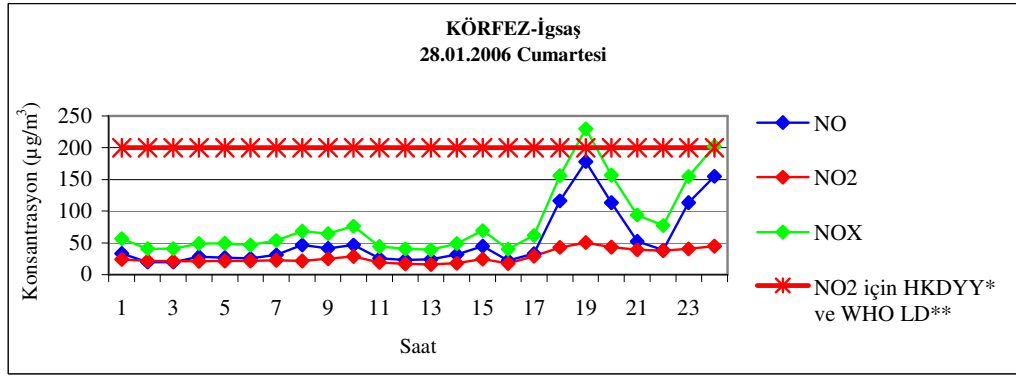
5.3.6.1. Saatlik değişimler

5.3.6.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

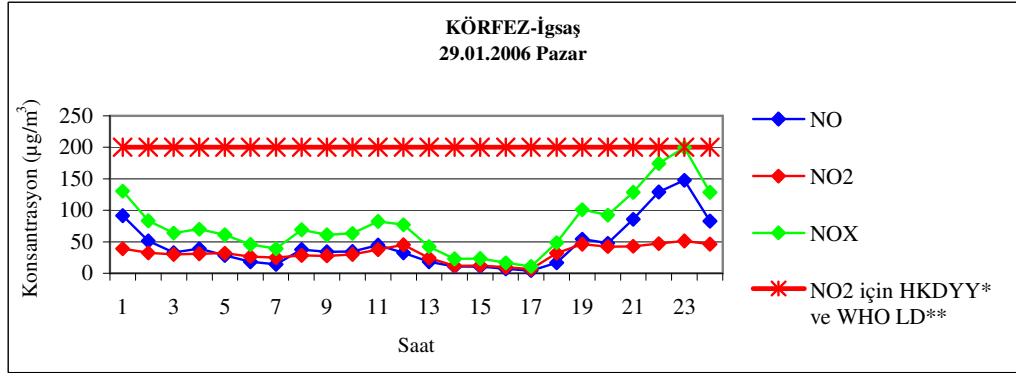
Körfez-İgşaş ölçüm istasyonunda 27.01.2006 ile 03.02.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.54'de görüldüğü gibidir. Tüm grafikler incelendiğinde yoğunluklu olarak akşam saatlerinde (17:00 sonrası) konsantrasyonlarda artış gözlenmektedir. En yüksek NO_x konsantrasyonun görüldüğü tarih 28.01.2006 Cumartesi'dir. Ölçümlerin yapıldığı tarihler arasında tesis duruşta olduğundan konsantrasyon yükselmelerinde tesisin etkisinden bahsedilemez. Ayrıca ilde 21.01.2006-03.02.2006 tarihleri arasında bazı sanayi tesislerinde doğal gaz kesintileri yapılmıştır. Bu durum da, ölçüm sonuçlarını etkilemiştir.



(a)

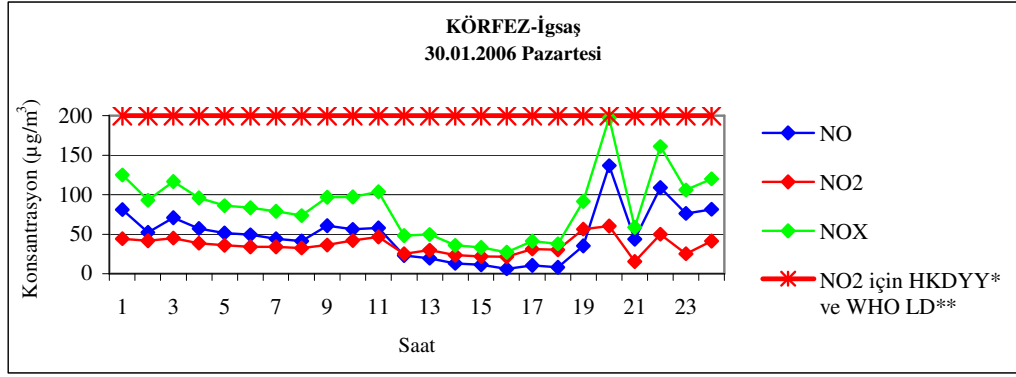


(b)

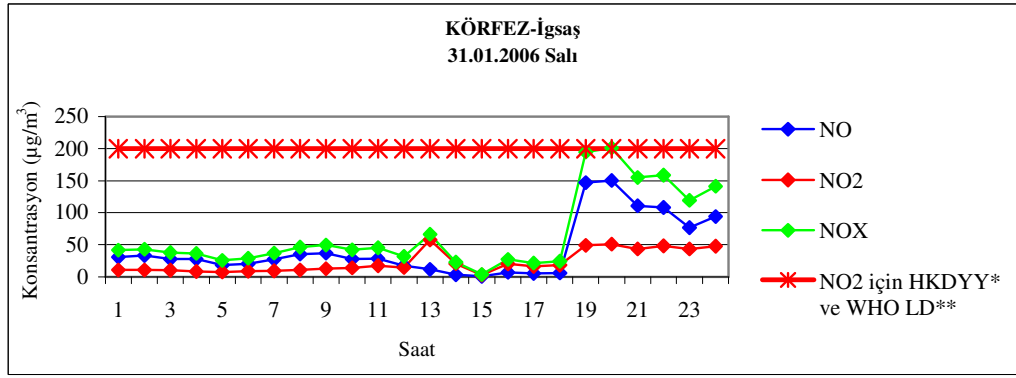


(c)

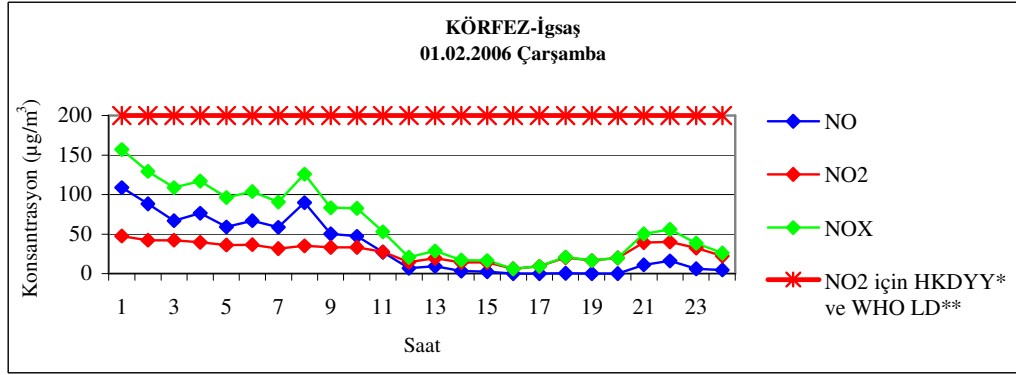
Şekil 5.54: Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

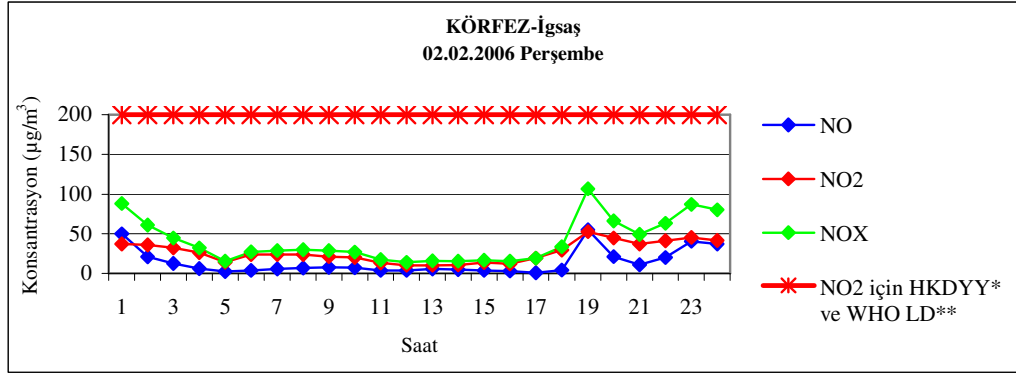


(e)

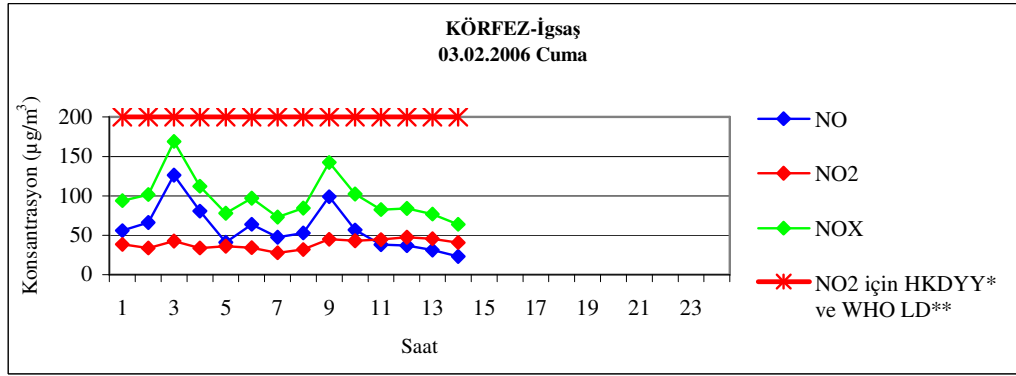


(f)

Şekil 5.54 (devam): Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

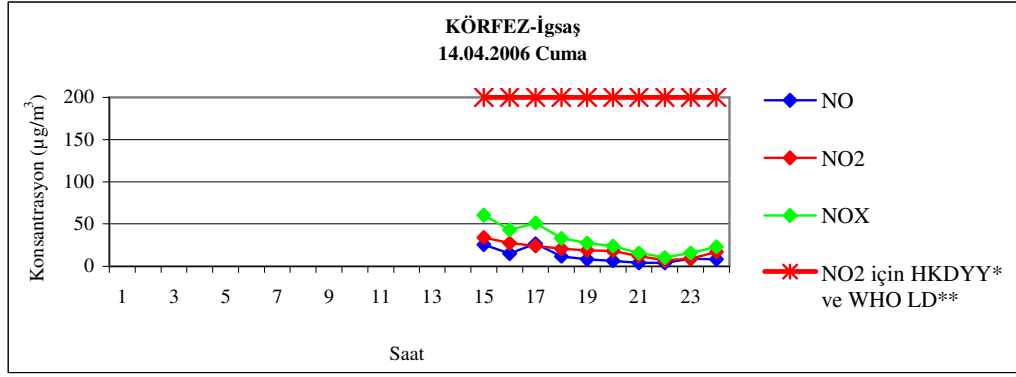
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

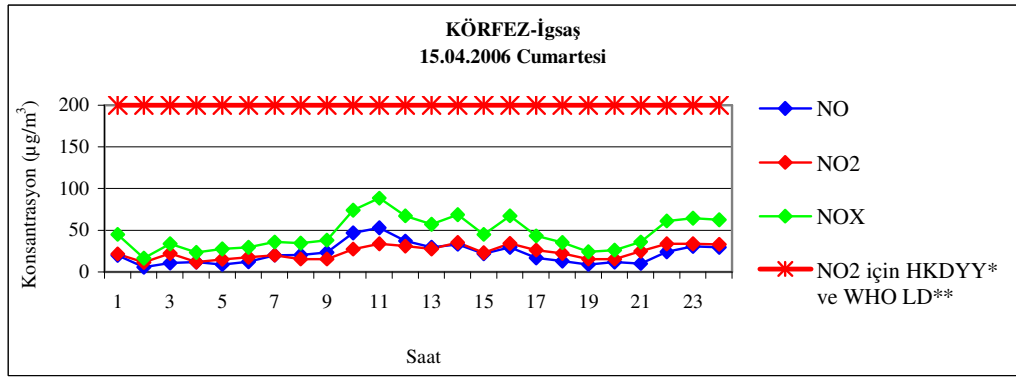
Şekil 5.54 (devam): Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.6.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları

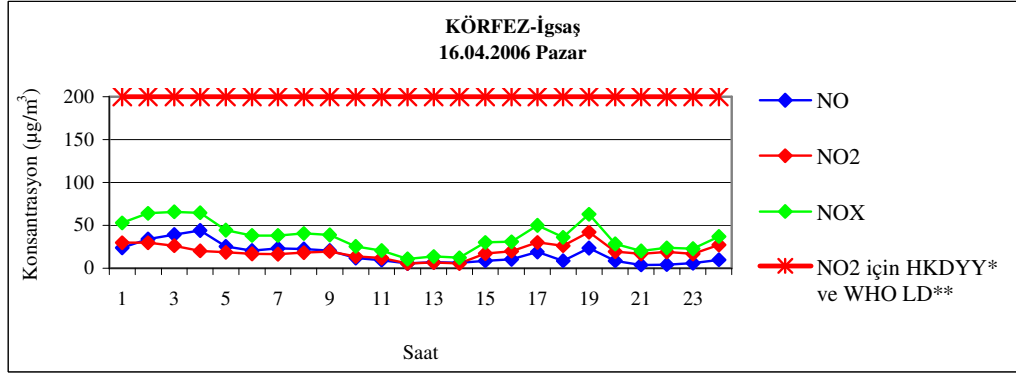
Körfez-İgşaş ölçüm istasyonunda 14.04.2006 ile 21.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.55'de görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, konsantrasyon yükselmelerinin farklı günlerde farklı saatlere denk geldiği gözlenmektedir. Genelde NO_x konsantrasyonlarının 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında kaldığı, sadece 24.04.2006 Perşembe tarihinde bu değerın üstüne çıktığı görülmektedir.



(a)

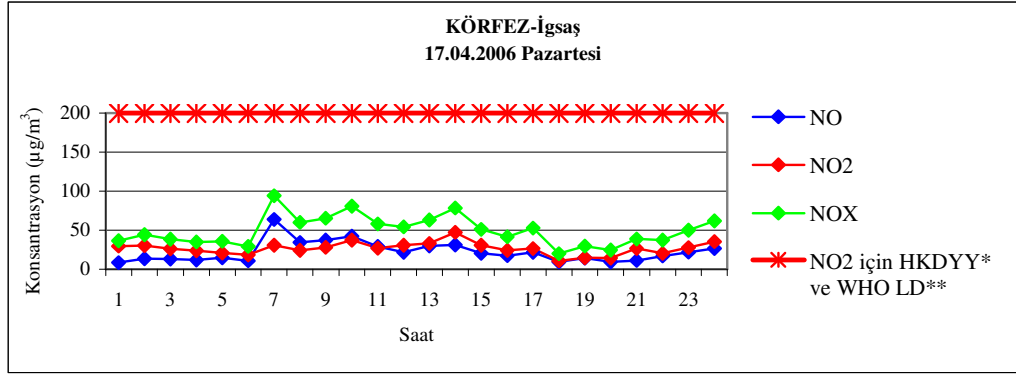


(b)

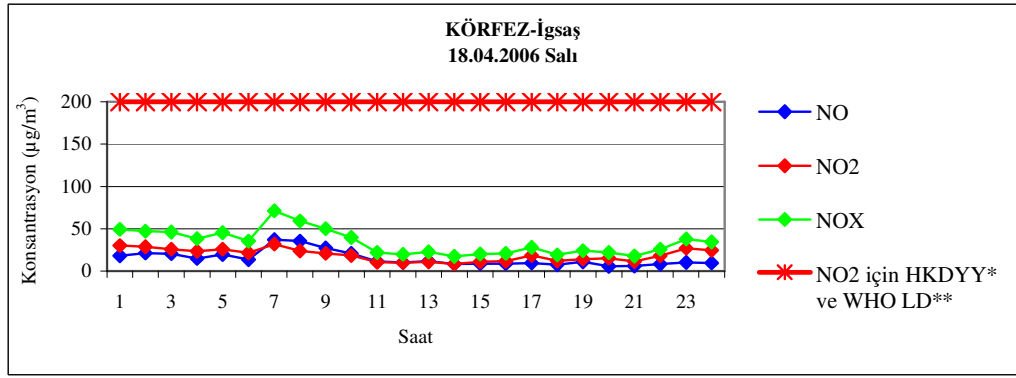


(c)

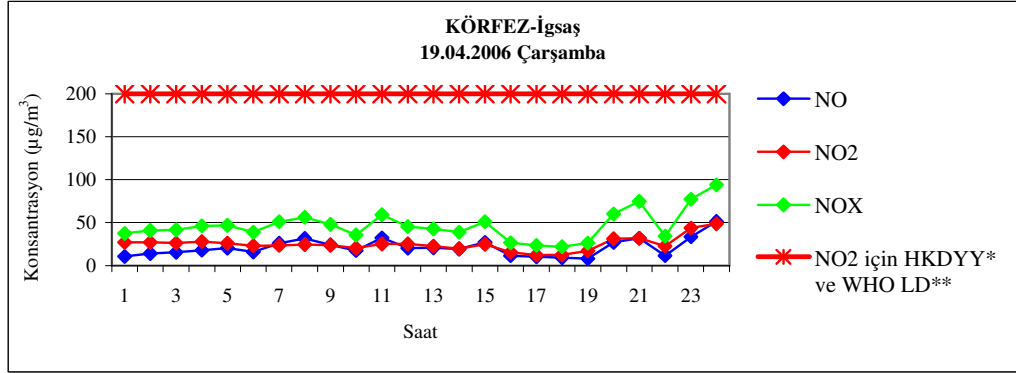
Şekil 5.55: Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_X konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

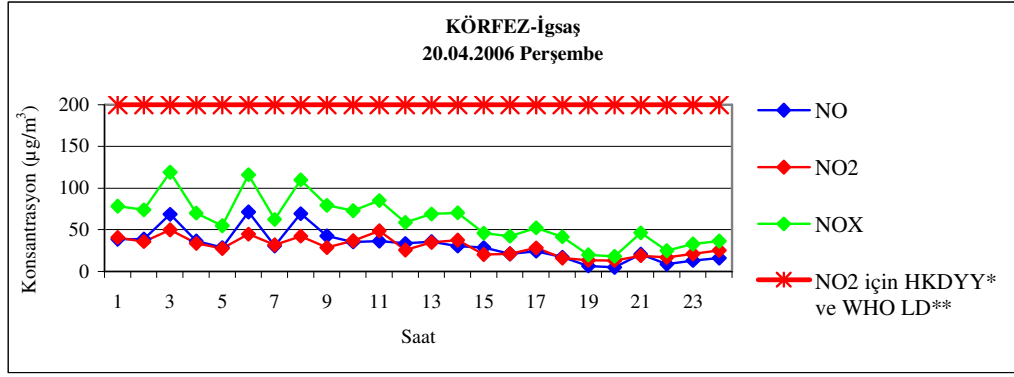


(e)

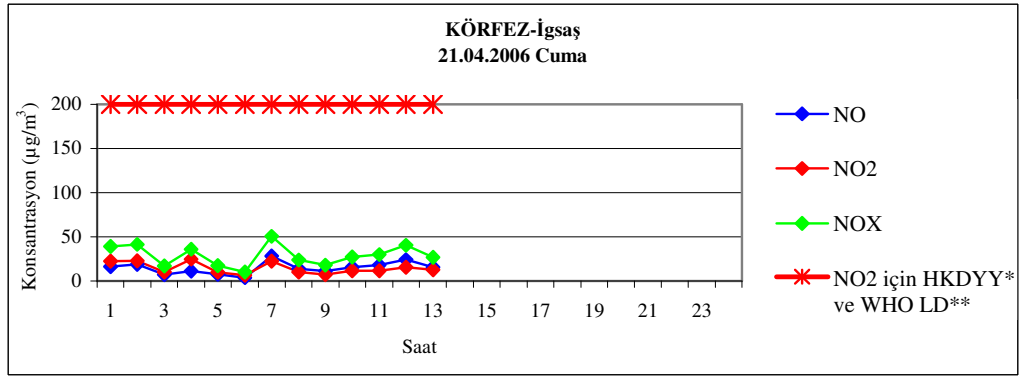


(f)

Şekil 5.55 (devam): Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

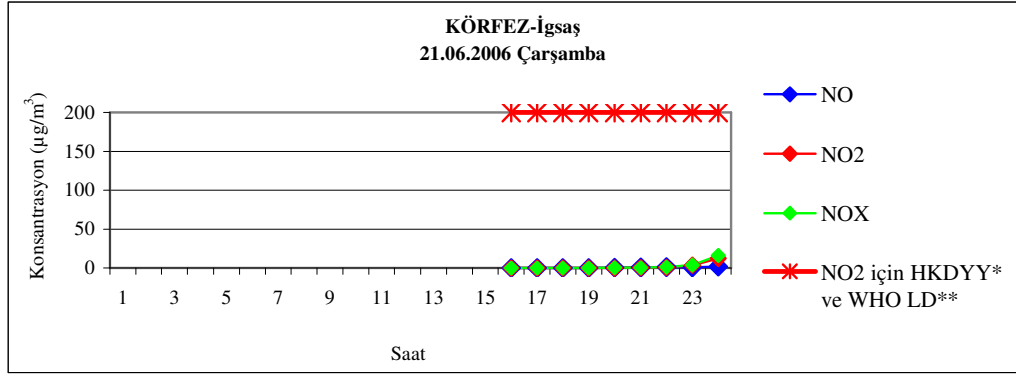
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

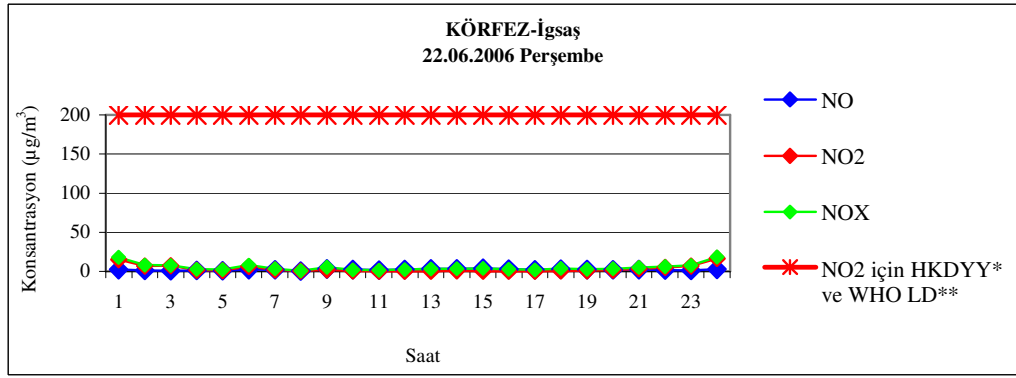
Şekil 5.55 (devam): Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.6.1.3. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları

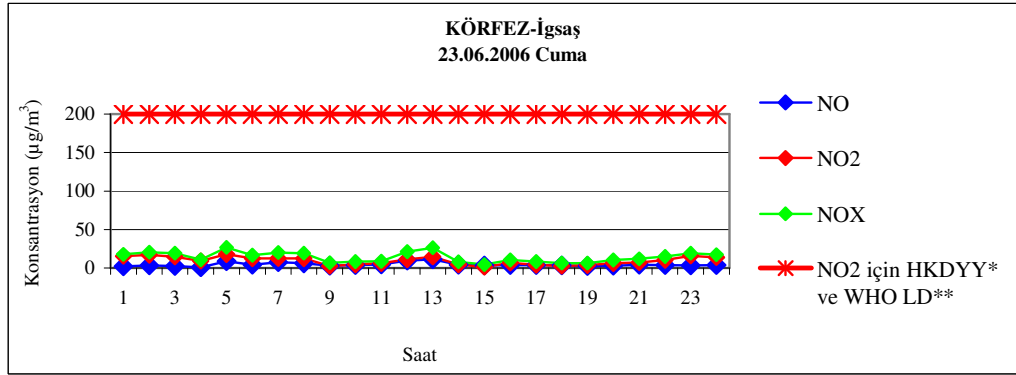
Körfez-İgşaş ölçüm istasyonunda 21.06.2006 ile 06.07.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.56'da görüldüğü gibidir. Grafikler incelendiğinde, konsantrasyon yükselmelerinin gecenin ilerleyen saatlerinde olduğu, ancak önemsenmeyecek kadar az olduğu görülmektedir. Bu yükselmelerde, ölçüm tarihlerinde tesis duruşta olduğundan, tesisin etkisi olduğu pek düşünülemez. Gözlenen en yüksek NO_x konsantrasyonu 27 µg/m³'tür.



(a)

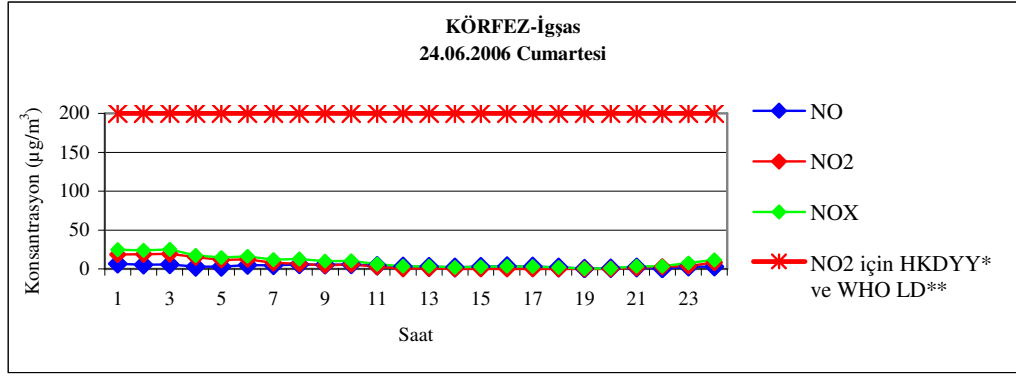


(b)

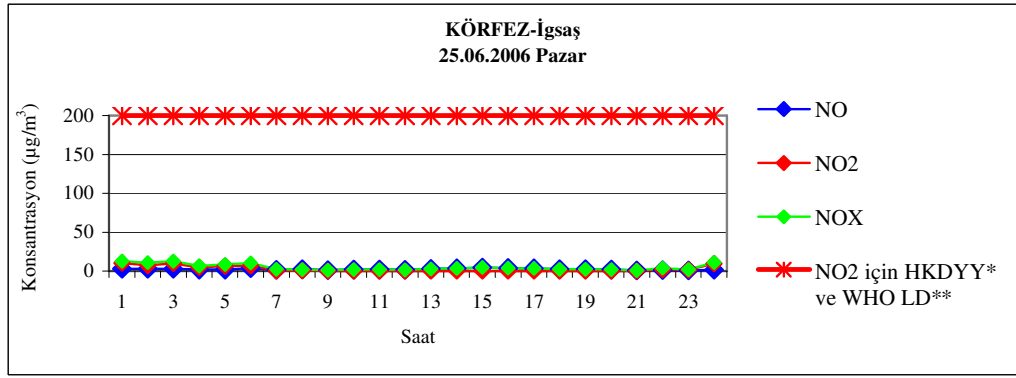


(c)

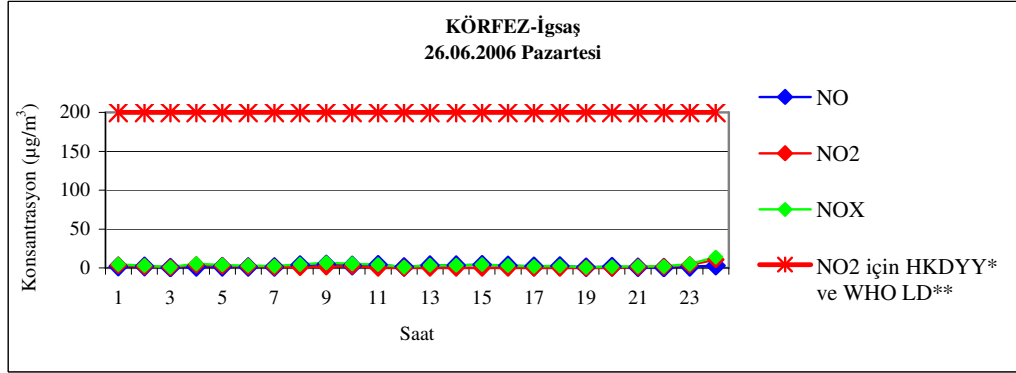
Şekil 5.56: Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

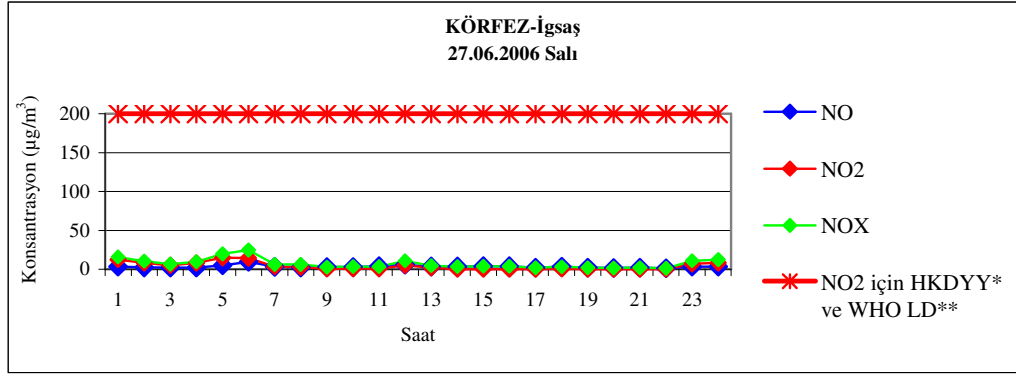


(e)

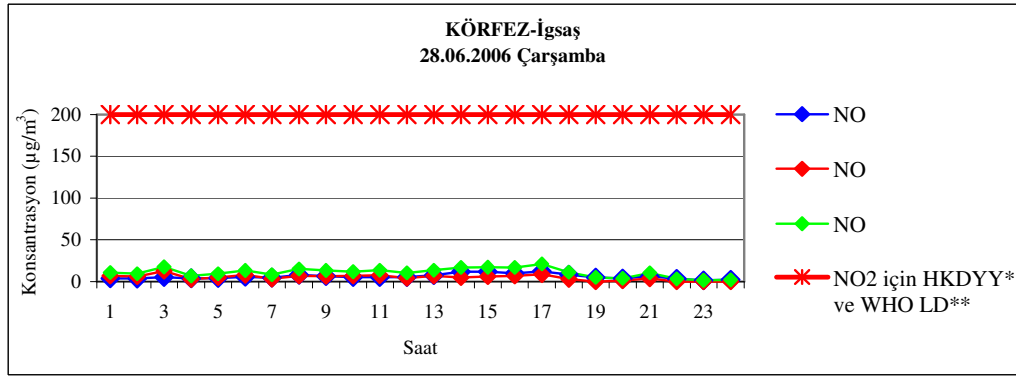


(f)

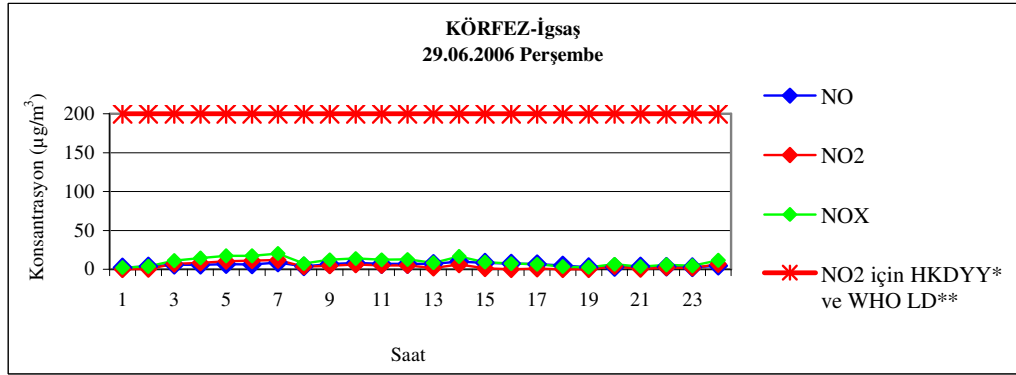
Şekil 5.56 (devam): Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)

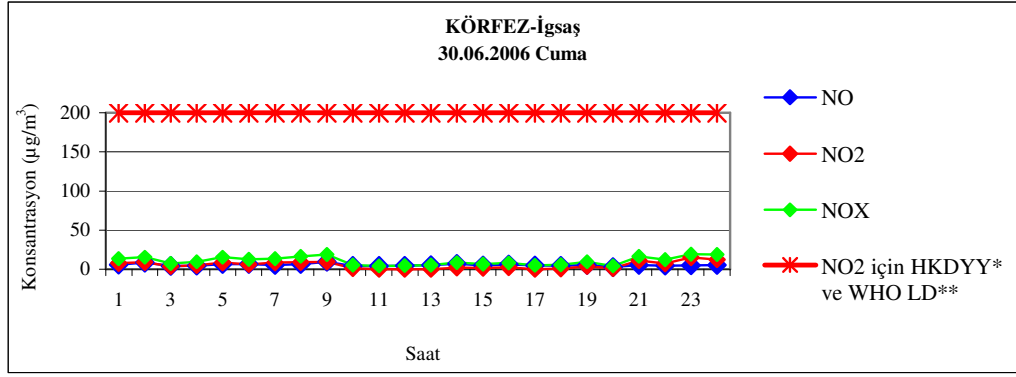


(h)

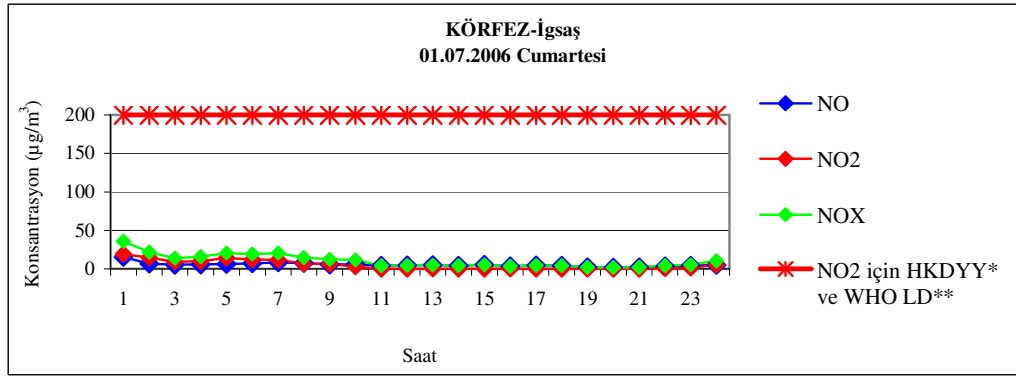


(ı)

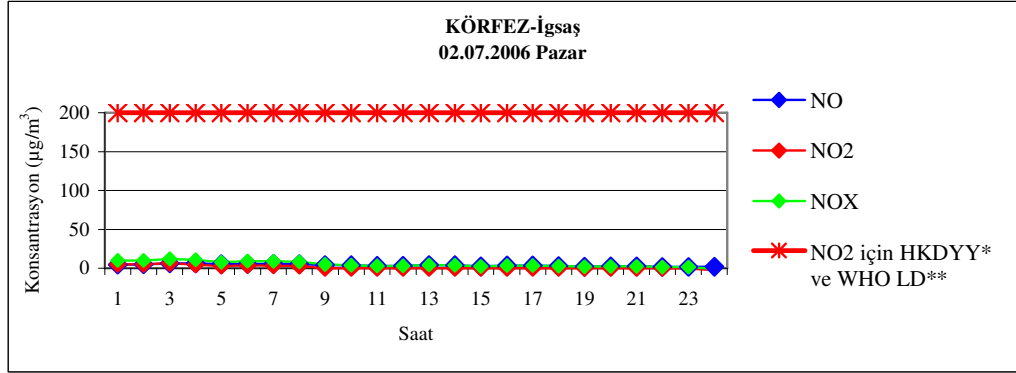
Şekil 5.56 (devam): Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(i)

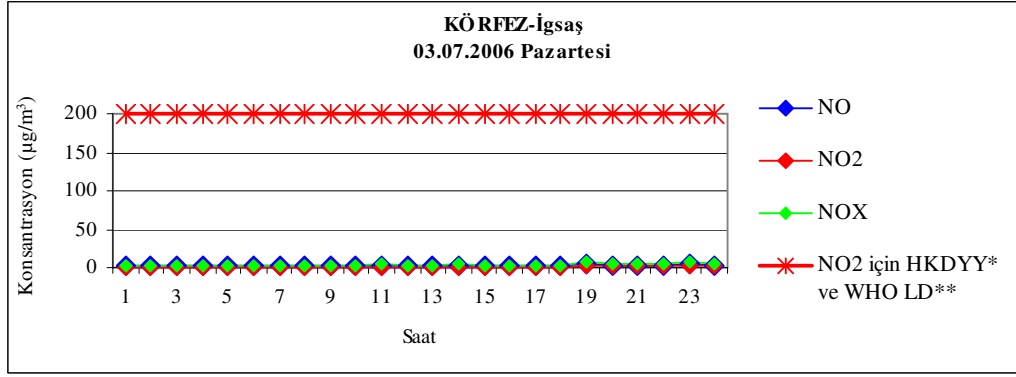


(k)

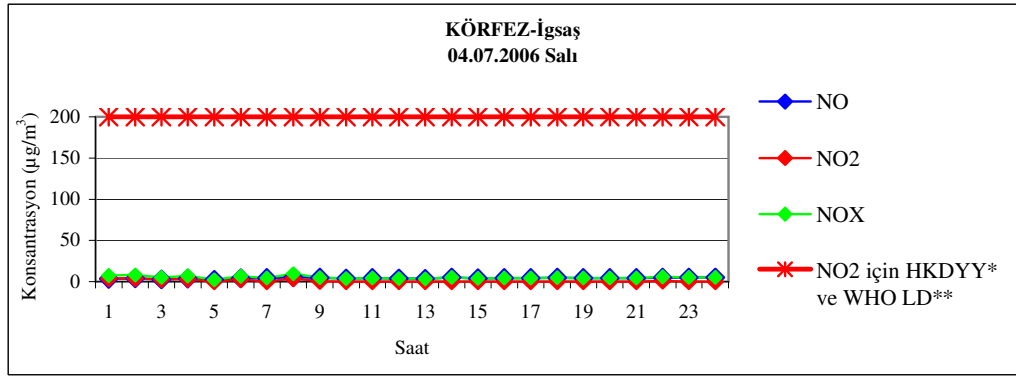


(l)

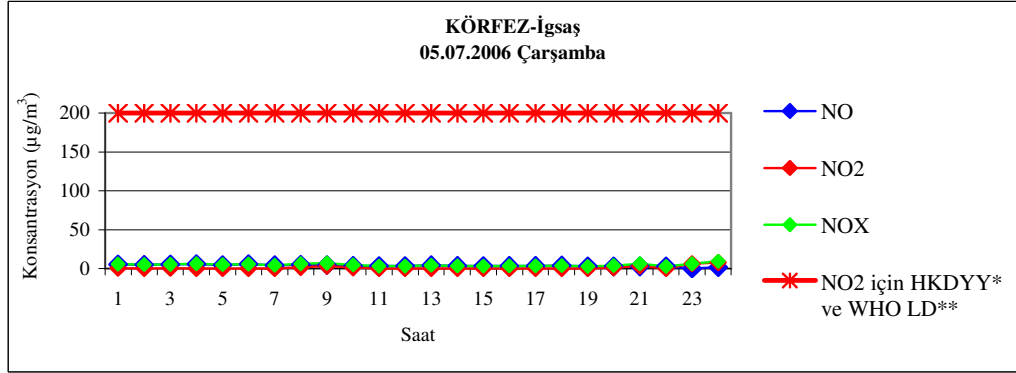
Şekil 5.56 (devam): Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(m)

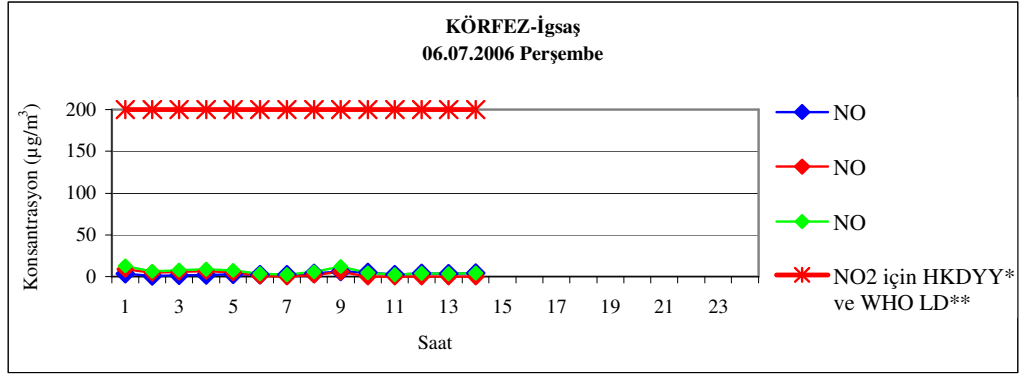


(n)



(o)

Şekil 5.56 (devam): Körfez-İğsaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(p)

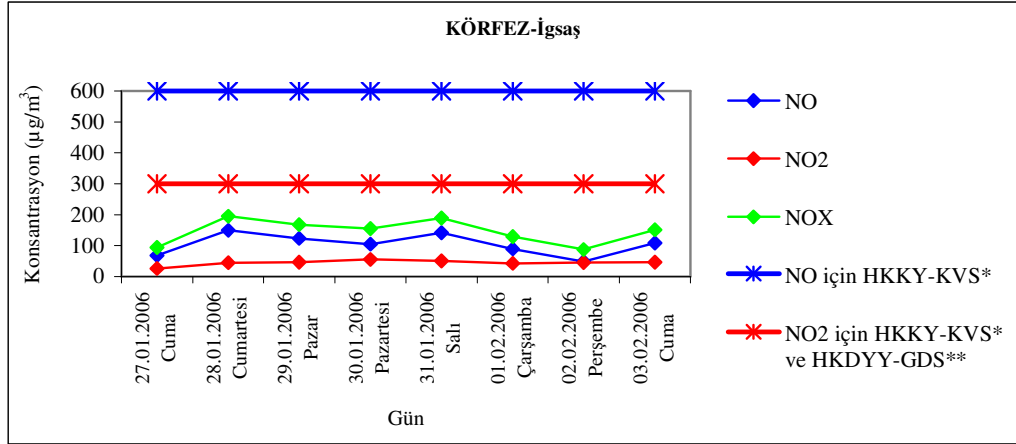
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

Şekil 5.56 (devam): Körfez-İğsaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.6.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri

Körfez-İğsaş ölçüm istasyonunda 27.01.2006-03.02.2006, 14.04.2006-21.04.2006 ve 21.06.2006-06.07.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri Şekil 5.57-Şekil 5.59'da görüldüğü gibidir. Günlük grafikler incelendiğinde, NO_x konsantrasyon aralığının, kış mevsimindeki 28.01.2006 Cumartesi tarihli 196 µg/m³ ile yaz mevsimindeki 26.06.2006 Pazartesi tarihli 6 µg/m³ olduğu gözlenmektedir. Hafta içi-hafta sonu değerlendirmesi yapıldığında, kış mevsiminde hafta sonu, bahar mevsiminde hafta içi, yaz mevsiminde ise hem hafta içi hem hafta sonu konsantrasyonların yüksek olması sebebiyle bu bölge için ayırım yapmak zordur.



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

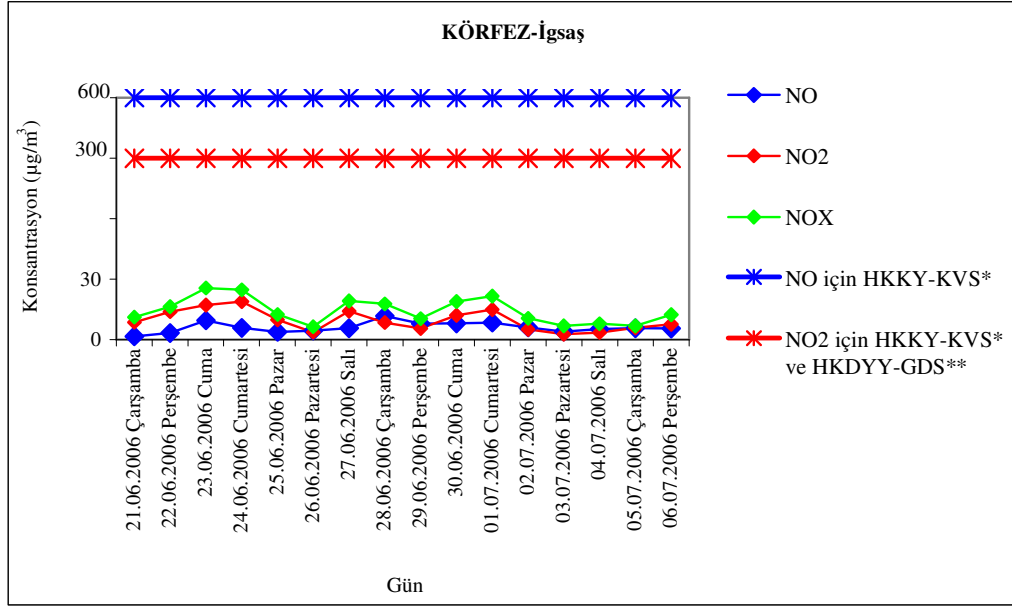
Şekil 5.57: Körfez-İgsaş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.58: Körfez-İgsaş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



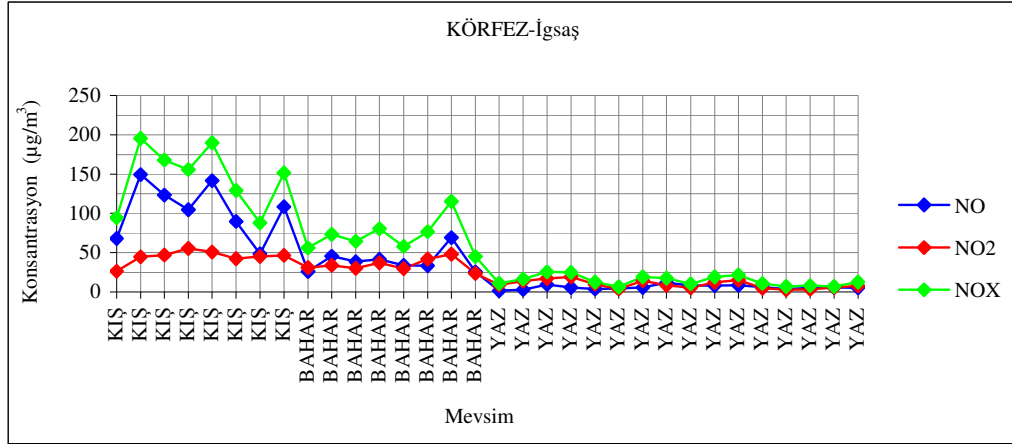
*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.59: Körfez-İgsaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi

5.3.6.3. Mevsimsel değişim

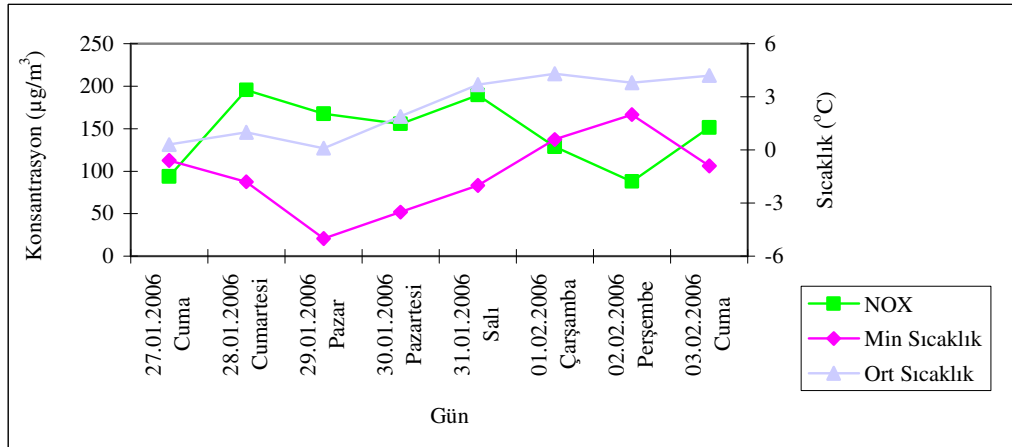
Körfez-İgsaş ölçüm istasyonunda 27.01.2006-03.02.2006, 14.04.2006-21.04.2006 ve 21.06.2006-06.07.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının mevsimsel değişimi Şekil 5.60'da görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde kış mevsimindeki NO_x konsantrasyonlarının, bahar ve yaz mevsimlerinde azaldığı görülmektedir. Ortalama hava sıcaklıkları incelendiğinde, kış mevsiminde ortalama sıcaklığın 0-4 °C ve min sıcaklığın (-5)-2 °C aralığında, bahar mevsiminde ortalama sıcaklığın 12-22 °C ve min sıcaklığın 8-14 °C aralığında, yaz mevsiminde ise ortalama sıcaklığın 23-26 °C ve min sıcaklığın 18-22 °C aralığında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla hava sıcaklığındaki artışa bağlı olarak, yakıt tüketiminin azalması ile NO_x konsantrasyonlarında azalma olduğu düşünülmektedir.



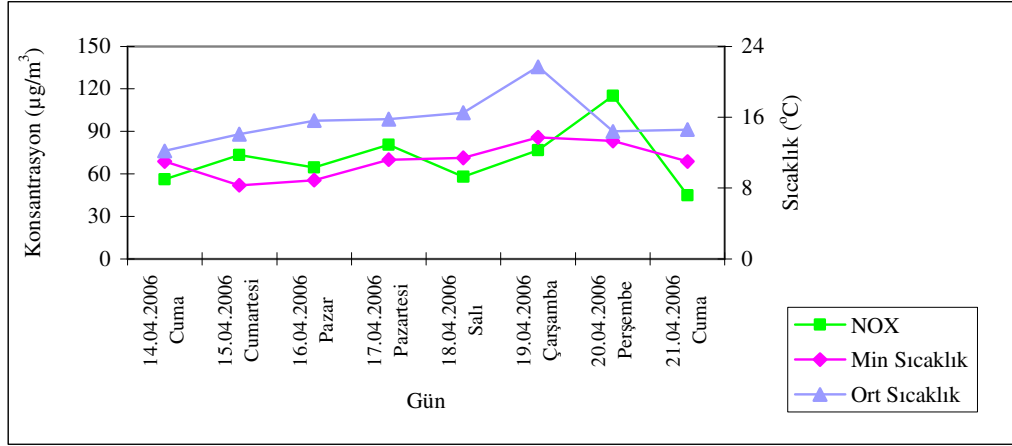
Şekil 5.60: Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

5.3.6.4. Sıcaklıkla değişimler

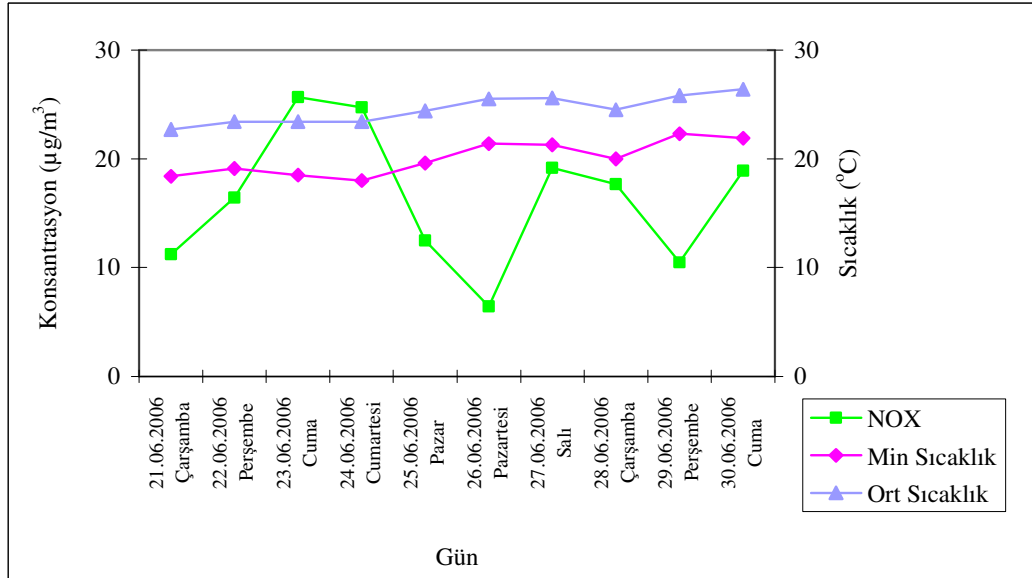
Körfez-İgşaş ölçüm istasyonunda 27.01.2006-03.02.2006, 14.04.2006-21.04.2006 ve 21.06.2006-06.07.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının sıcaklıkla değişimleri Şekil 5.61-Şekil 5.63’de görüldüğü gibidir. NO_x-sıcaklık arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla korelasyon katsayılarına bakılmış, kış mevsimi için; -0,667, bahar mevsimi için; 0,434 ve yaz mevsimi için -0,453 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu istasyondaki ölçüm sonuçlarına göre NO_x ile sıcaklık arasında kış mevsimi için orta, yaz mevsimi için zayıf bir ilişki olduğu söylenebilir.



Şekil 5.61: Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi



Şekil 5.62 Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

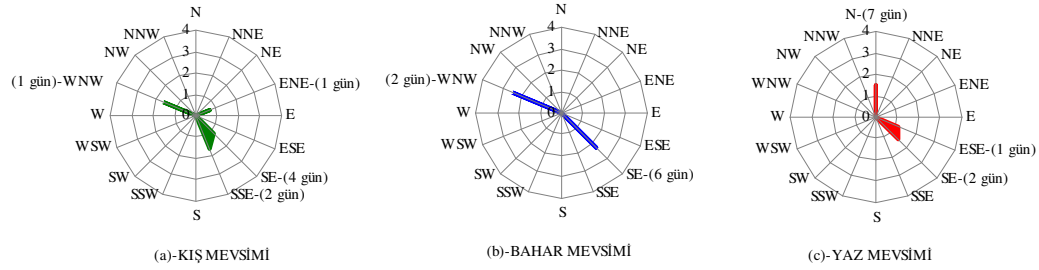


Şekil 5.63: Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

5.3.6.5. Rüzgar verileri

Ölçüm yapılan tarihlerdeki ortalama rüzgar bilgileri (Ek-3) incelendiğinde, rüzgarın kış ve bahar mevsimlerinde en fazla SE yönünden (max 1,2 m/s ve 2,3 m/s hızla), yaz mevsimi ölçümleri esnasında ise en fazla N yönünden (max 1,5 m/s hızla) estiği gözlenmiştir (Şekil 5.64).

Bu istasyonunun bulunduğu bölge, yaklaşık 8000 ton/yıllık NO_x emisyonu oluşumunun gerçekleştiği (Körfez-Tüpraş, Körfez-İgşaş ve Körfez-Petkim) bölge olmasından ötürü, bu bölgenin diğer yönlerden gelebilecek NO_x emisyonlarına maruz kalmasından çok, bu bölgede oluşan NO_x emisyonlarının diğer yönlere gittiği düşünülmektedir. Dolayısıyla emisyonların ağırlıklı olarak, kış mevsimindeki ölçümler esnasında NW ve NNW yönlerine, bahar mevsiminde NW yönüne, yaz mevsiminde ise S yönüne doğru gittiği düşünülmektedir.



Şekil 5.64: Rüzgar verileri-Körfez İgşaş

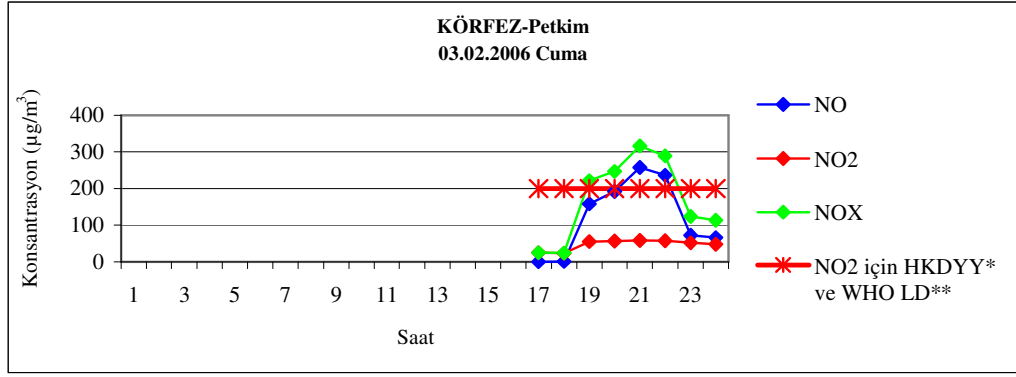
5.3.7. Körfez-Petkim

Körfez-Petkim ölçüm istasyonunda kış ve bahar ölçümleri yapılmış, ancak yaz ölçümleri yapılmamıştır.

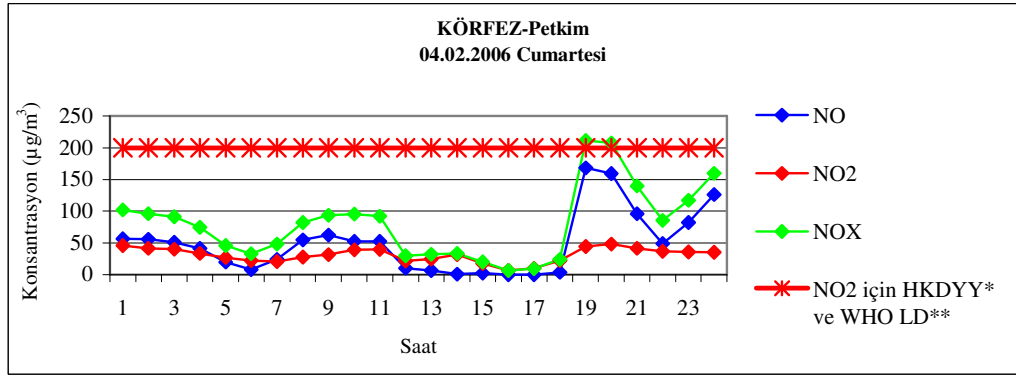
5.3.7.1. Saatlik değişimler

5.3.7.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

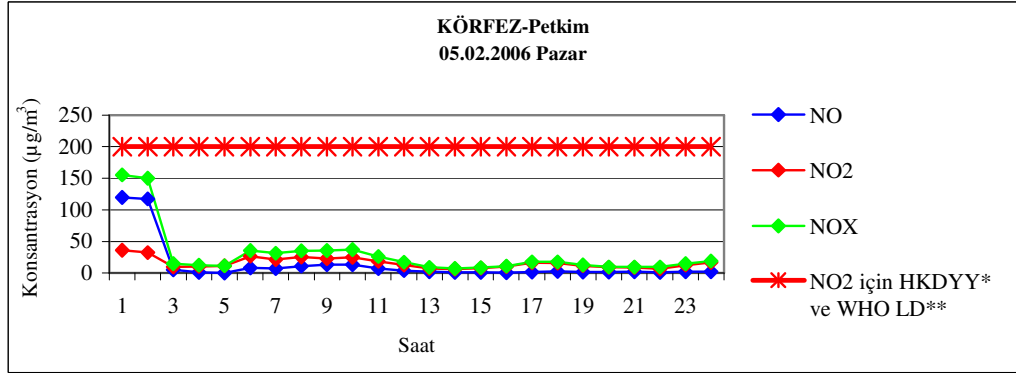
Körfez-Petkim ölçüm istasyonunda 03.02.2006 ile 10.02.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.65’de görüldüğü gibidir. Grafikler incelendiğinde, konsantrasyon yükselmelerinin farklı günlerde farklı saatlere denk geldiği, ancak özellikle 3 grafikte 17:00’den sonra NO_x konsantrasyonlarının pik yaptığı gözlenmektedir.



(a)

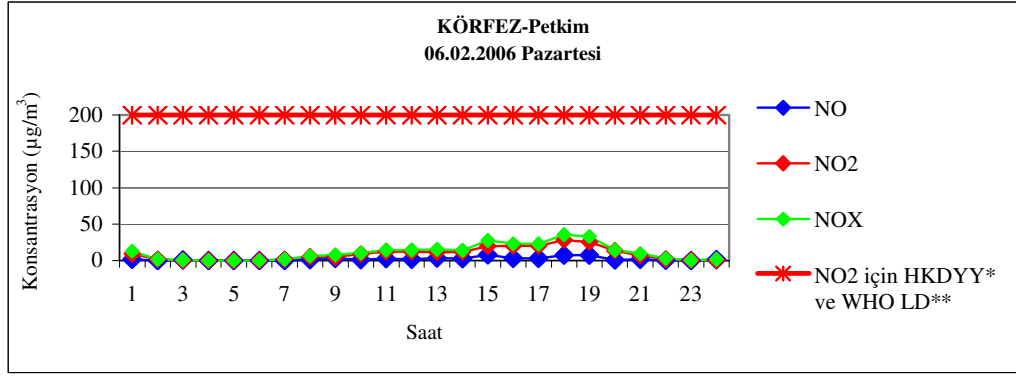


(b)

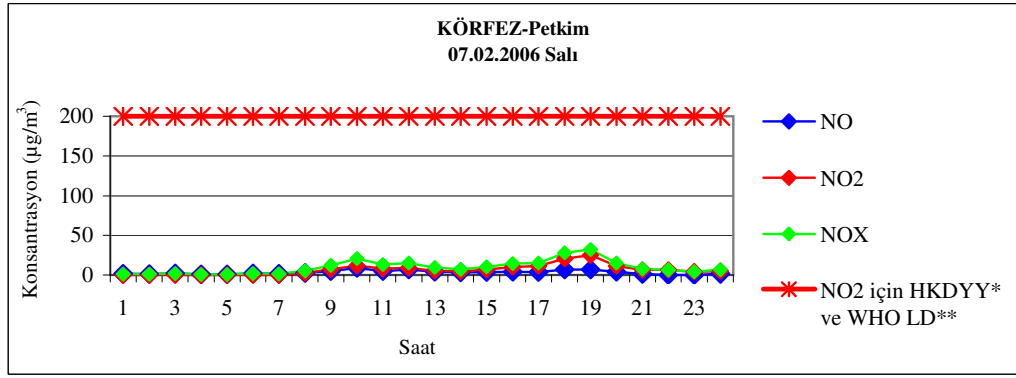


(c)

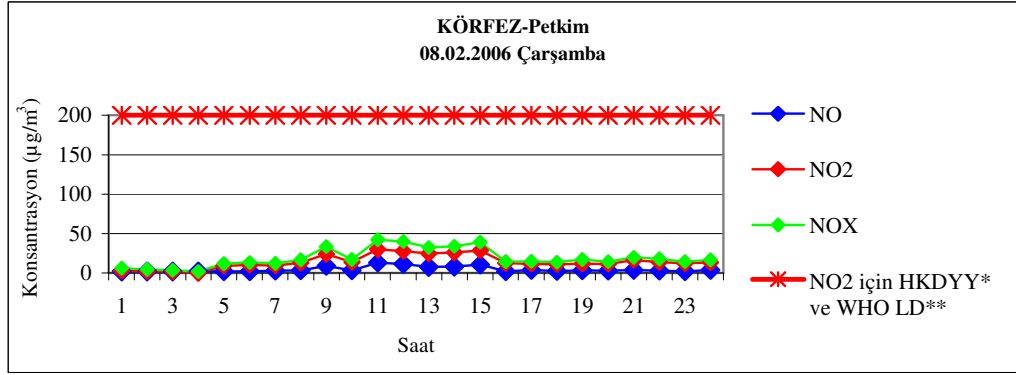
Şekil 5.65: Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

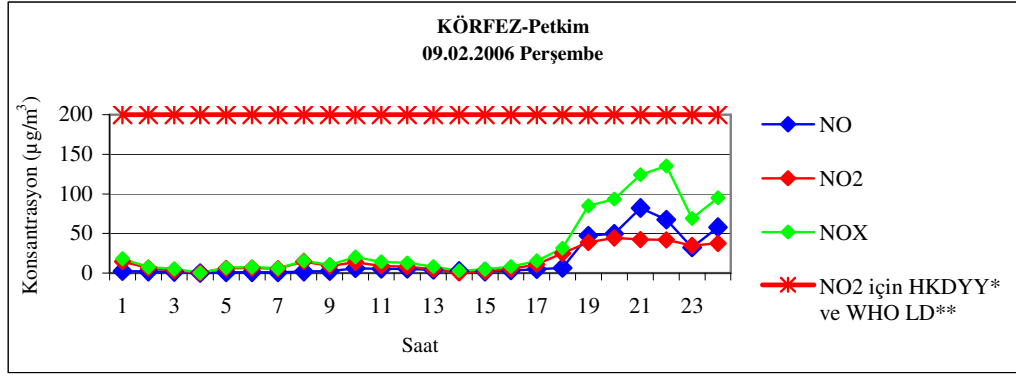


(e)

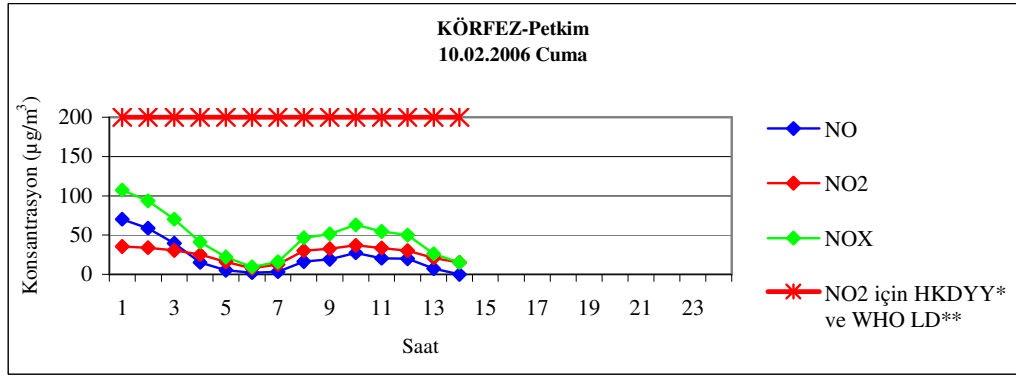


(f)

Şekil 5.65 (devam): Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

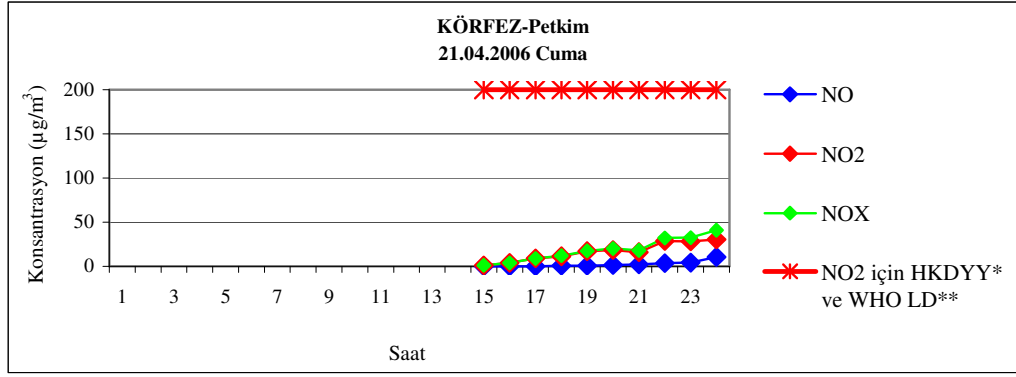
*HKDYD: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

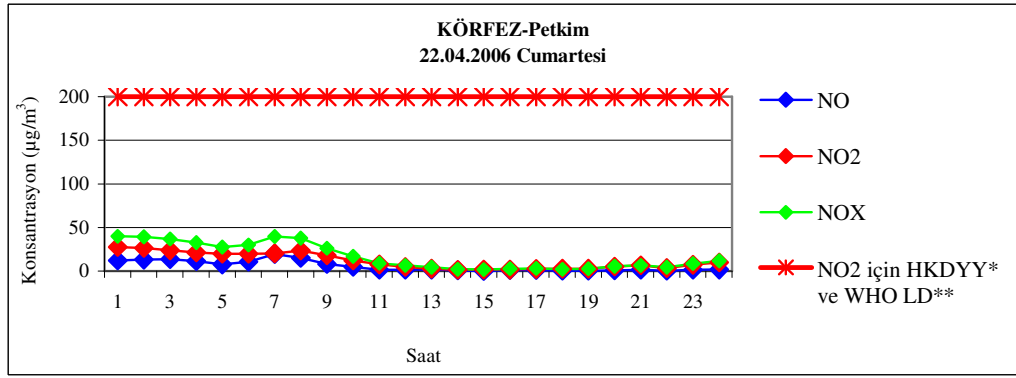
Şekil 5.65 (devam): Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.7.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları

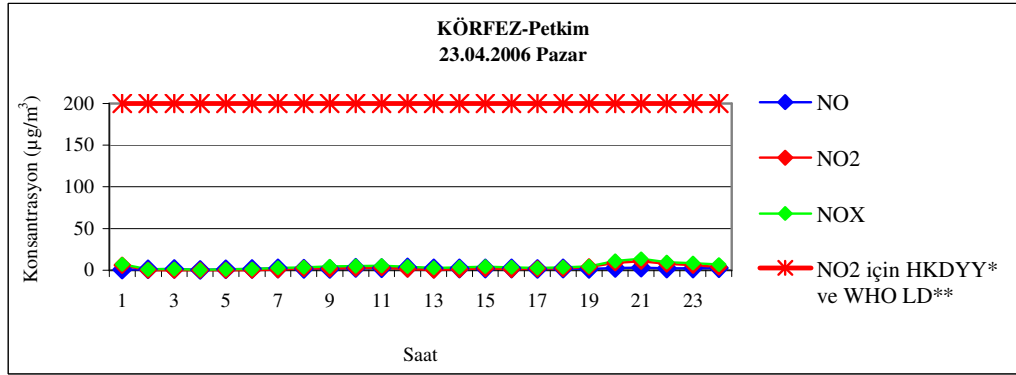
Körfez-Petkim ölçüm istasyonunda 21.04.2006 ile 28.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.66'da görüldüğü gibidir. Ölçümler incelendiğinde özellikle günün ilk saatlerinde konsantrasyon artışları gözlenmektedir.



(a)

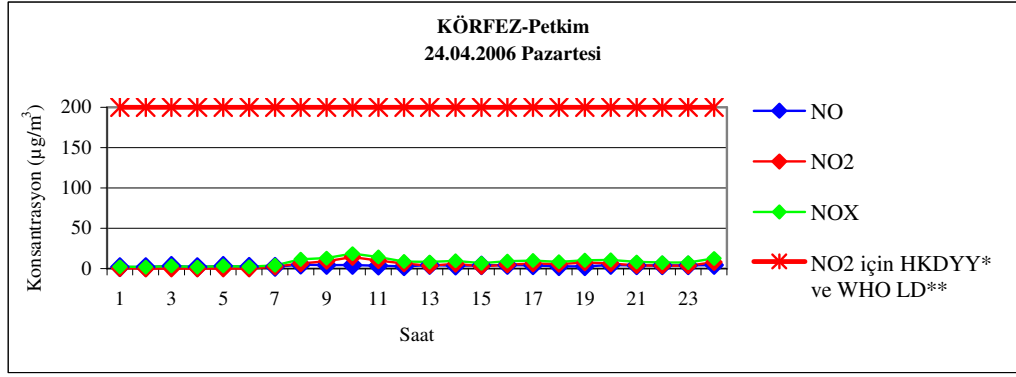


(b)

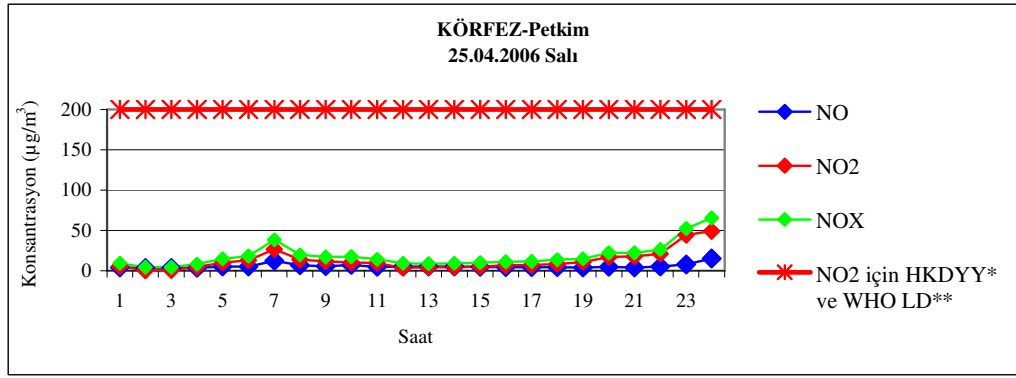


(c)

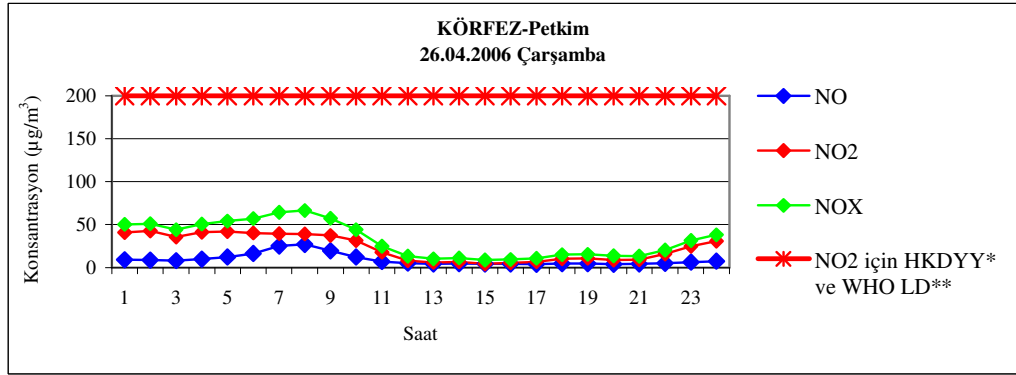
Şekil 5.66: Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

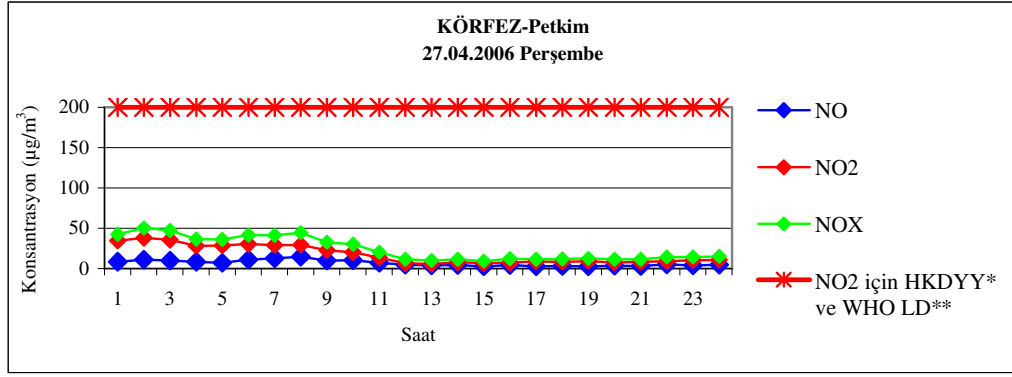


(e)

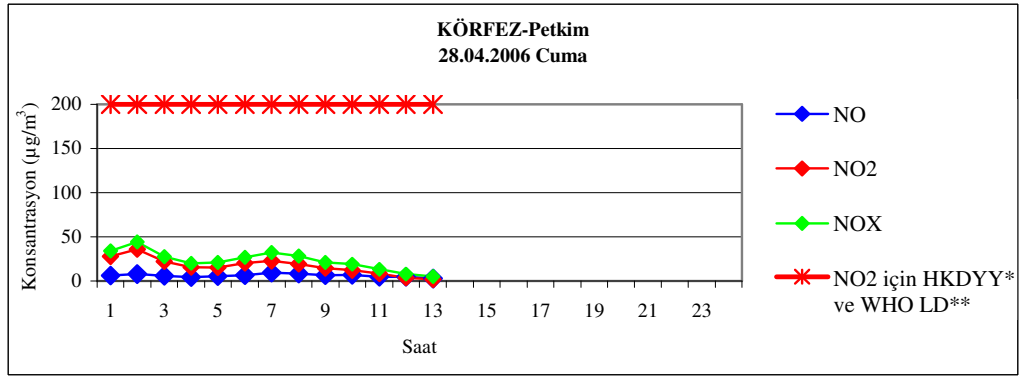


(f)

Şekil 5.66 (devam): Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

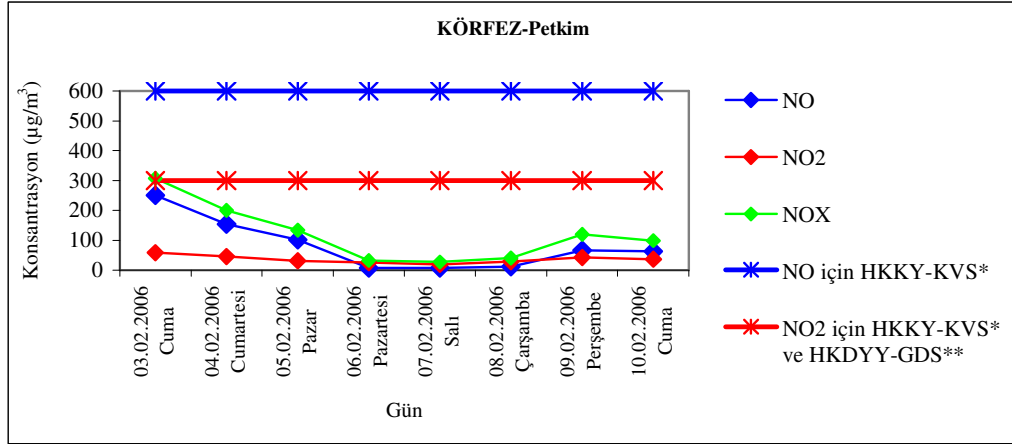
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

Şekil 5.66 (devam): Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.7.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri

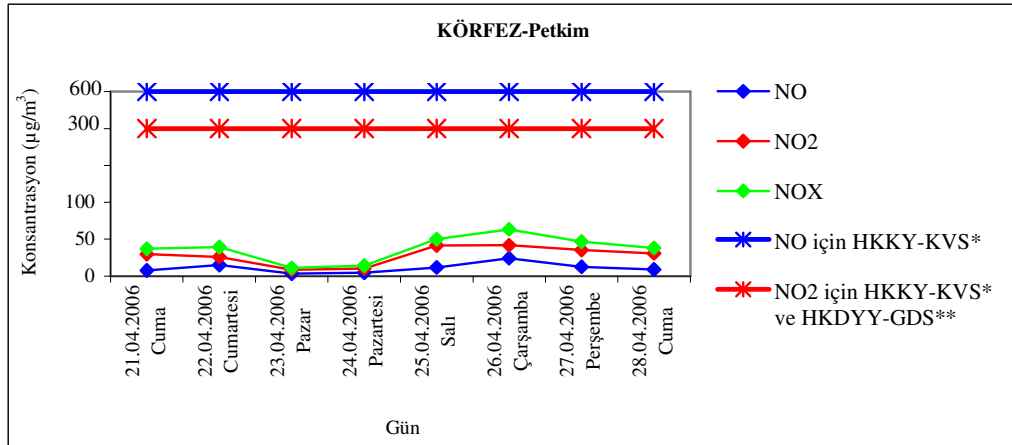
Körfez-Petkim ölçüm istasyonunda 03.02.2006 ile 10.02.2006 ve 21.04.2006-28.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri Şekil 5.67 ve Şekil 5.68'de görüldüğü gibidir. Günlük grafikler incelendiğinde, NO_x konsantrasyon aralığının, kış mevsimindeki 03.02.2006 Cuma tarihli 307 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile bahar mevsimindeki 23.04.2006 Pazar tarihli 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu gözlenmektedir. Hafta içi-hafta sonu değerlendirmesi yapıldığında, hem kış hem de bahar mevsiminde hafta içi konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir.



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.67: Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

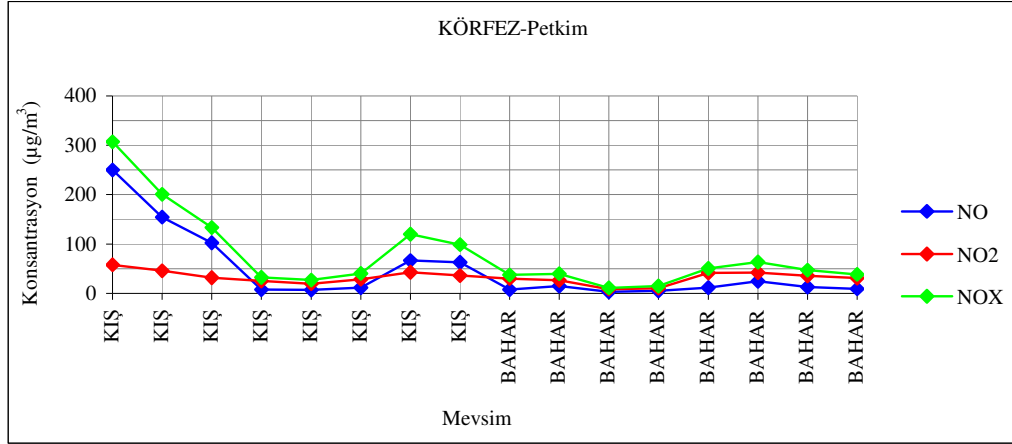
**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.68: Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi

5.3.7.3. Mevsimsel değişim

Körfez-Petkim ölçüm istasyonunda 03.02.2006 ile 10.02.2006 ve 21.04.2006-28.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının mevsimsel değişimi Şekil 5.69'da görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde kış mevsimindeki NO_x konsantrasyonlarının, bahar mevsiminde azaldığı görülmektedir. Ortalama hava sıcaklıkları incelendiğinde, kış mevsiminde ortalama sıcaklığın 1-7 °C ve min sıcaklığın (-1)-3 °C aralığında, bahar mevsiminde ise

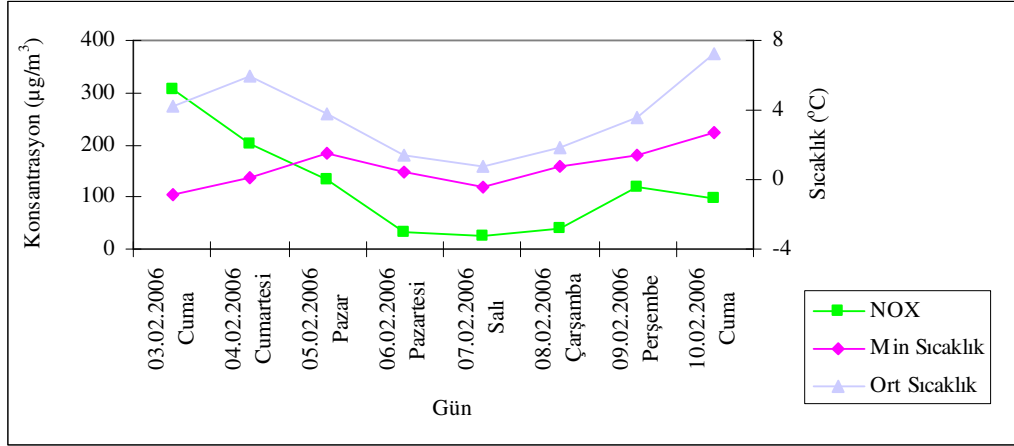
ortalama sıcaklığın 11-15 °C ve min sıcaklığın 5-11 °C aralığında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla hava sıcaklığındaki artışa bağlı olarak, yakıt tüketiminin azalması ile NO_x konsantrasyonlarında azalma olduğu düşünülmektedir.



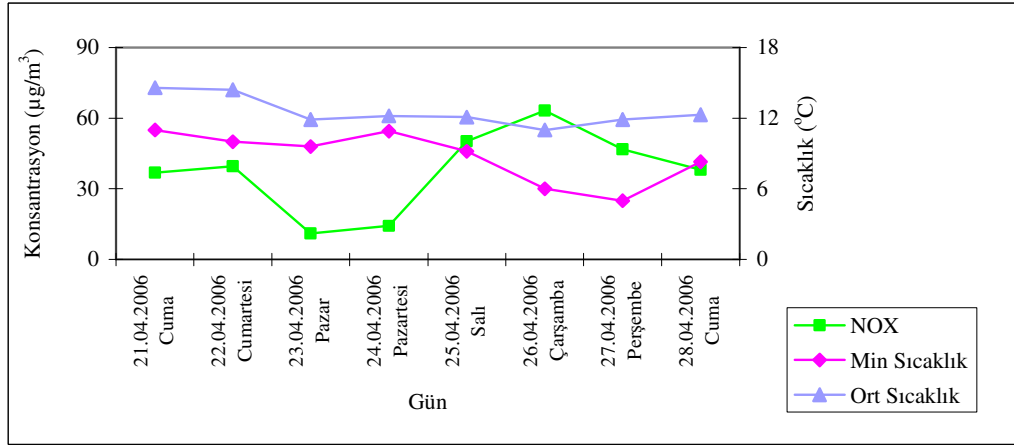
Şekil 5.69: Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

5.3.7.4. Sıcaklıkla değişimler

Körfez-Petkim ölçüm istasyonunda 03.02.2006 ile 10.02.2006 ve 21.04.2006-28.04.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının sıcaklıkla değişimleri Şekil 5.70 ve Şekil 5.71’de görüldüğü gibidir. NO_x-sıcaklık arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla korelasyon katsayılarına bakılmış, kış mevsimi için; -0,333, bahar mevsimi için; -0,632 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu istasyondaki ölçüm sonuçlarına göre NO_x ile sıcaklık arasında kış mevsimi için zayıf, bahar mevsimi için orta ilişki olduğu söylenebilir.



Şekil 5.70: Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi



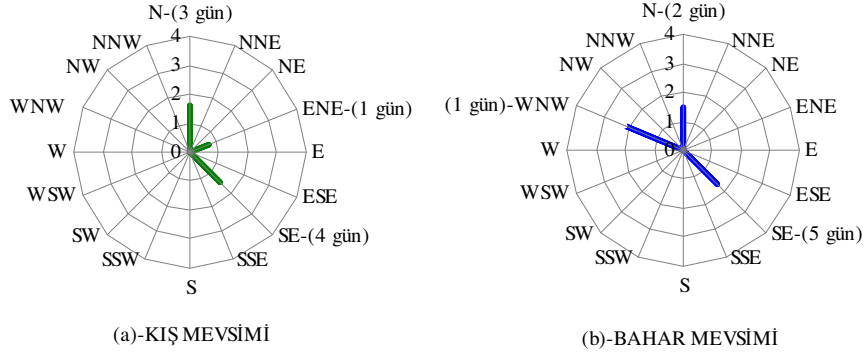
Şekil 5.71: Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

5.3.7.5. Rüzgar verileri

Ölçüm yapılan tarihlerdeki ortalama rüzgar bilgileri (Ek-3) incelendiğinde, rüzgarın kış ve bahar mevsimlerinde en fazla SE yönünden (max 1,5 m/s ve 1,6 m/s hızla), estiği gözlenmiştir. Ancak kış mevsiminde SE yönünden esen rüzgar sayısı kadar (4 gün), N ve ENE (toplam 4 gün) yönlerinden de estiği gözlenmiştir (Şekil 5.72).

Bu istasyonunun bulunduğu bölge, yaklaşık 8000 ton/yıllık NO_x emisyonu oluşumunun gerçekleştiği (Körfez-Tüpraş, Körfez-İgşaş ve Körfez-Petkim) bölge olmasından ötürü, bu bölgenin diğer yönlerden gelebilecek NO_x emisyonlarına

maruz kalmasından çok, bu bölgede oluşan NO_x emisyonlarının diğer yönlere gittiği düşünülmektedir. Dolayısıyla, emisyonların kış mevsimindeki ölçümler esnasında hem NW yönüne hem de S ve WSW yönlerine, bahar mevsiminde ise ağırlıklı olarak NW yönüne doğru gittiği düşünülmektedir.



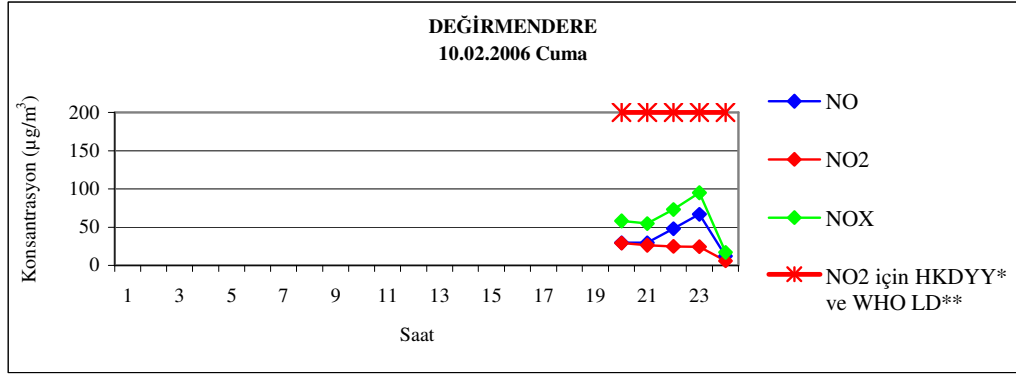
Şekil 5.72: Rüzgar verileri-Körfez Petkim

5.3.8. Değirmendere

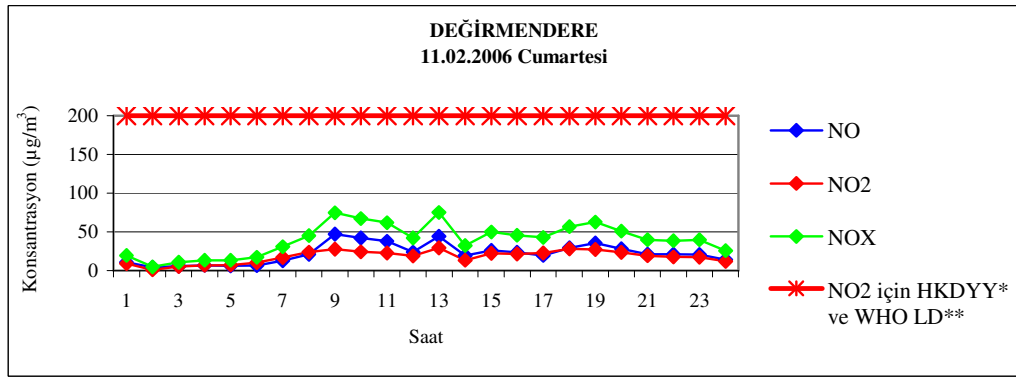
5.3.8.1. Saatlik değişimler

5.3.8.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

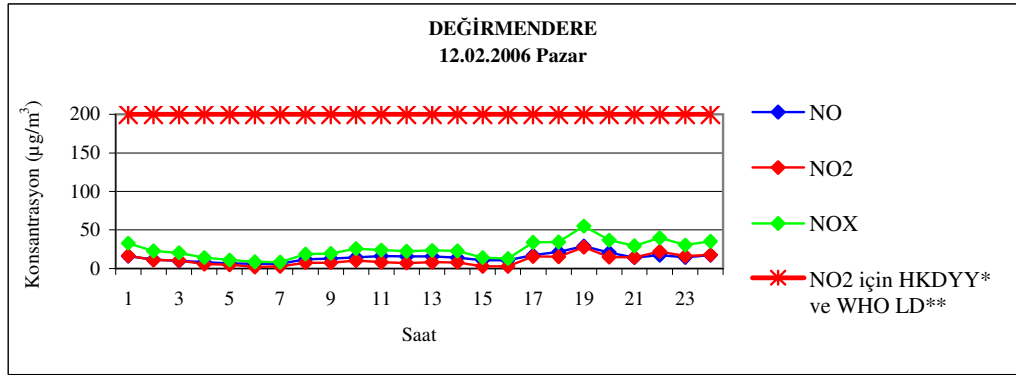
Değirmendere ölçüm istasyonunda 10.02.2006 ile 17.02.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.73'de görüldüğü gibidir. Grafikler incelendiğinde, konsantrasyonların genelde dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. Ancak 4 grafikte de sabah saat 09:00'da konsantrasyon artışı dikkati çekmektedir.



(a)

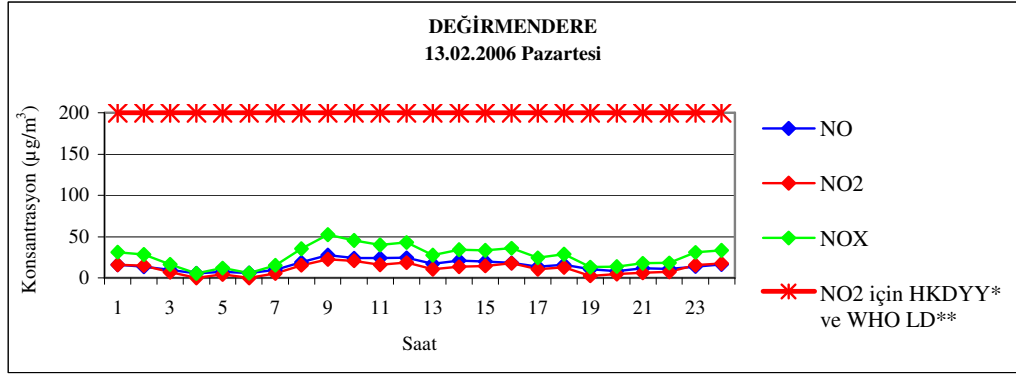


(b)

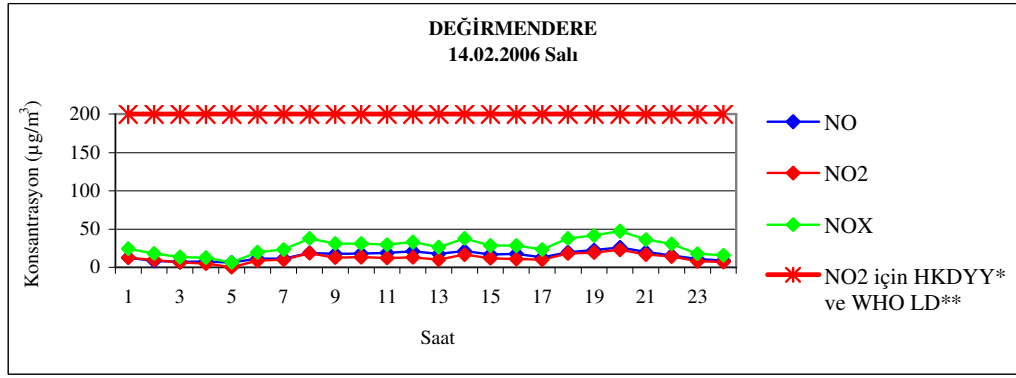


(c)

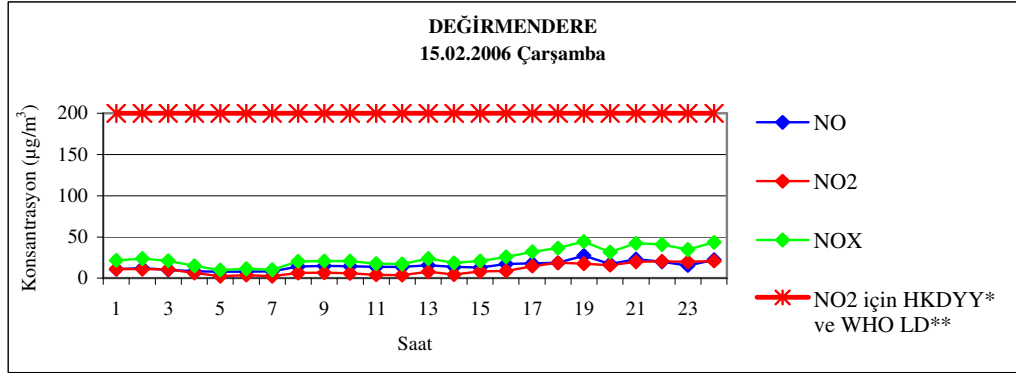
Şekil 5.73: Değirmendere ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

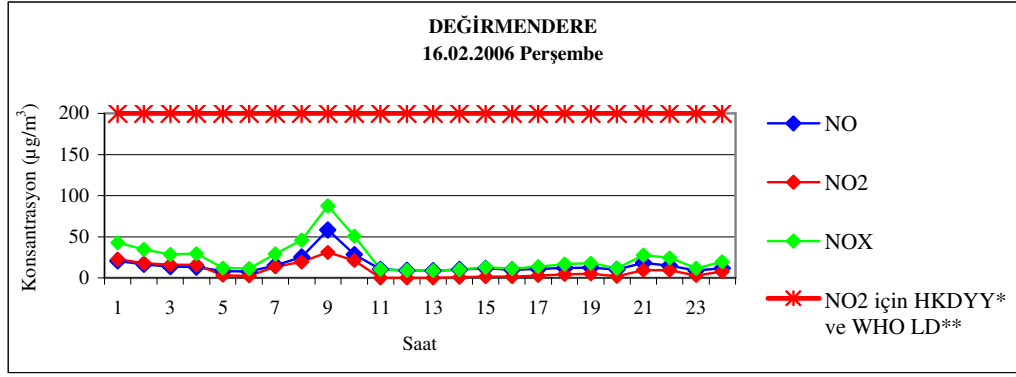


(e)

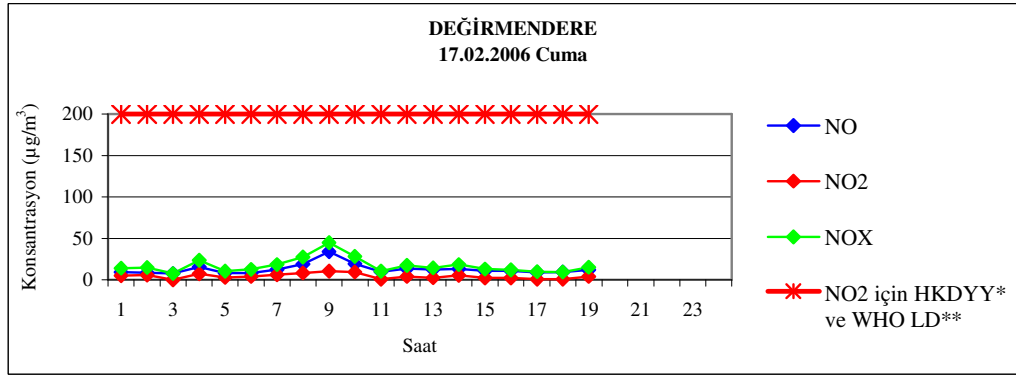


(f)

Şekil 5.73 (devam): Değirmendere ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

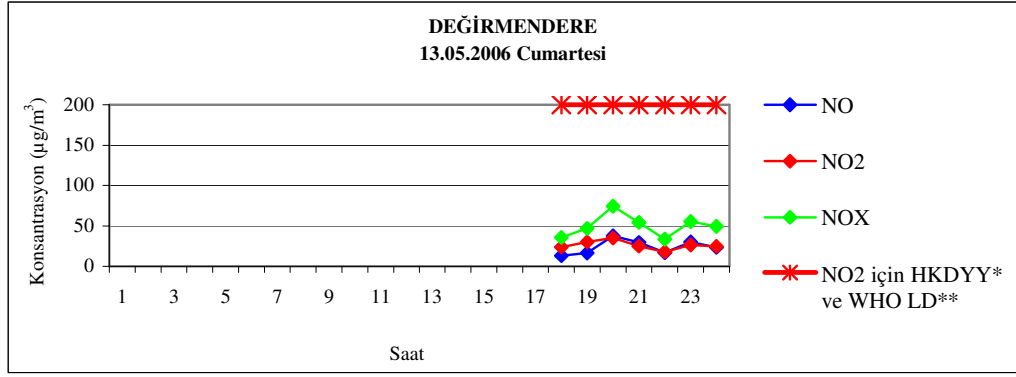
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

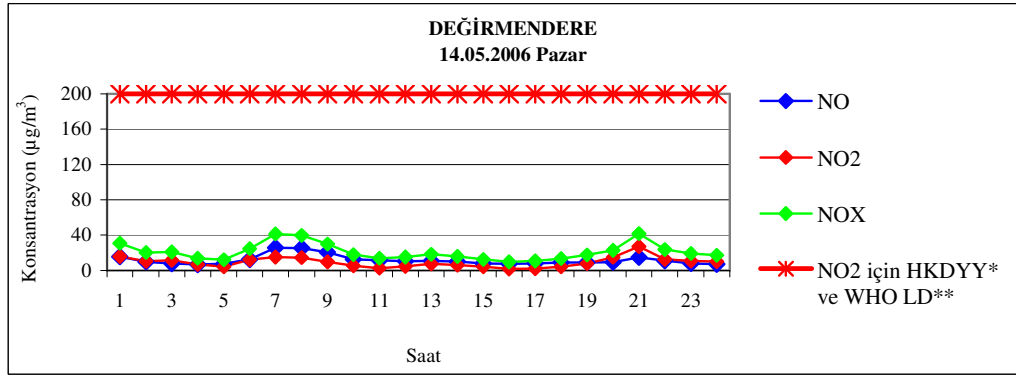
Şekil 5.73 (devam): Değirmendere ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.8.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları

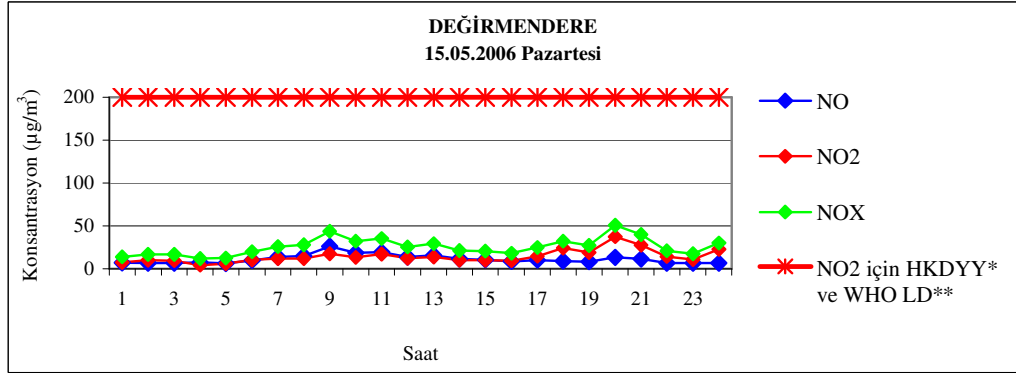
Değirmendere ölçüm istasyonunda 13.05.2006 ile 20.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.74'de görüldüğü gibidir. Grafikler incelendiğinde, kış mevsiminde olduğu gibi konsantrasyonların genelde dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. Konsantrasyon artışları farklı günler için farklı saatlere denk gelmektedir.



(a)

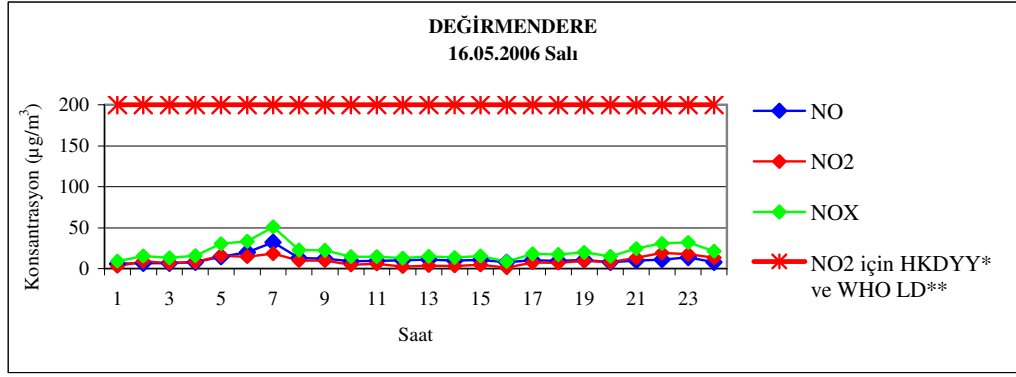


(b)

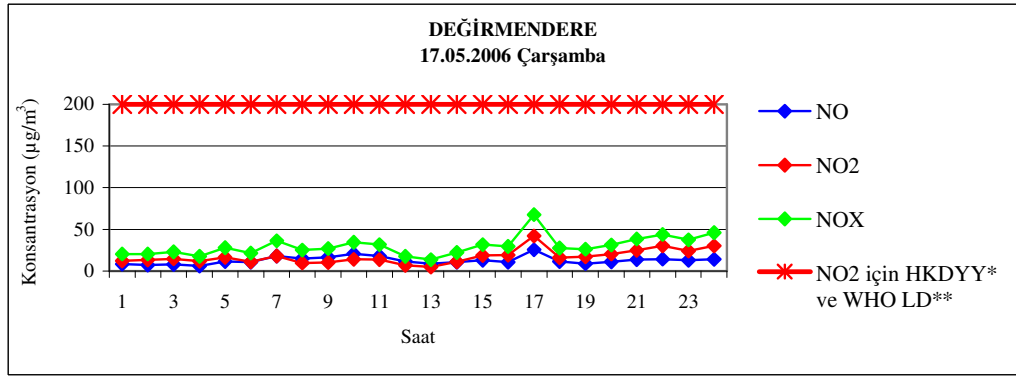


(c)

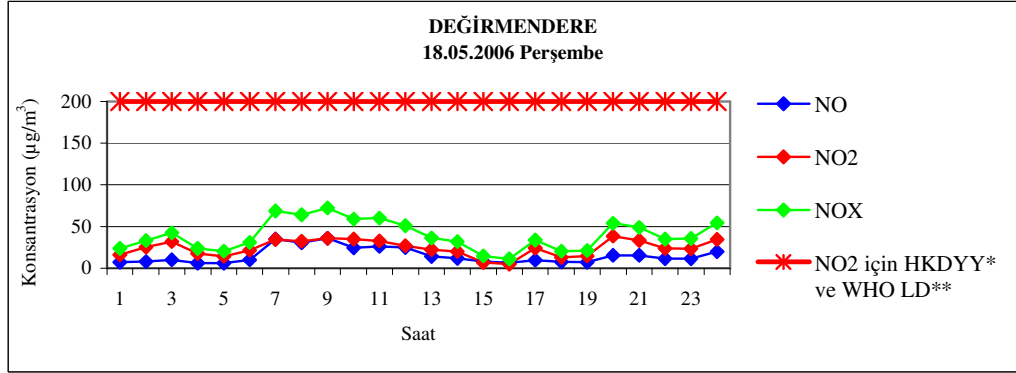
Şekil 5.74: Değirmendere ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

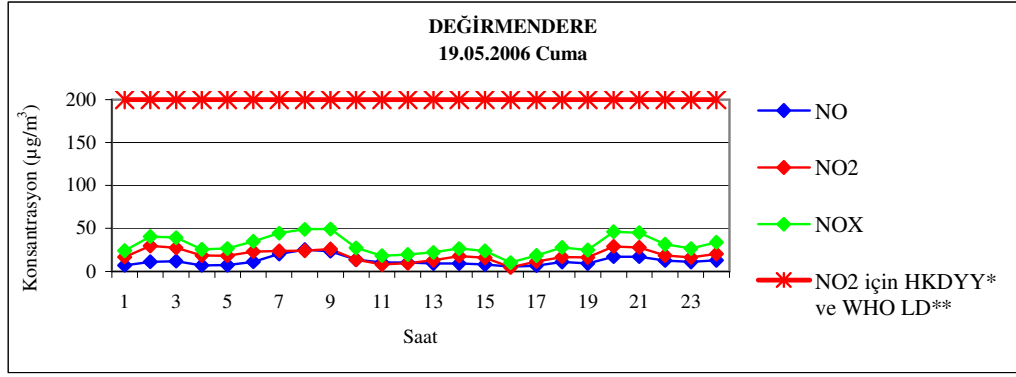


(e)

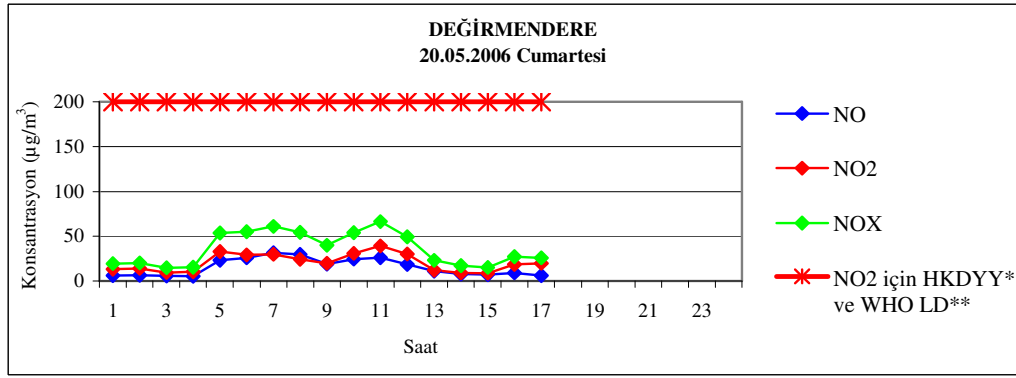


(f)

Şekil 5.74 (devam): Değirmendere ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

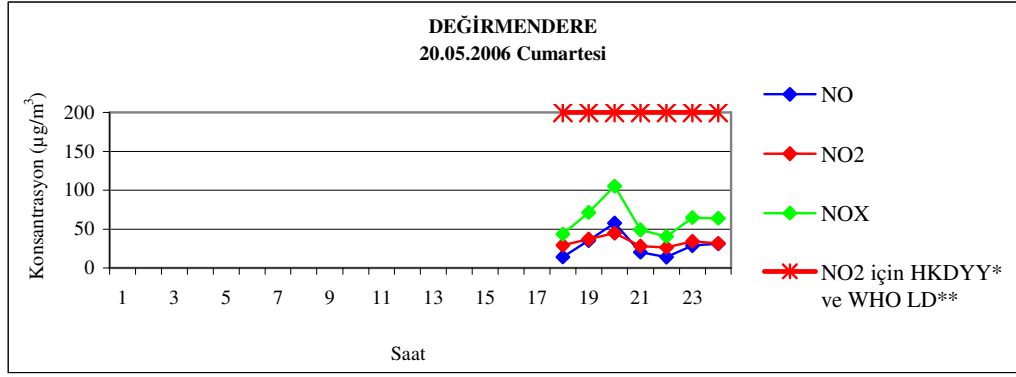
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

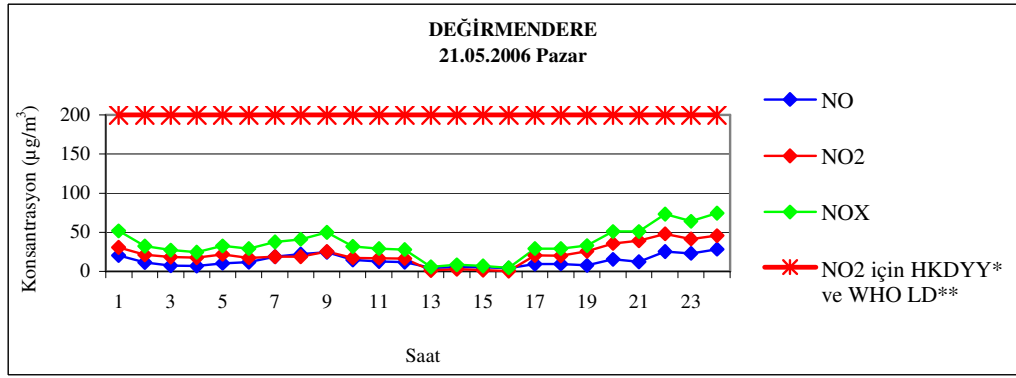
Şekil 5.74 (devam): Değirmendere ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.8.1.3. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları

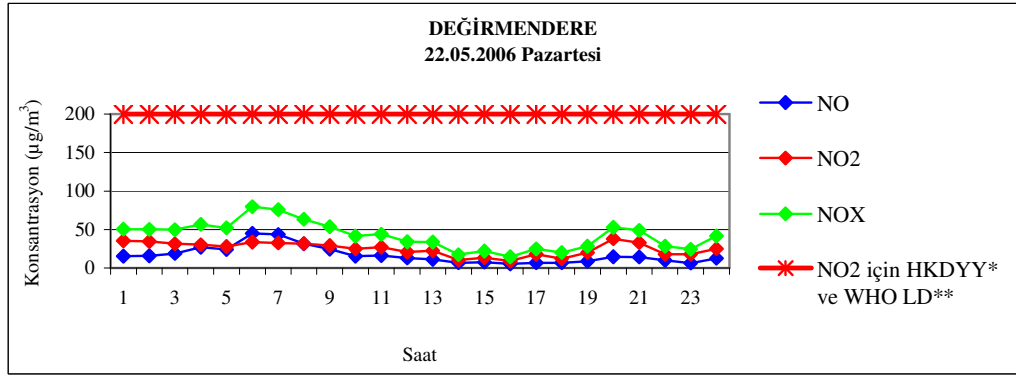
Değirmendere istasyonunda 20.05.2006 ile 29.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.75'de görüldüğü gibidir. Grafikler incelendiğinde, konsantrasyonların kış ve bahar mevsimlerinde olduğu gibi genelde dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir.



(a)

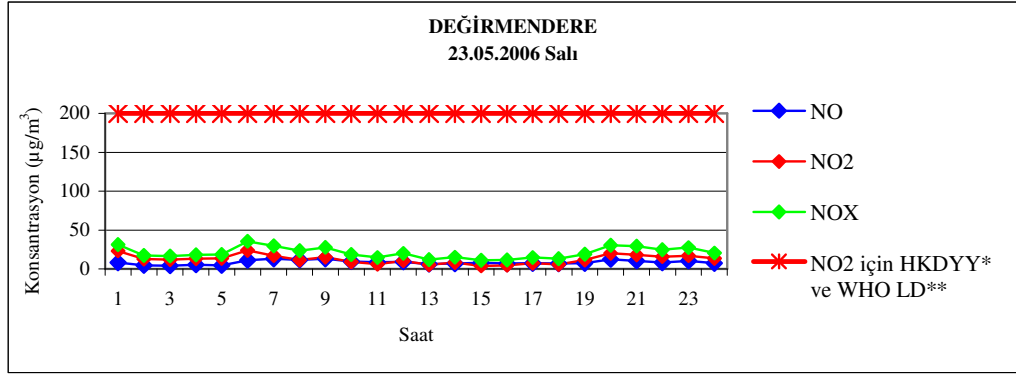


(b)

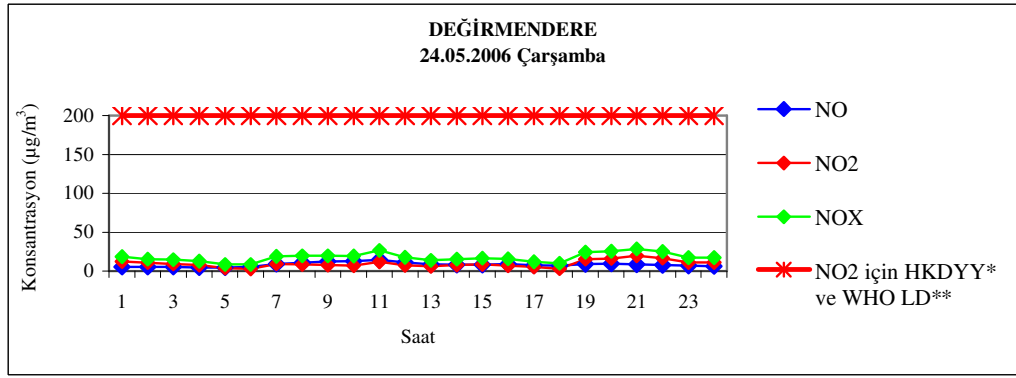


(c)

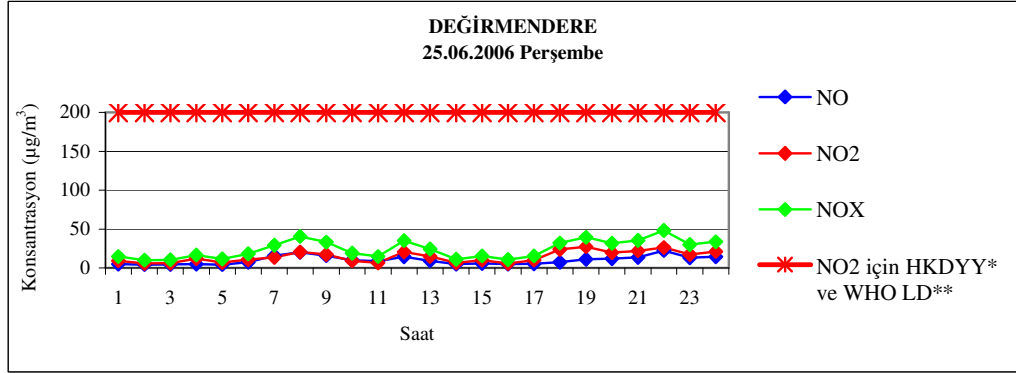
Şekil 5.75: Değirmendere ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_X konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

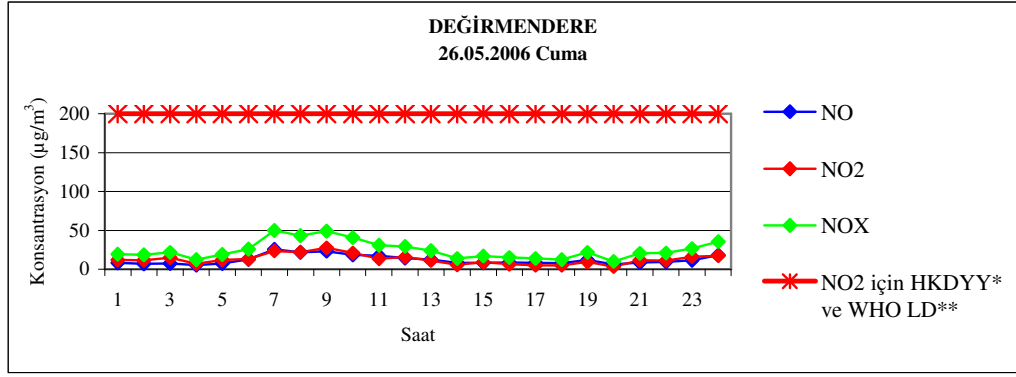


(e)

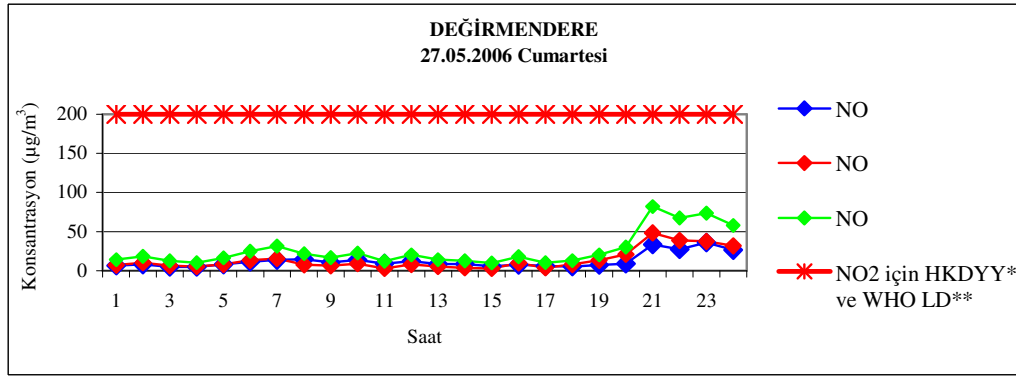


(f)

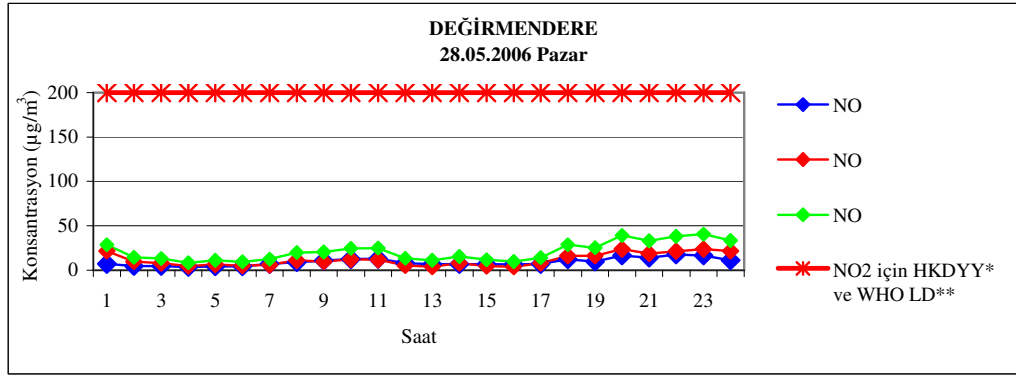
Şekil 5.75 (devam): Değirmendere ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)

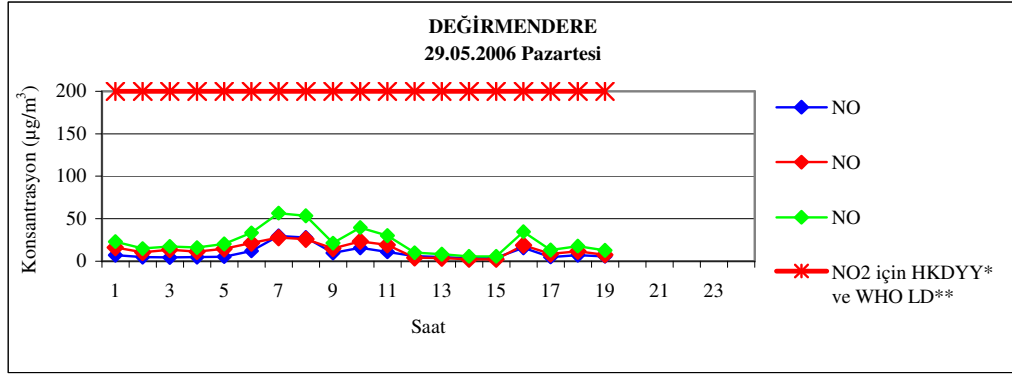


(h)



(i)

Şekil 5.75 (devam): Değirmendere ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(i)

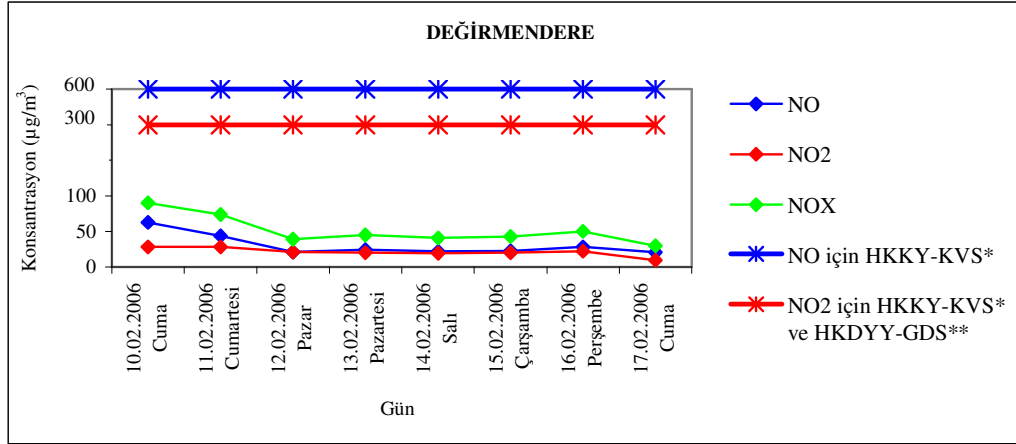
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

Şekil 5.75 (devam): Değirmendere ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.8.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri

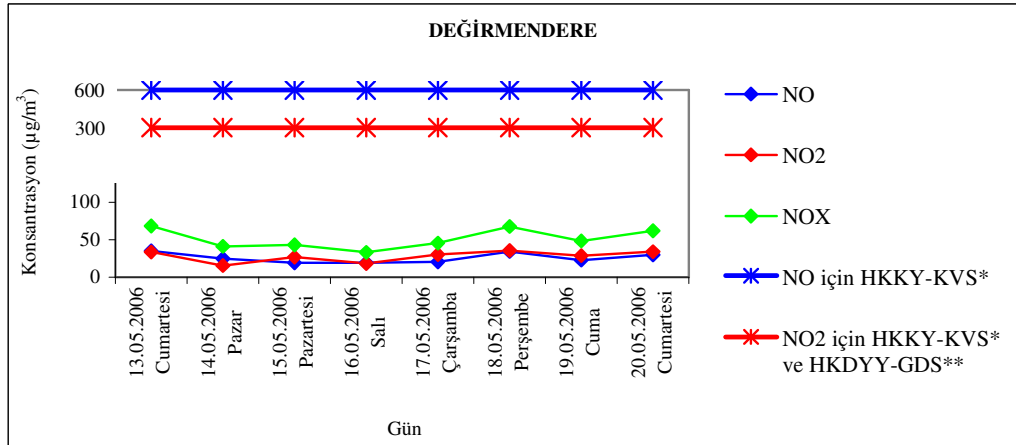
Değirmendere ölçüm istasyonunda 10.02.2006-17.02.2006, 13.05.2006-20.05.2006 ve 20.05.2006-29.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri Şekil 5.76-Şekil 5.78'de görüldüğü gibidir. Günlük grafikler incelendiğinde, NO_x konsantrasyon aralığının, yaz mevsimindeki 20.05.2006 Cumartesi tarihli 95 µg/m³ ile kış mevsimindeki 17.02.2006 Cuma tarihli 30 µg/m³ olduğu gözlenmektedir. Hafta içi-hafta sonu değerlendirmesi yapıldığında, kış mevsimlerinde hafta içi, bahar mevsiminde hafta içi ve yaz ölçümlerinde hafta sonu olması nedeniyle bu bölge için hafta içi konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu söylenebilir.



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

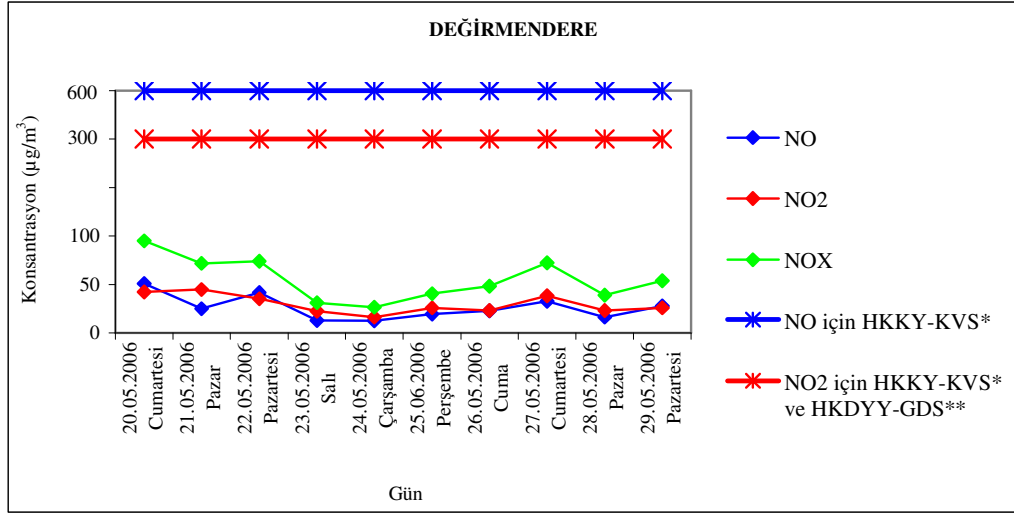
Şekil 5.76: Değirmendere ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.77: Değirmendere ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



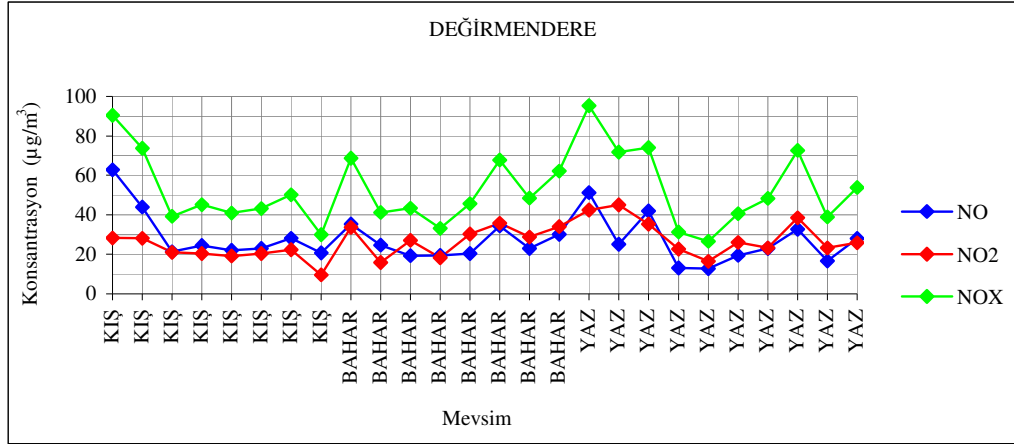
*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.78: Değirmendere ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi

5.3.8.3. Mevsimsel değişim

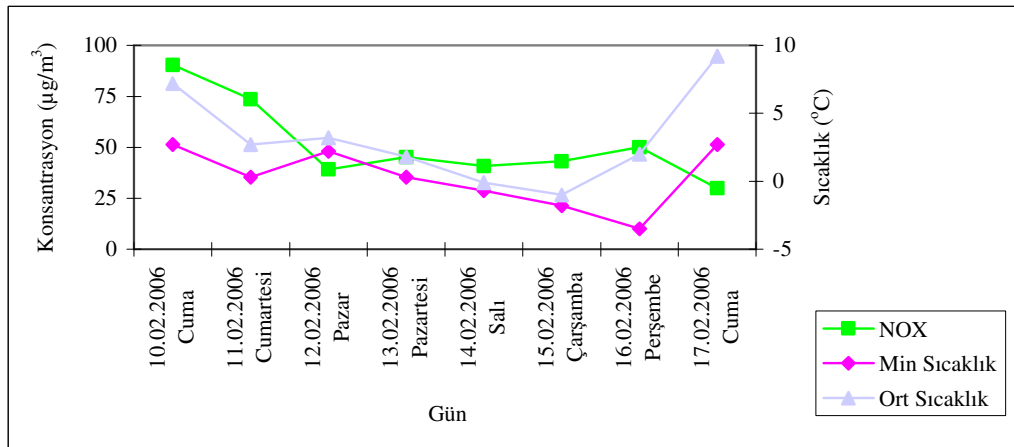
Değirmendere ölçüm istasyonunda 10.02.2006-17.02.2006, 13.05.2006-20.05.2006 ve 20.05.2006-29.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının mevsimsel değişimi Şekil 5.79'da görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde kış, bahar ve yaz mevsimlerinde konsantrasyonlarda çok fazla değişiklik olmadığı görülmektedir. Ortalama hava sıcaklıkları incelendiğinde, kış mevsiminde ortalama sıcaklığın (-1)-9 °C ve min sıcaklığın (-4)-4 °C aralığında, bahar mevsiminde ortalama sıcaklığın 14-20 °C ve min sıcaklığın 10-13 °C aralığında, yaz mevsiminde ise ortalama sıcaklığın 20-24 °C ve min sıcaklığın 13-18 °C aralığında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu sıcaklıklara bakıldığında, yaz mevsiminde ısınma kaynaklı NO_x'lerde azalma beklenirken, azalmanın olmaması NO_x'lerin ısınmadan çok trafik kaynaklı olduğunu düşündürmektedir.



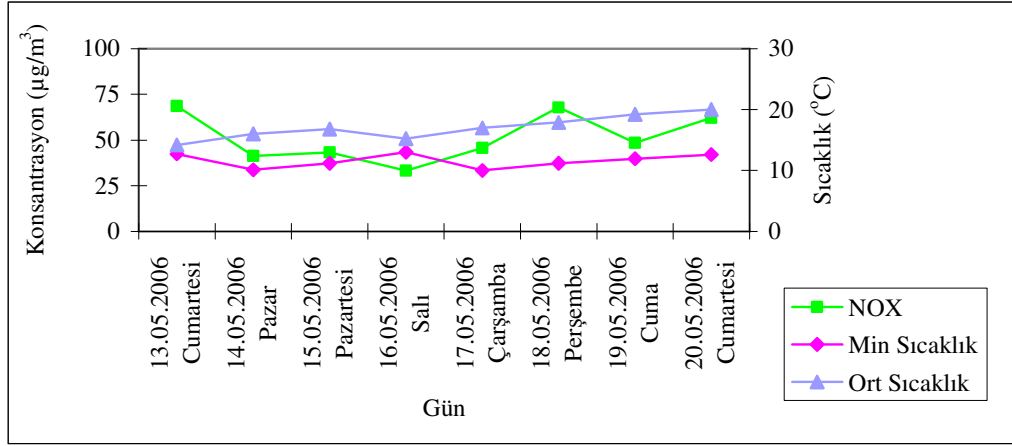
Şekil 5.79: Değirmendere ölçüm istasyonundaki NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

5.3.8.4. Sıcaklıkla değişimler

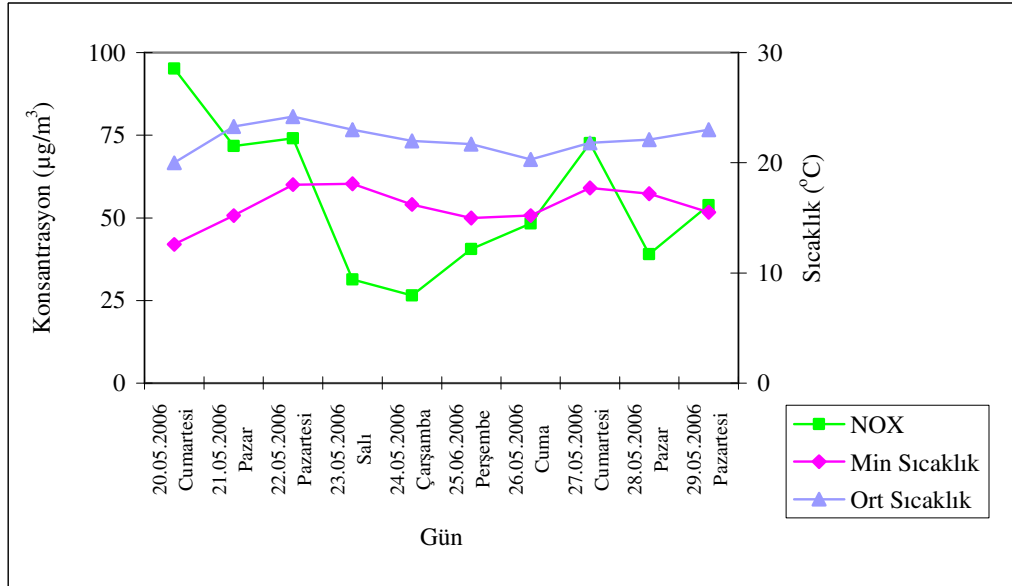
Değirmendere ölçüm istasyonunda 10.02.2006-17.02.2006, 13.05.2006-20.05.2006 ve 20.05.2006-29.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının sıcaklıkla değişimleri Şekil 5.80-Şekil 5.82’de görüldüğü gibidir. NO_x-sıcaklık arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla korelasyon katsayılarına bakılmış, kış mevsimi için; 0,163, bahar mevsimi için; 0,230 ve yaz mevsimi için; -0,396 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu istasyondaki ölçüm sonuçlarına göre NO_x ile sıcaklık arasında sadece yazın zayıf bir ilişki olduğu söylenebilir.



Şekil 5.80: Değirmendere ölçüm istasyonundaki kış örneklemesi periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi



Şekil 5.81: Değirmendere ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

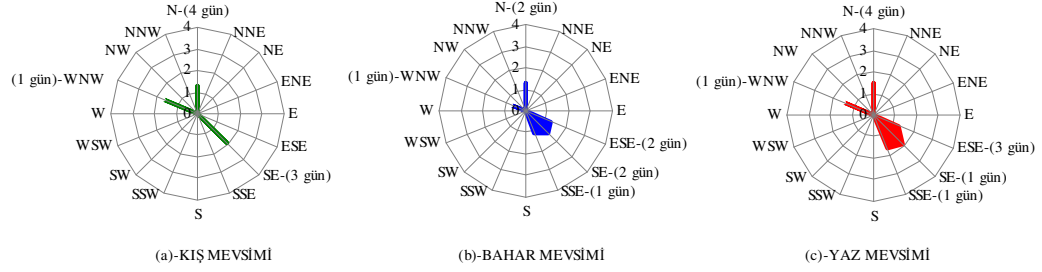


Şekil 5.82: Değirmendere ölçüm istasyonundaki yaz örneklemesi periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

5.3.8.5. Rüzgar verileri

Ölçüm yapılan tarihlerdeki ortalama rüzgar bilgileri (Ek-3) incelendiğinde, rüzgarın kış ve yaz mevsimlerindeki ölçümler esnasında en fazla N yönünden (max 1,3 m/s ve 1,5 m/s hızla), bahar mevsiminde ise en fazla E-S arasındaki yönlerden (toplam 5 gün-max 1,5 m/s hızla) estiği gözlenmiştir. Ancak yaz mevsiminde N ve WNW yönlerinden esen rüzgar sayısı kadar (toplam 5 gün), ESE-SE-SSE yönlerinden (toplam 5 gün) de estiği gözlenmiştir (Şekil 5.83).

Bölgenin ESE-SE-SSE yönlerinden gelebilecek trafik kaynaklı NO_x emisyonlarına ve N-WNW yönlerinden gelebilecek sanayi, trafik ve konut kaynaklı NO_x emisyonlarına maruz kaldığı düşünülmektedir.



Şekil 5.83: Rüzgar verileri-Değirmendere

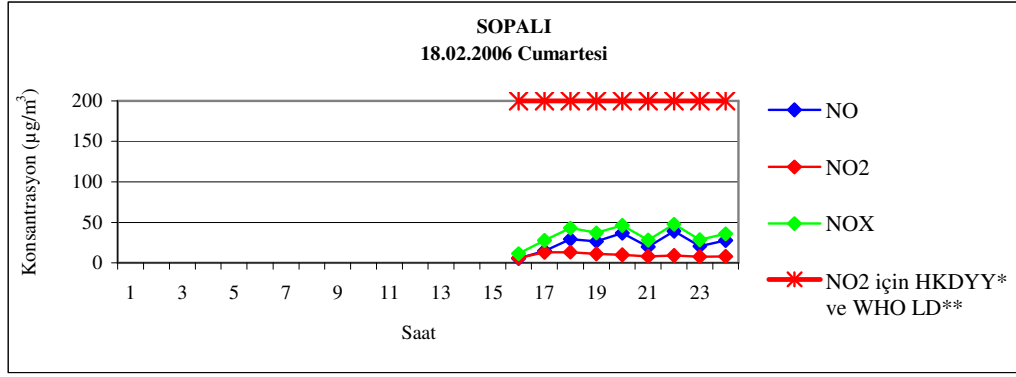
5.3.9. Sopalı

Sopalı ölçüm istasyonunda kış ve bahar ölçümleri yapılmış, ancak yaz ölçümleri yapılmamıştır.

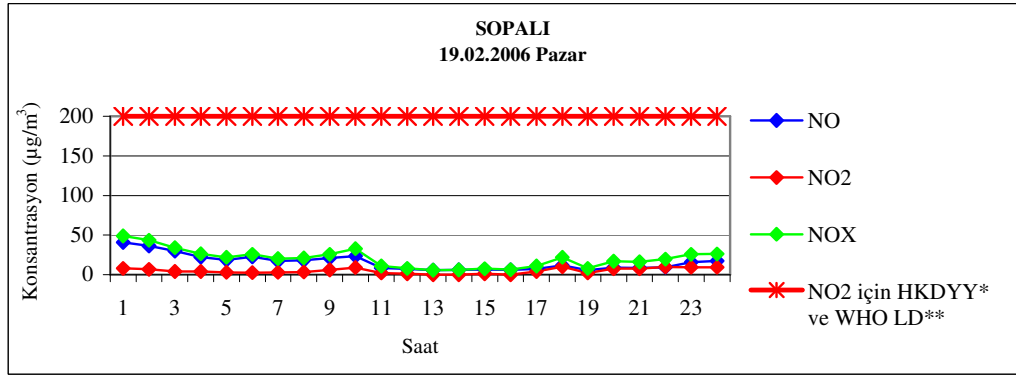
5.3.9.1. Saatlik değişimler

5.3.9.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

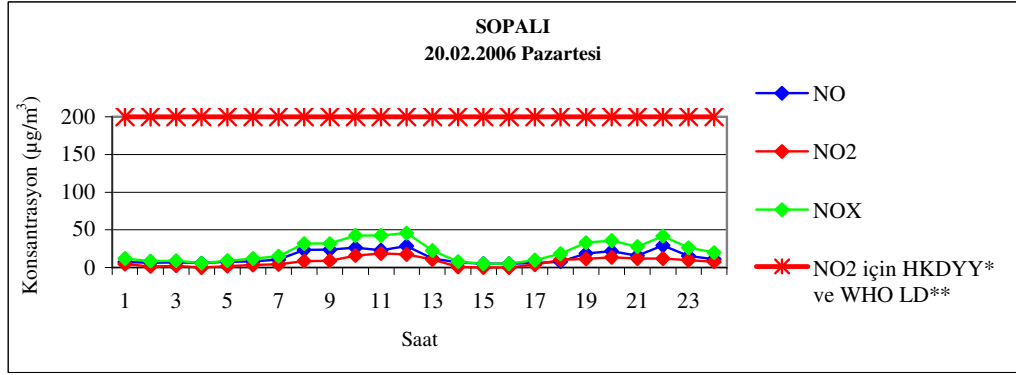
Sopalı ölçüm istasyonunda 18.02.2006 ile 25.02.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.84'de görüldüğü gibidir. Grafikler incelendiğinde, konsantrasyon yükselmelerinin farklı günlerde farklı saatlere denk geldiği görülmektedir.



(a)

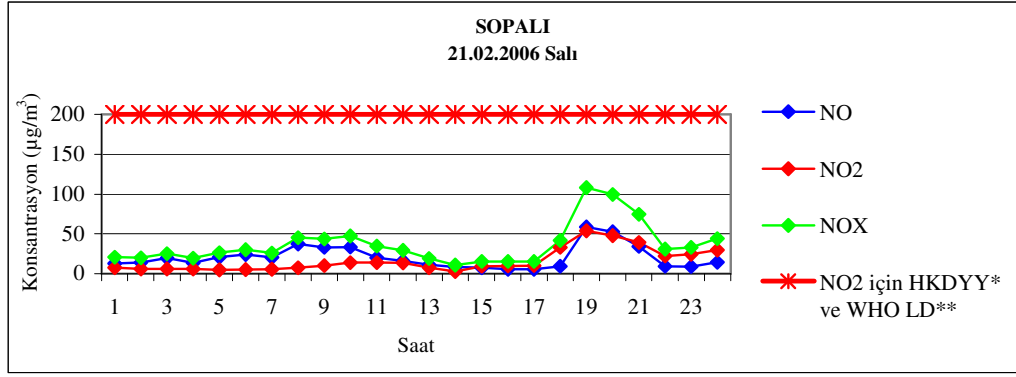


(b)

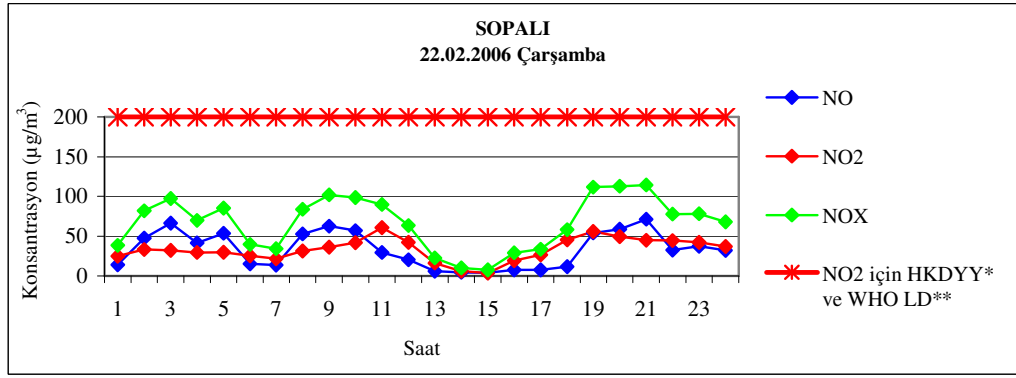


(c)

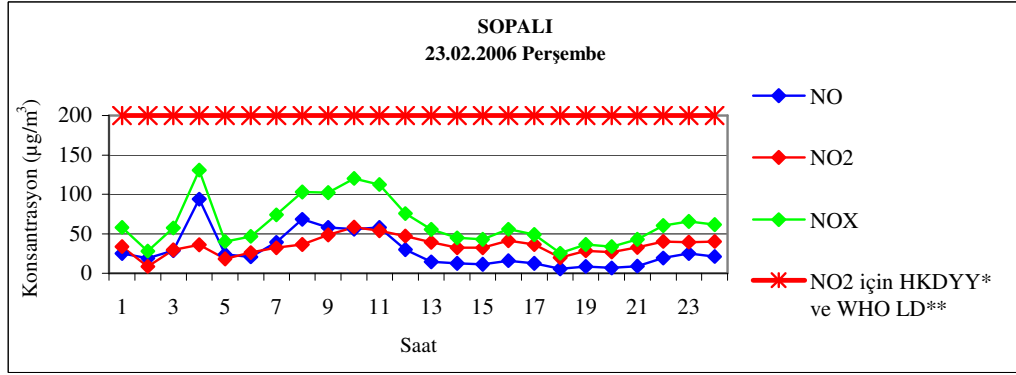
Şekil 5.84: Sopalı ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)

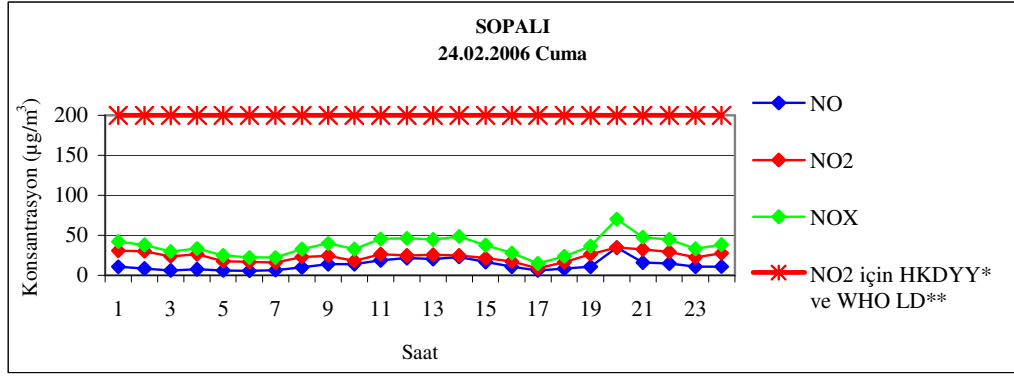


(e)

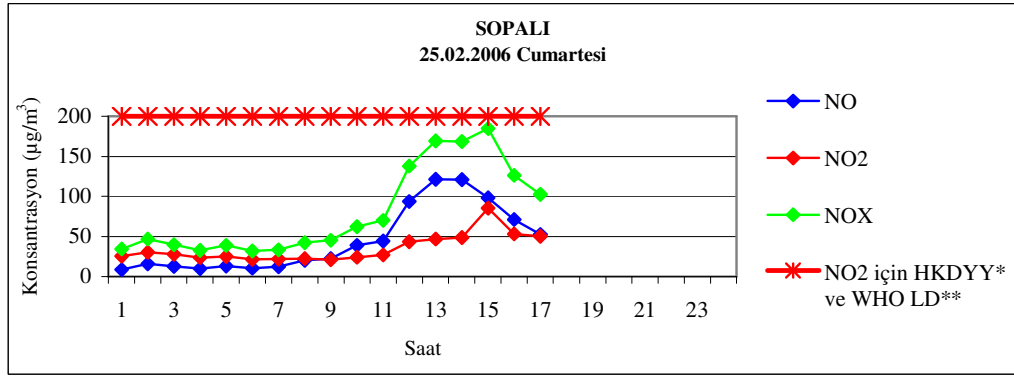


(f)

Şekil 5.84 (devam): Sopalı ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(g)



(h)

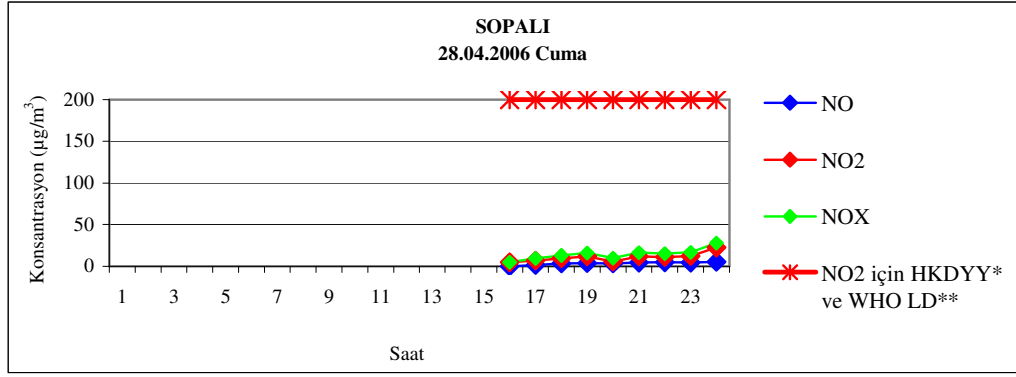
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

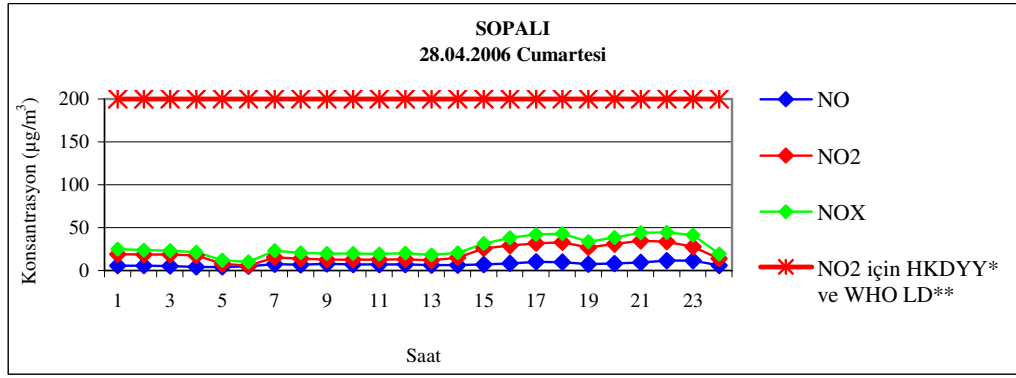
Şekil 5.84 (devam): Sopalı ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.9.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları

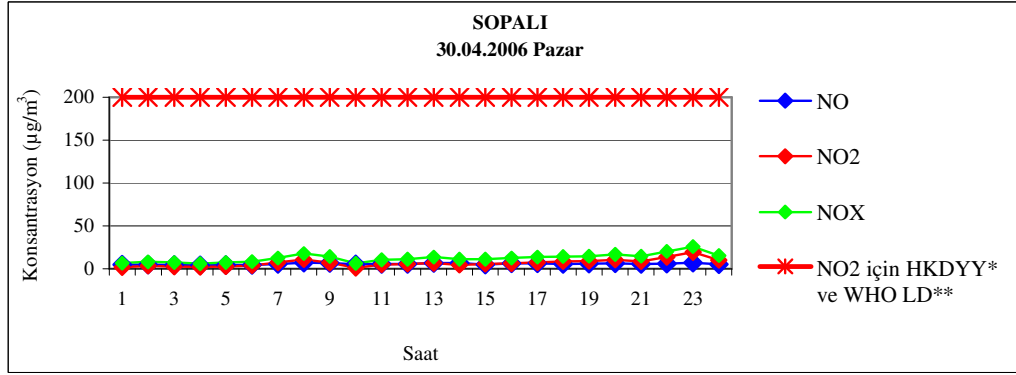
Sopalı ölçüm istasyonunda 28.04.2006 ile 03.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.85'de görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde konsantrasyonların düz bir çizgide ilerlediği, sadece 2 gün (28.04.2006-01.05.2006 tarihlerinde) dalgalanma olduğu görülmektedir.



(a)

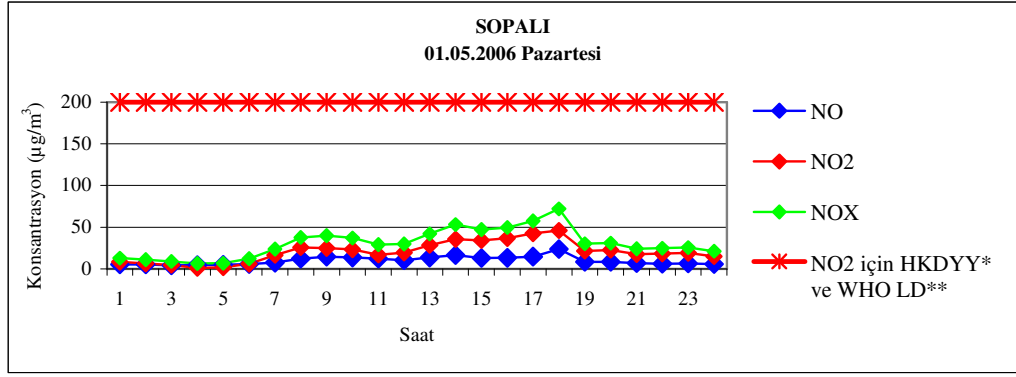


(b)

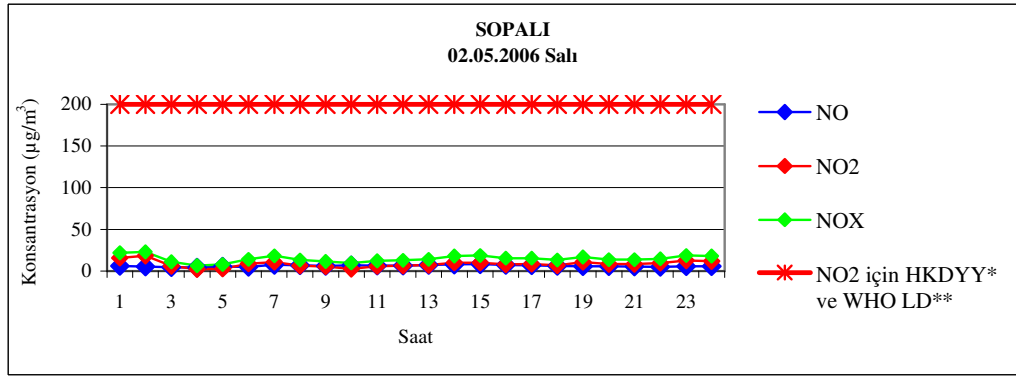


(c)

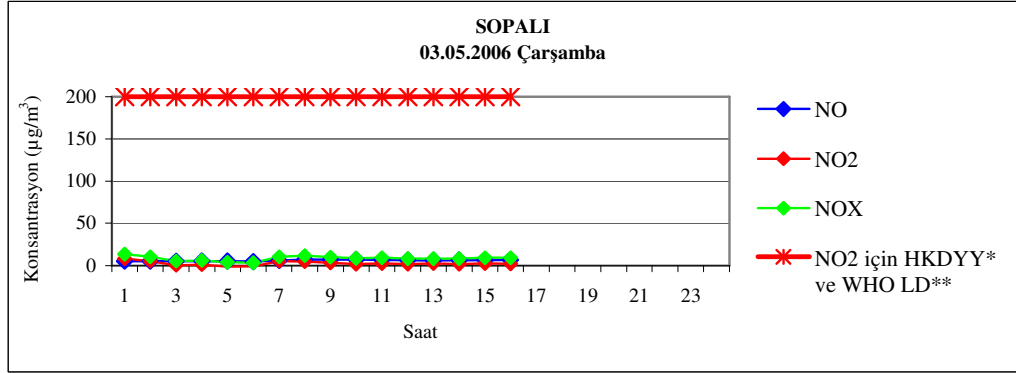
Şekil 5.85: Sopalı ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(d)



(e)



(f)

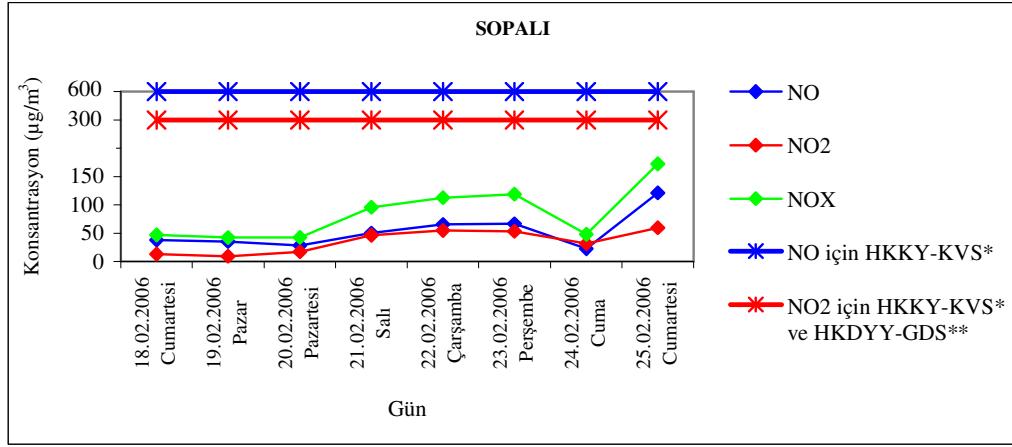
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

Şekil 5.85 (devam): Sopalı ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.9.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri

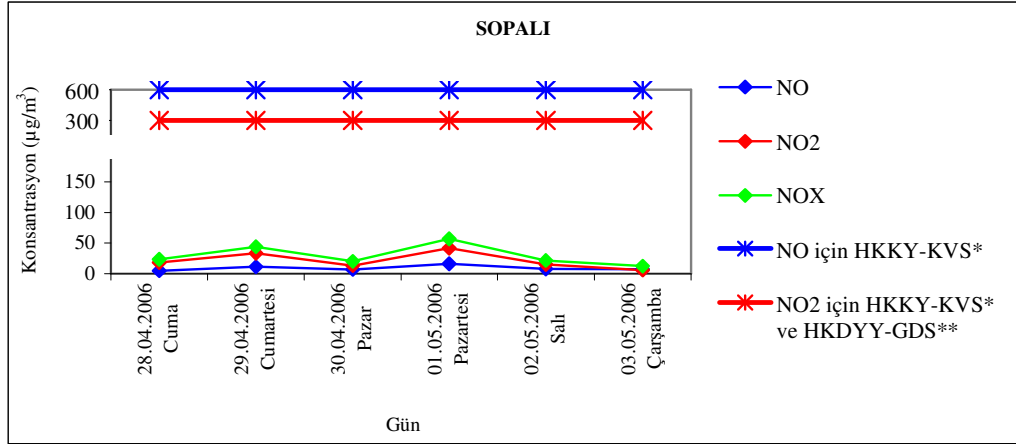
Sopalı ölçüm istasyonunda 18.02.2006-25.02.2006 ve 28.04.2006 ile 03.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri Şekil 5.86 ve Şekil 5.87’de görüldüğü gibidir. Günlük grafikler incelendiğinde, NO_x konsantrasyon aralığının, kış mevsimindeki 25.02.2006 Cumartesi tarihli 172 µg/m³ ile bahar mevsimindeki 03.05.2006 Çarşamba tarihli 12 µg/m³ olduğu gözlenmektedir. Hafta içi-hafta sonu değerlendirmesi yapıldığında, kış mevsimlerinde hafta sonu, bahar mevsiminde hafta içi konsantrasyonların daha yüksek olması nedeniyle bu bölge için bir ayırım yapmak oldukça zordur.



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.86: Sopalı ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük değişimi



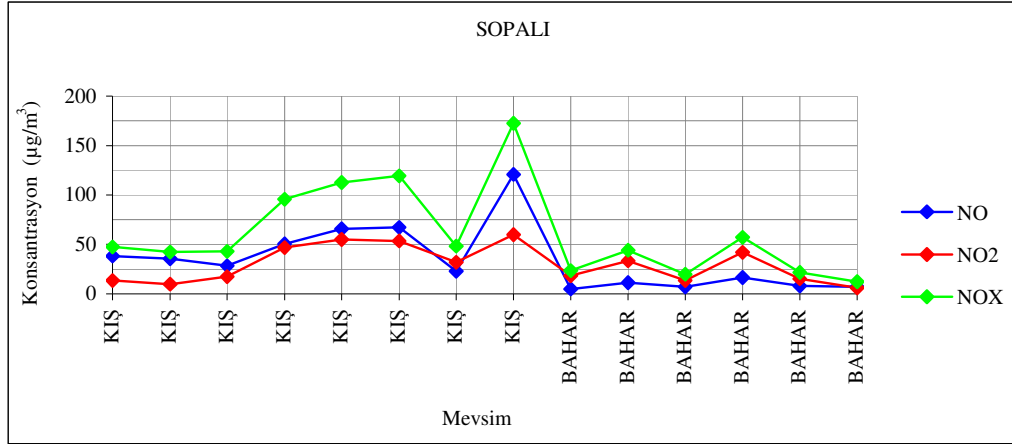
*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.87: Sopalı ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük değişimi

5.3.9.3. Mevsimsel değişim

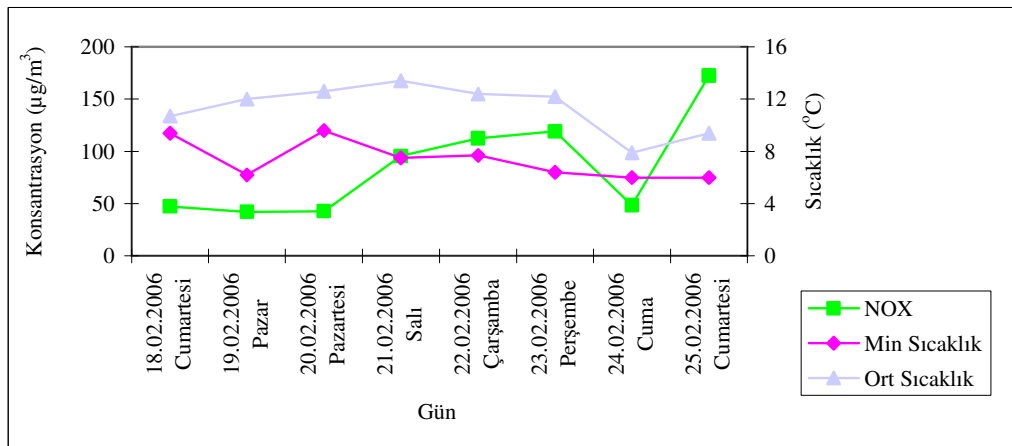
Sopalı ölçüm istasyonunda 18.02.2006-25.02.2006 ve 28.04.2006 ile 03.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının mevsimsel değişimi Şekil 5.88'de görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde kış mevsimindeki NO_x konsantrasyonlarının, bahar mevsiminde azaldığı görülmektedir. Ortalama hava sıcaklıkları incelendiğinde, kış mevsiminde ortalama sıcaklığın 8-13 °C ve min sıcaklığın 6-10 °C aralığında, bahar mevsiminde ise ortalama sıcaklığın 11-12 °C ve min sıcaklığın 8-11 °C aralığında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla hava sıcaklığındaki artışa bağlı olarak, yakıt tüketiminin azalması ile NO_x konsantrasyonlarında azalma olduğu düşünülmektedir.



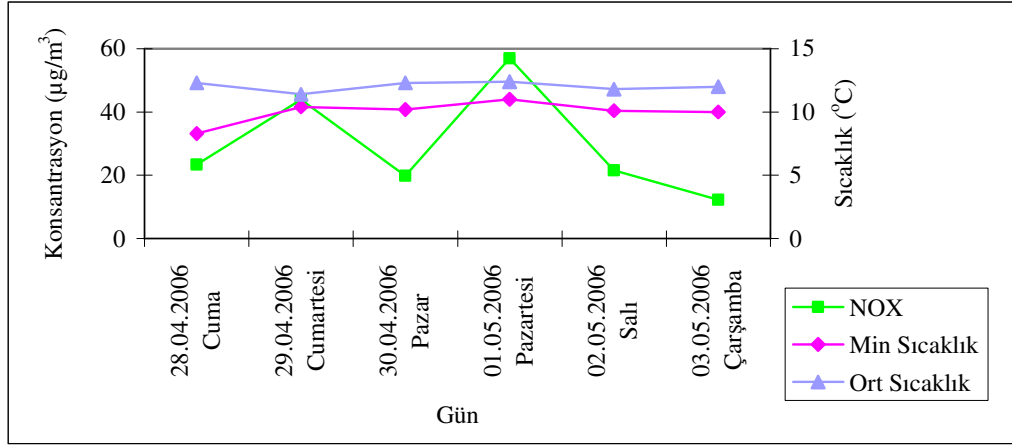
Şekil 5.88: Sopalı ölçüm istasyonundaki NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

5.3.9.4. Sıcaklıkla değişimler

Sopalı ölçüm istasyonunda 18.02.2006-25.02.2006 ve 28.04.2006 ile 03.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının sıcaklıkla değişimleri Şekil 5.89 ve Şekil 5.90'da görüldüğü gibidir. NO_x-sıcaklık arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla korelasyon katsayılarına bakılmış, kış mevsimi için; -0,430, bahar mevsimi için ise; 0,530 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu istasyondaki ölçüm sonuçlarına göre NO_x ile sıcaklık arasında kış mevsimi için zayıf bir ilişki olduğu söylenebilir.



Şekil 5.89: Sopalı ölçüm istasyonundaki kış örneklemesi periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

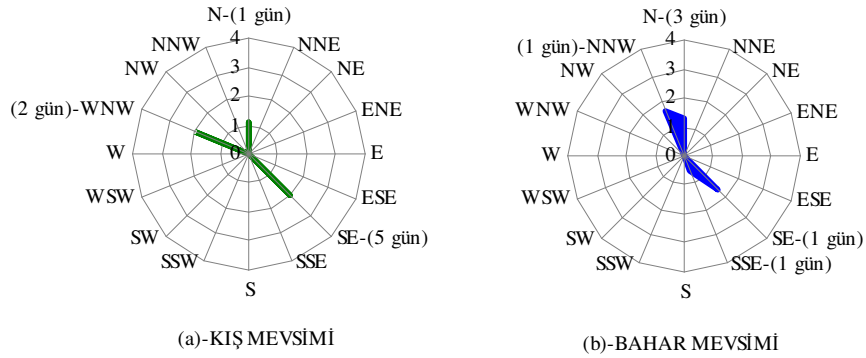


Şekil 5.90: Sopalı ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

5.3.9.5. Rüzgar verileri

Ölçüm yapılan tarihlerdeki ortalama rüzgar bilgileri (Ek-3) incelendiğinde, rüzgarın kış mevsiminde en fazla SE yönünden (max 2 m/s hızla), bahar mevsiminde ise en fazla N yönünden (max 1,3 m/s hızla) estiği gözlenmiştir (Şekil 5.91).

Dolayısıyla bu bölgenin, kış mevsimindeki ölçümler esnasında ağırlıklı olarak SE yönünden; bahar mevsimindeki ölçümler esnasında ise ağırlıklı olarak N yönünden gelen konut ve trafik kaynaklı NO_x emisyonlarına da maruz kaldığı düşünülmektedir.



Şekil 5.91: Rüzgar verileri-Sopalı

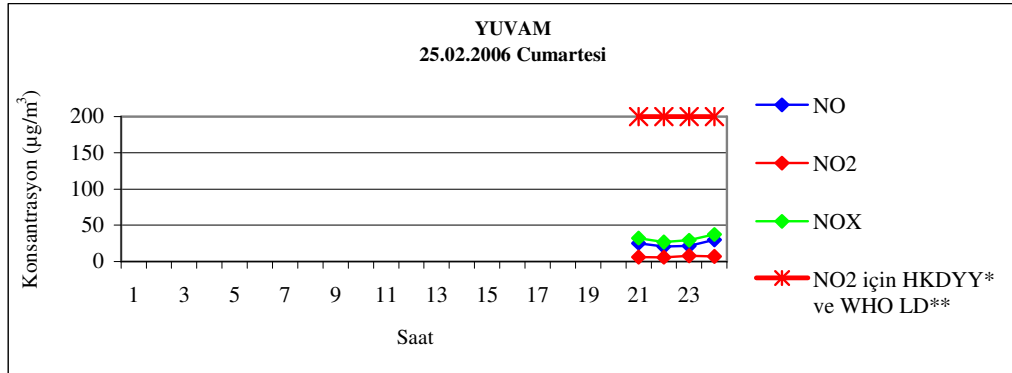
5.3.10. Yuvam

Yuvam ölçüm istasyonunda kış ve bahar ölçümleri yapılmış, ancak yaz ölçümleri yapılmamıştır.

5.3.10.1. Saatlik değişimler

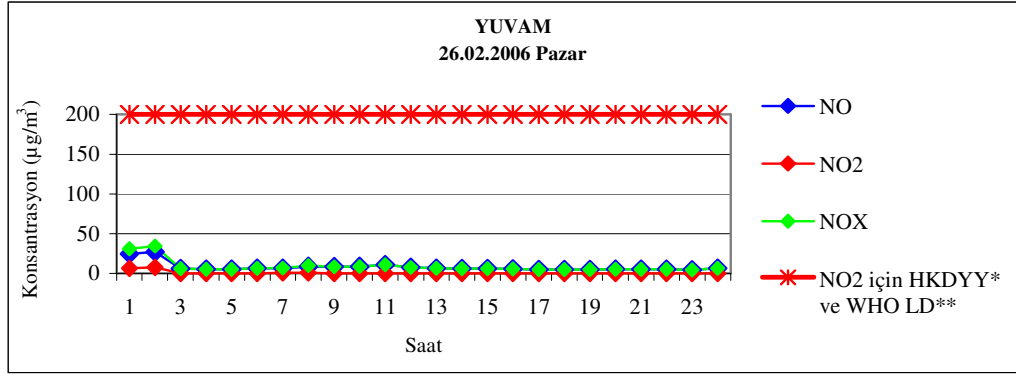
5.3.10.1.1. Kış mevsimi ölçüm sonuçları

Yuvam ölçüm istasyonunda 25.02.2006 ile 04.03.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.92’de görüldüğü gibidir. Grafiklerdeki pikler, farklı günlerde farklı saatlere denk gelmekle birlikte, dikkati çeken bir nokta 4 günde de (28.02.2006, 02.03.2006, 03.03.2006, 04.03.2006) 09:00-13:00 saatleri arasındaki konsantrasyon yükselmesidir.

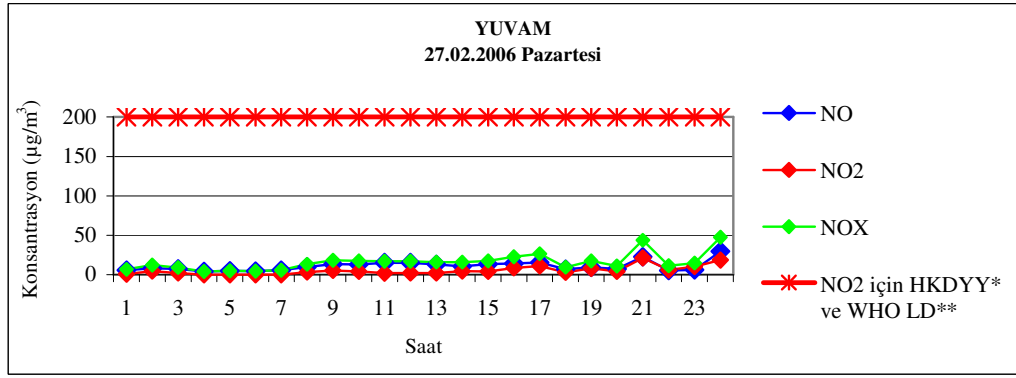


(a)

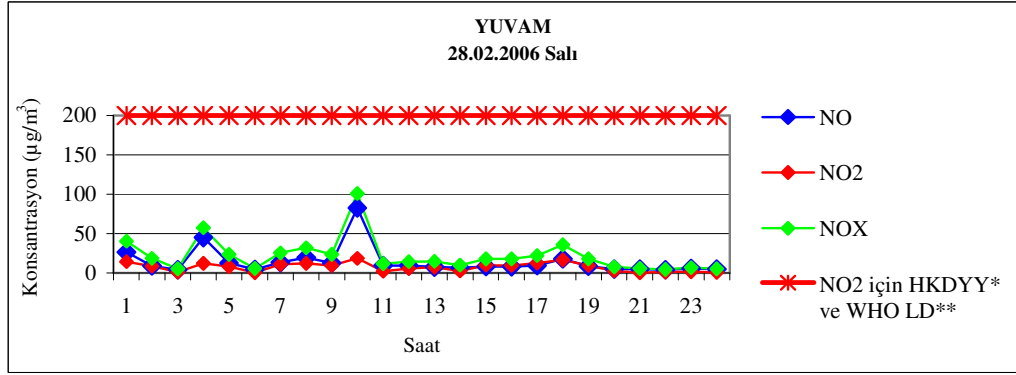
Şekil 5.92: Yuvam ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_X konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(b)

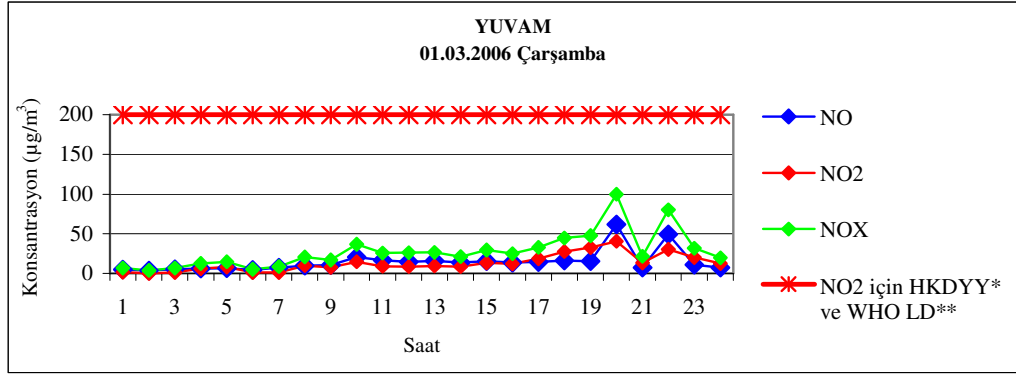


(c)

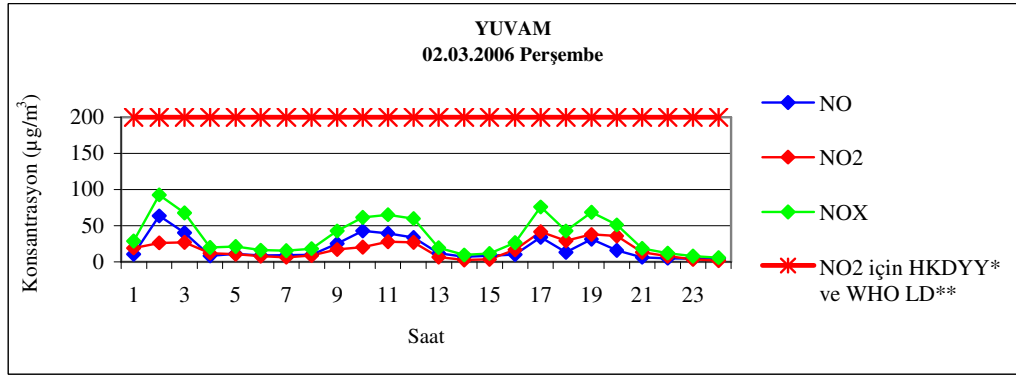


(d)

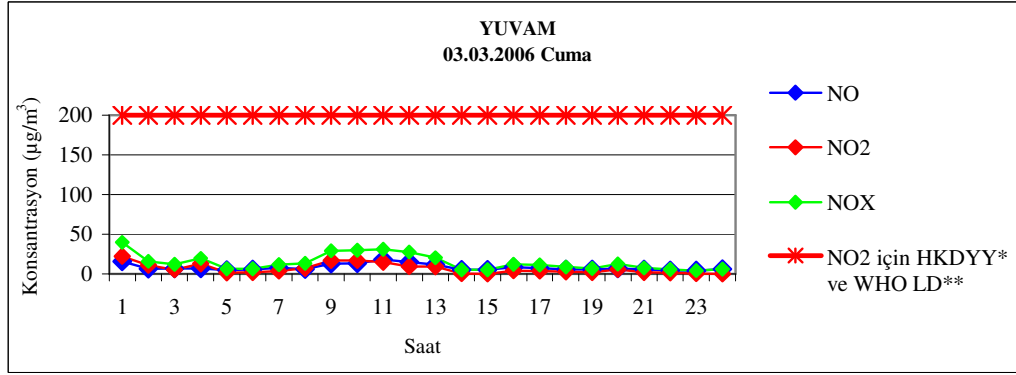
Şekil 5.92 (devam): Yuvam ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(e)

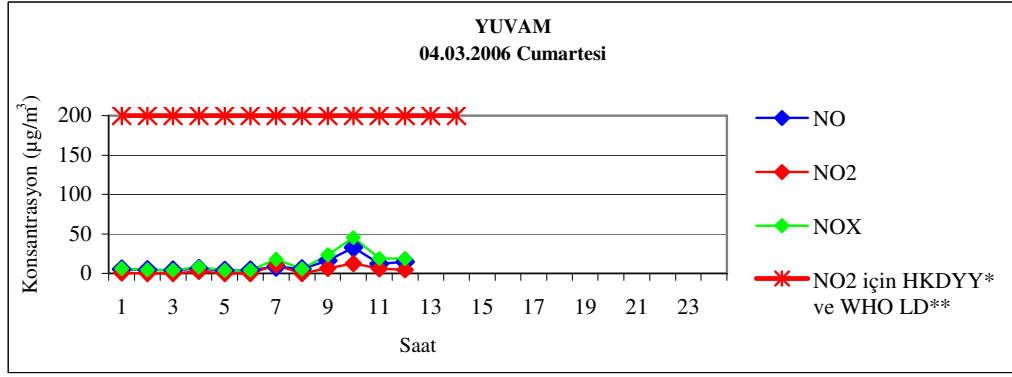


(f)



(g)

Şekil 5.92 (devam): Yuvam ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(h)

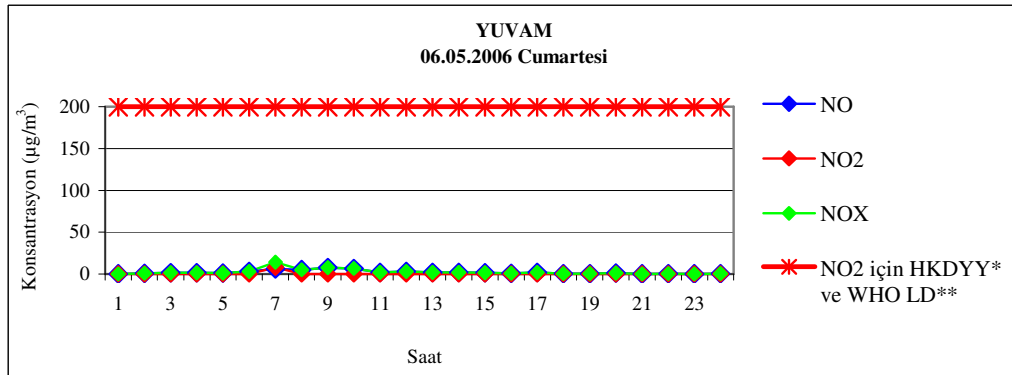
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

Şekil 5.92 (devam): Yuvam ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

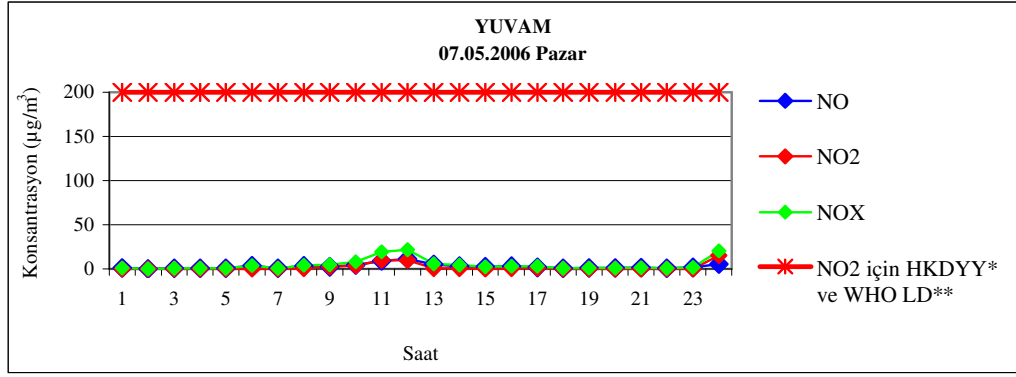
5.3.10.1.2. Bahar mevsimi ölçüm sonuçları

Yuvam ölçüm istasyonunda 06.05.2006 ile 13.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.93'de görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, 4 grafikte de öğlen saatlerinde (13:00-15:00 civarı) konsantrasyonların düşük olması dikkati çekmektedir. Genelde sabah ve akşam saatlerindeki yükselmeler, gün içi sıcaklık değişimine bağlı olarak ısınma gereksinimine bağlanabilir.

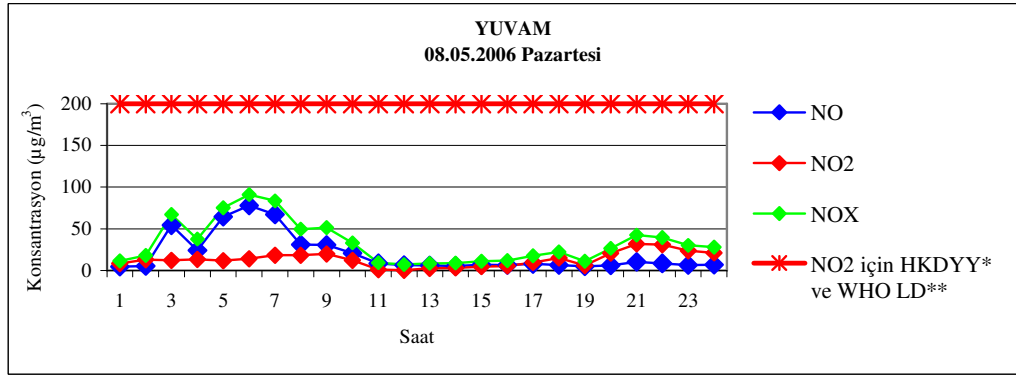


(a)

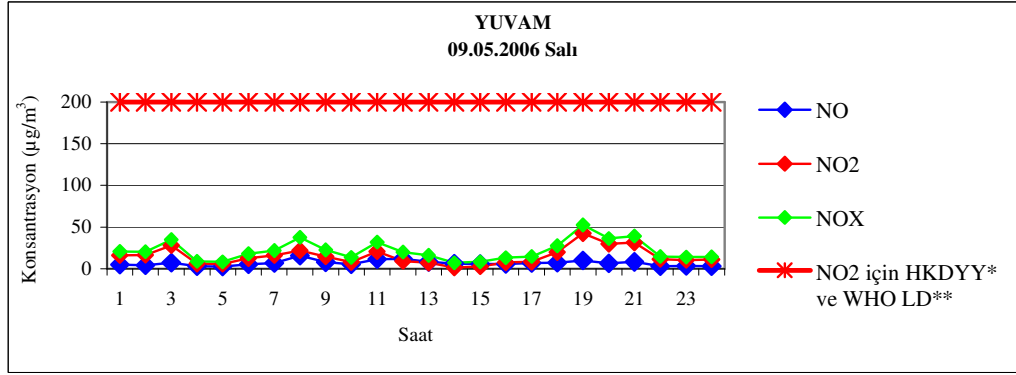
Şekil 5.93: Yuvam ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(b)

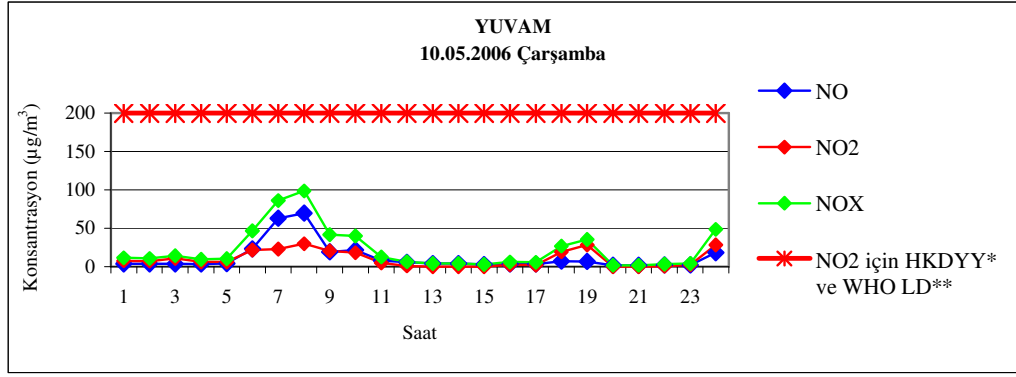


(c)

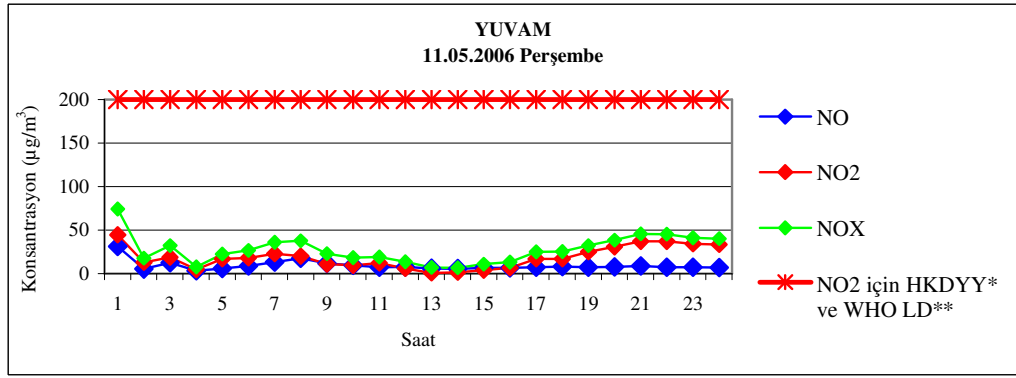


(d)

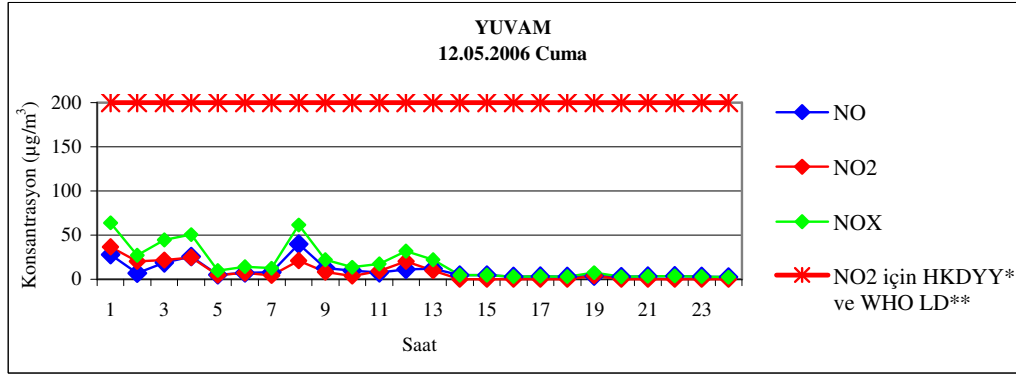
Şekil 5.93 (devam): Yuvam ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(e)

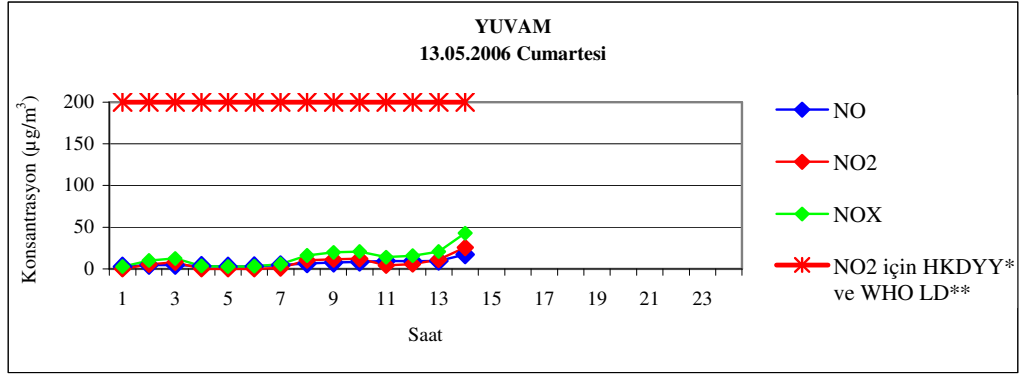


(f)



(g)

Şekil 5.93 (devam): Yuvam ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri



(h)

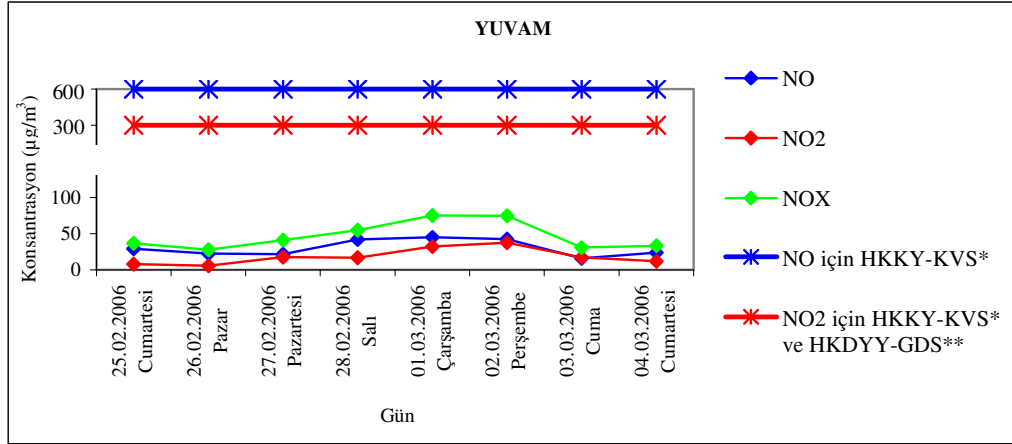
*HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değeri (1 Saatlik)

**WHO LD: Dünya Sağlık Örgütü Limit Değeri (1 Saatlik)

Şekil 5.93 (devam): Yuvam ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri

5.3.10.2. Günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri

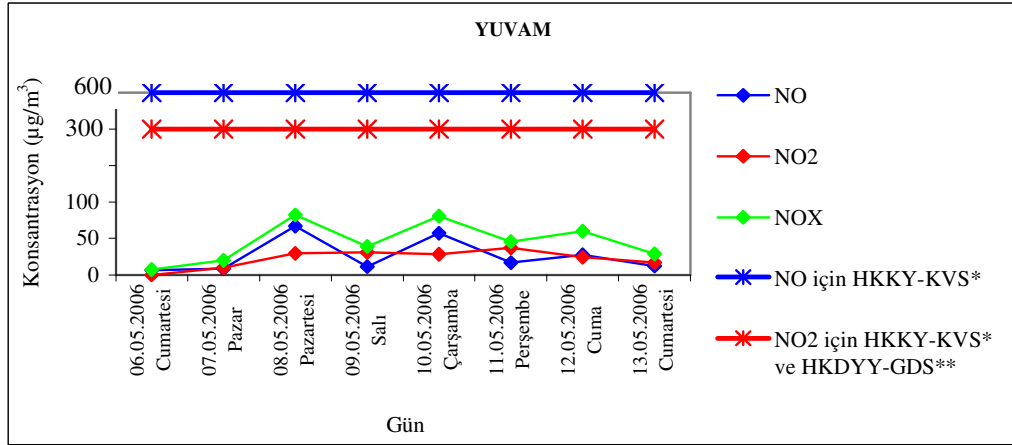
Yuvam ölçüm istasyonunda 25.02.2006-04.03.2006 ve 06.05.2006-13.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının günlük, hafta içi-hafta sonu değişimleri Şekil 5.94 ve Şekil 5.95’de görüldüğü gibidir. Günlük grafikler incelendiğinde, NO_x konsantrasyon aralığının, bahar mevsimindeki 08.05.2006 Pazartesi tarihli 82 µg/m³ ile yine bahar mevsimindeki 06.05.2006 Cumartesi tarihli 7 µg/m³ olduğu gözlenmektedir. Hafta içi-hafta sonu değerlendirmesi yapıldığında, hem kış hem de bahar mevsiminde bu bölgede hafta içi konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu görülmektedir.



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.94: Yuvam ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi



*HKKY-KVS: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği-Kısa Vadeli Sınır Değeri

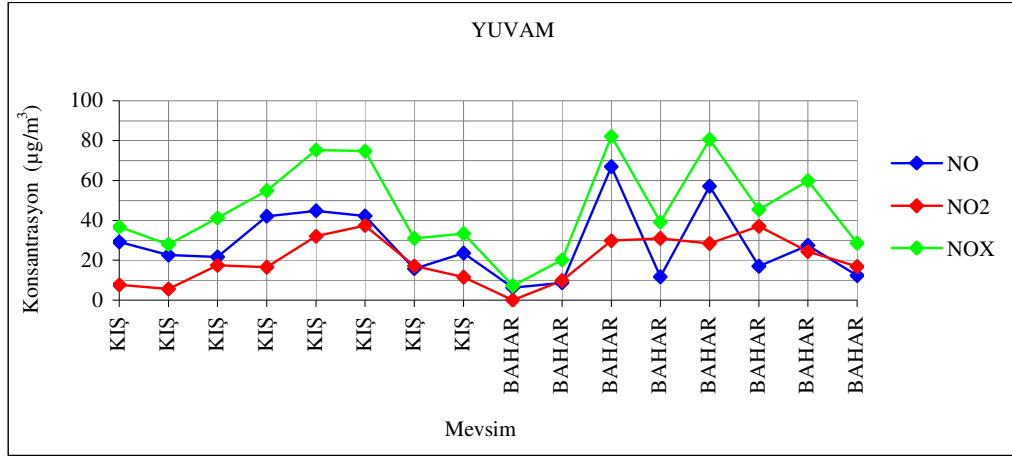
**HKDYY-GDS: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-Geçiş Dönemi Sınır Değeri

Şekil 5.95: Yuvam ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının günlük ve hafta içi-hafta sonu değişimi

5.3.10.3. Mevsimsel değişim

Yuvam ölçüm istasyonunda 25.02.2006-04.03.2006 ve 06.05.2006-13.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının mevsimsel değişimi Şekil 5.96'da görüldüğü gibidir. Ölçüm sonuçları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde kış mevsimindeki NO_x konsantrasyonlarının, fazla fark olmamakla birlikte bahar mevsiminde arttığı görülmektedir. Ortalama hava sıcaklıkları incelendiğinde, kış mevsiminde ortalama sıcaklığın 8-14 °C ve min sıcaklığın 2-9 °C aralığında, bahar

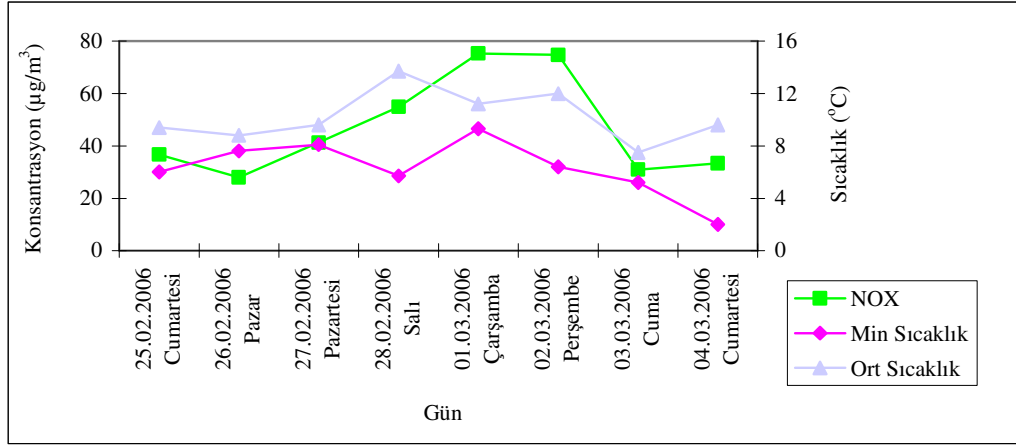
mevsiminde ise ortalama sıcaklığın 11-19 °C ve min sıcaklığın 9-16 °C aralığında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla hava sıcaklığındaki artışa bağlı olarak, yakıt tüketiminin azalması ile NO_x konsantrasyonlarında azalma beklenirken, olmaması bu bölgede trafiğin etkilerini düşündürmektedir.



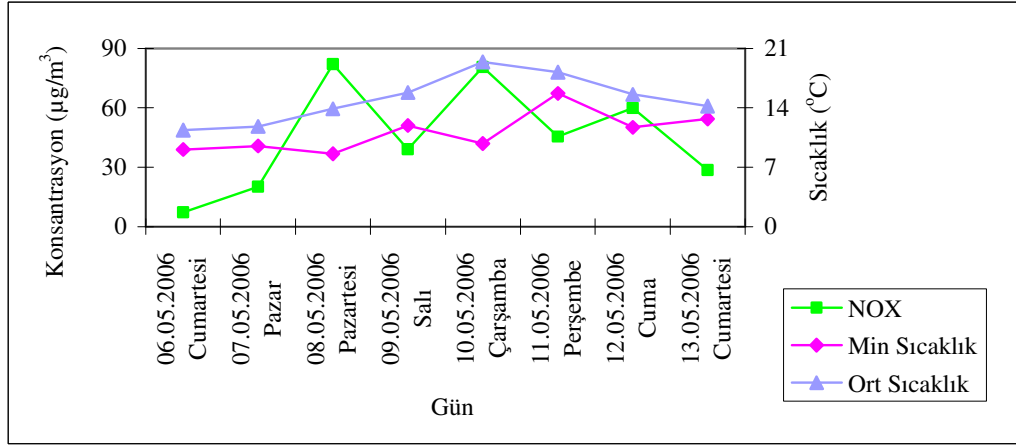
Şekil 5.96: Yuvam ölçüm istasyonundaki NO-NO₂-NO_x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

5.3.10.4. Sıcaklıkla değişimler

Yuvam ölçüm istasyonunda 25.02.2006-04.03.2006 ve 06.05.2006-13.05.2006 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçlarının sıcaklıkla değişimleri Şekil 5.97 ve Şekil 5.98'de görüldüğü gibidir. NO_x-sıcaklık arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla korelasyon katsayılarına bakılmış, kış mevsimi için; 0,430, bahar mevsimi için ise; -0,097 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu istasyondaki ölçüm sonuçlarına göre NO_x ile sıcaklık arasında bahar mevsimi için çok zayıf bir ilişki olduğu söylenebilir.



Şekil 5.97: Yuvam ölçüm istasyonundaki kış örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

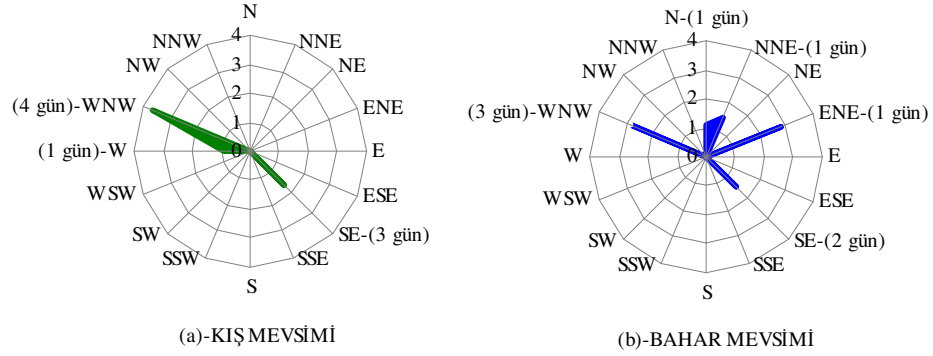


Şekil 5.98: Yuvam ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x-sıcaklık ilişkisi

5.3.10.5. Rüzgar verileri

Ölçüm yapılan tarihlerdeki ortalama rüzgar bilgileri (Ek-3) incelendiğinde, rüzgarın kış ve bahar mevsimlerinde en fazla WNW yönünden (max 3,7 m/s ve 2,8 m/s hızla) estiği gözlenmiştir (Şekil 5.99).

Dolayısıyla bu bölgenin, kış ve bahar mevsimlerindeki ölçümler esnasında ağırlıklı olarak WNW yönünden gelen trafik kaynaklı NO_x emisyonlarına da maruz kaldığı düşünülmektedir.



Şekil 5.99: Rüzgar verileri-Yuvam

5.4. NO_x – CO İlişkisi

Yanma olayı ile doğrudan ilişkili olan ve atık gazda aralarında ters ilişkinin olduğu NO_x ve CO emisyonlarının ortam havasındaki ilişkilerini ve ayrıca trafiğin kirlilikteki rolünün incelenmesi amacıyla 25.03.2006 tarihinden 06.07.2006 tarihine kadar NO_x ölçümleriyle beraber CO ölçümleri de yapılmıştır. Bahar mevsimi ölçümleri 25.03.2006–20.05.2006 tarihleri arasında 8 istasyonda, yaz mevsimi ölçümleri 20.05.2006–06.07.2006 tarihleri arasında 5 istasyonda yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre NO_x–CO arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla korelasyon katsayılarına bakılmıştır.

25.03.2006–31.03.2006 tarihleri arasında İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonunda yapılan 140 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.100’de görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,859 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında yüksek dereceli doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu yüksek dereceli ilişki nedeniyle NO_x–CO grafiği çizilmiş ve grafikten NO_x konsantrasyonuna karşı CO konsantrasyonu formüle edildiğinde $y=49,067x-23,505$ ve $R^2=0,7385$ olarak bulunmuştur (Şekil 5.101).

31.03.2006–07.04.2006 tarihleri arasında Köseköy ölçüm istasyonunda yapılan 160 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.102’de görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,554 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında orta dereceli doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

07.04.2006–14.04.2006 tarihleri arasında Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonunda yapılan 159 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.103'de görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,494 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında zayıf doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

14.04.2006–21.04.2006 tarihleri arasında Körfez-İgşaş ölçüm istasyonunda yapılan 167 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.104'de görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,177 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında çok zayıf doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

21.04.2006–28.04.2006 tarihleri arasında Körfez-Petkim ölçüm istasyonunda yapılan 158 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.105'de görülmektedir. Korelasyon katsayısı -0,130 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında çok zayıf doğrusal negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

28.04.2006–03.05.2006 tarihleri arasında Sopalı ölçüm istasyonunda yapılan 118 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.106'da görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,490 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında zayıf doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

06.05.2006–13.05.2006 tarihleri arasında Yuvam ölçüm istasyonunda yapılan 157 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.107'de görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,534 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında orta dereceli doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

13.05.2006–20.05.2006 tarihleri arasında Değirmendere ölçüm istasyonunda yapılan 159 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.108'de görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,598 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında orta dereceli doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

20.05.2006–26.05.2006 tarihleri arasında Değirmendere ölçüm istasyonunda yapılan 151 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.109'da

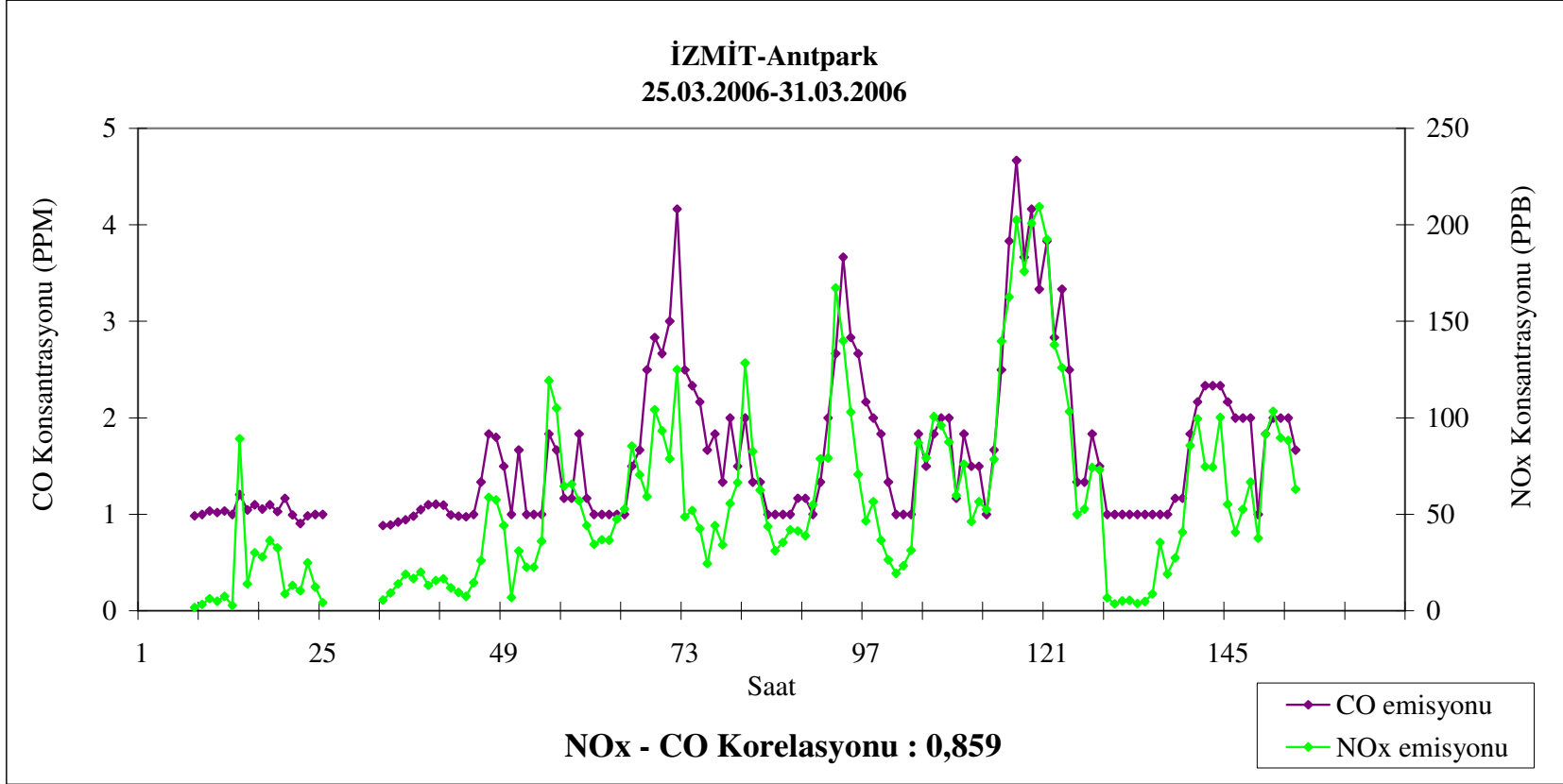
görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,678 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında orta dereceli doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

30.05.2006–05.06.2006 tarihleri arasında Yeniköy ölçüm istasyonunda yapılan 127 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.110’de görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,616 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında orta dereceli doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

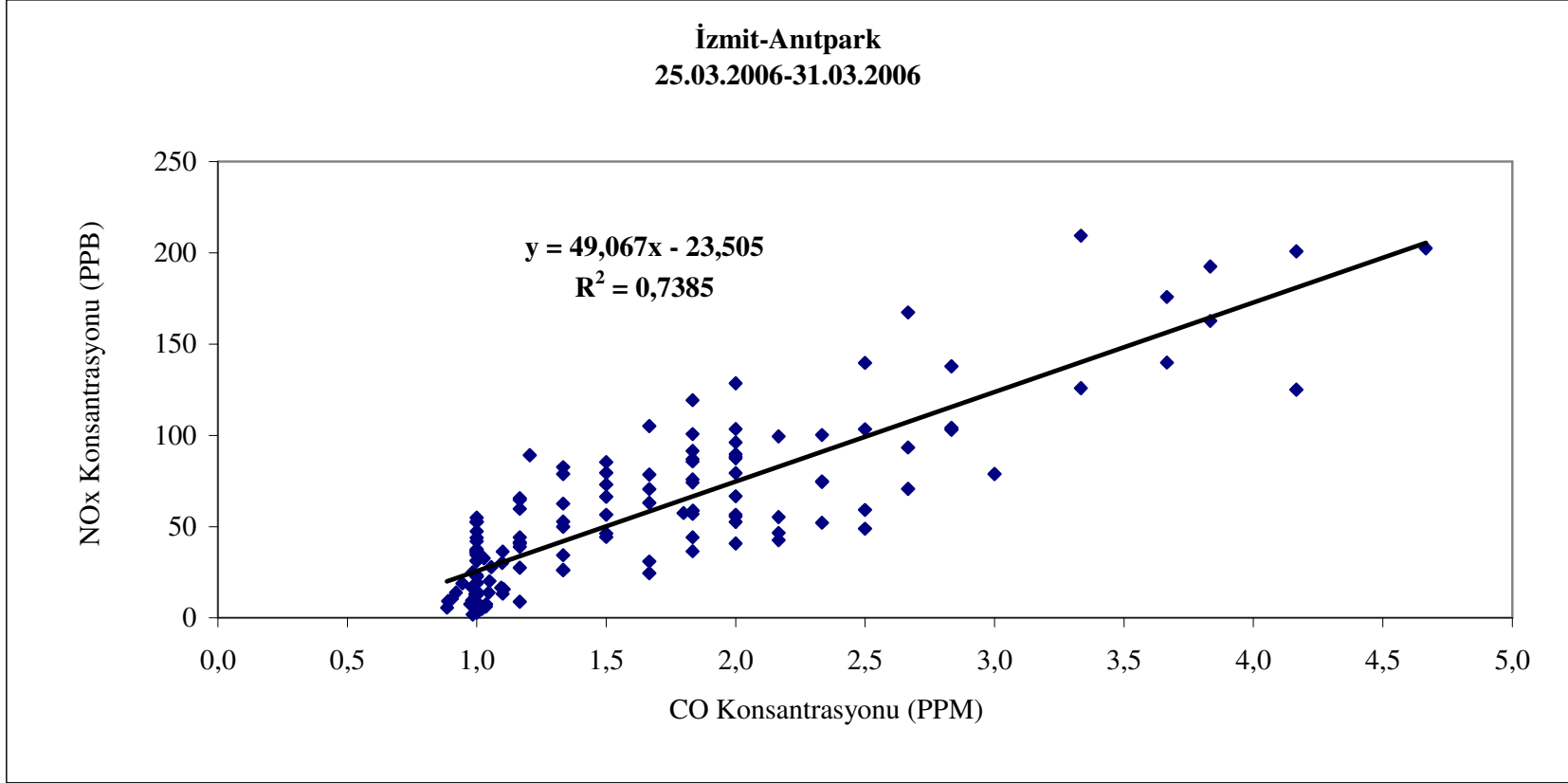
06.06.2006–13.06.2006 tarihleri arasında Yahya Kaptan ölçüm istasyonunda yapılan 163 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.111’de görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,382 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında zayıf doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

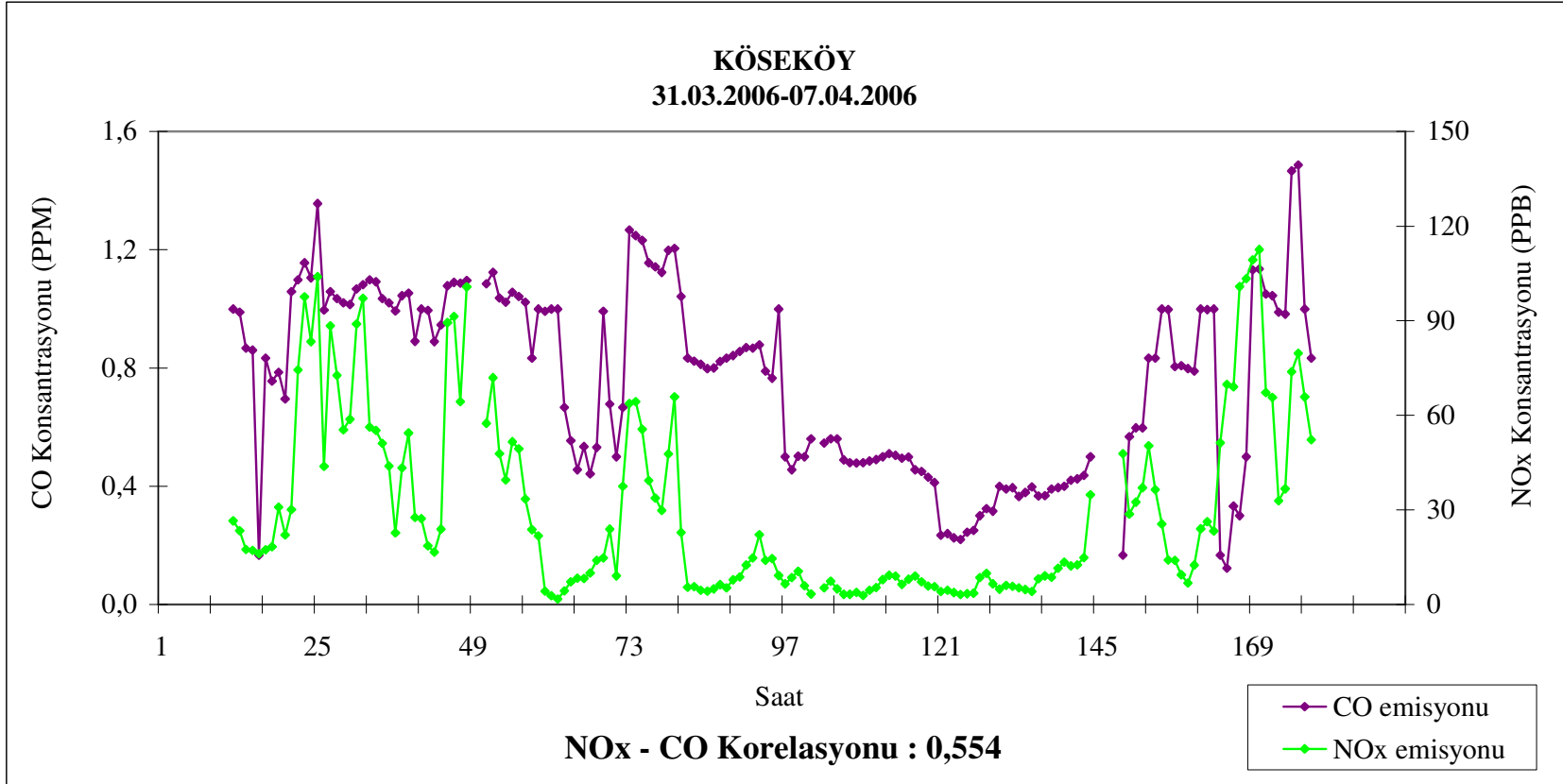
13.06.2006–21.06.2006 tarihleri arasında İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonunda yapılan 190 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.112’de görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,587 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında orta dereceli doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

21.06.2006–06.07.2006 tarihleri arasında Körfez-İgşaş ölçüm istasyonunda yapılan 344 saatlik NO_x ve CO ölçüm sonuçlarını gösteren grafik Şekil 5.113’de görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0,146 olarak bulunmuştur. Bu değer NO_x ile CO arasında çok zayıf doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

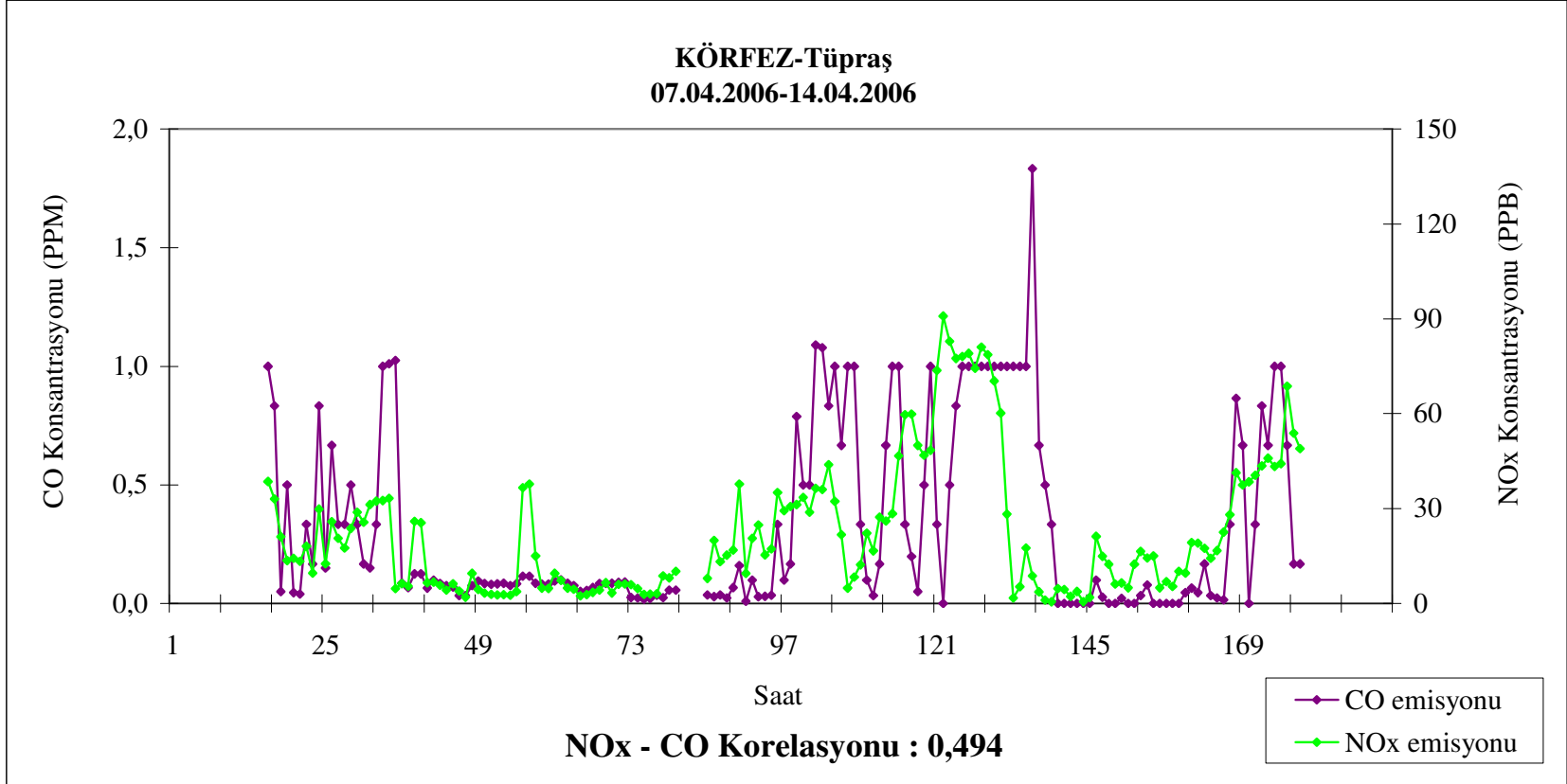


Şekil 5.100: İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi

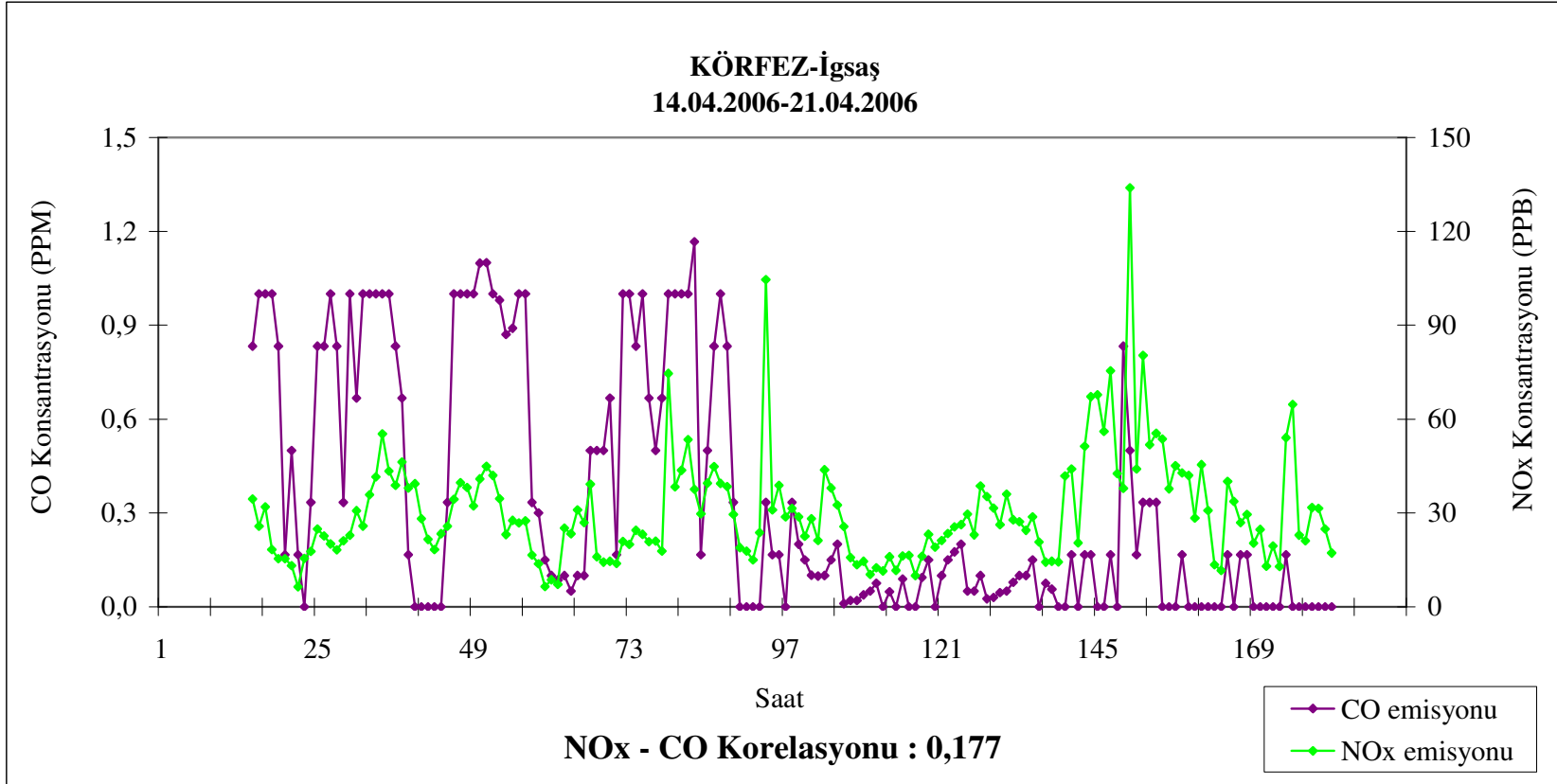




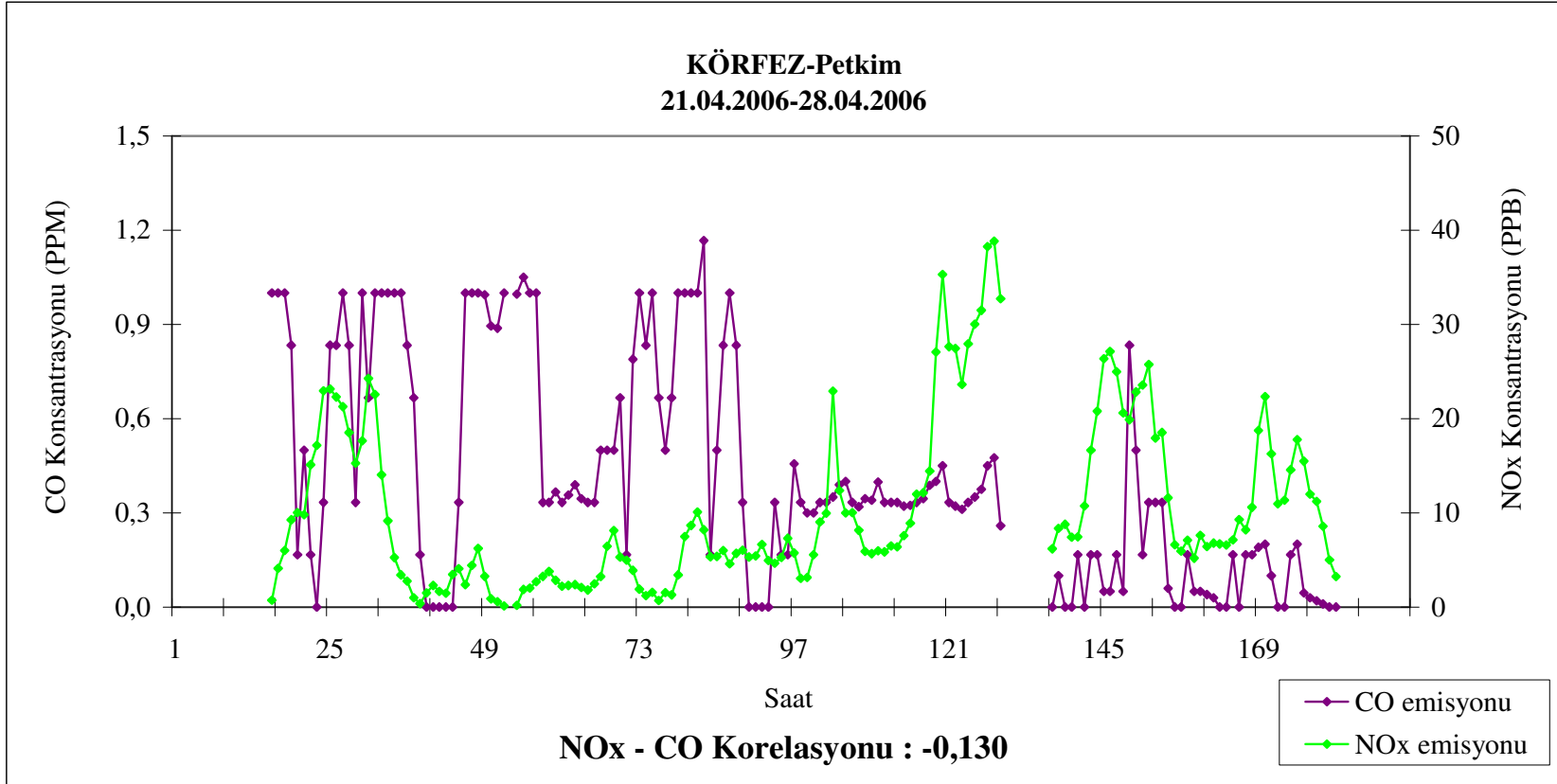
Şekil 5.102: Köseköy ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi



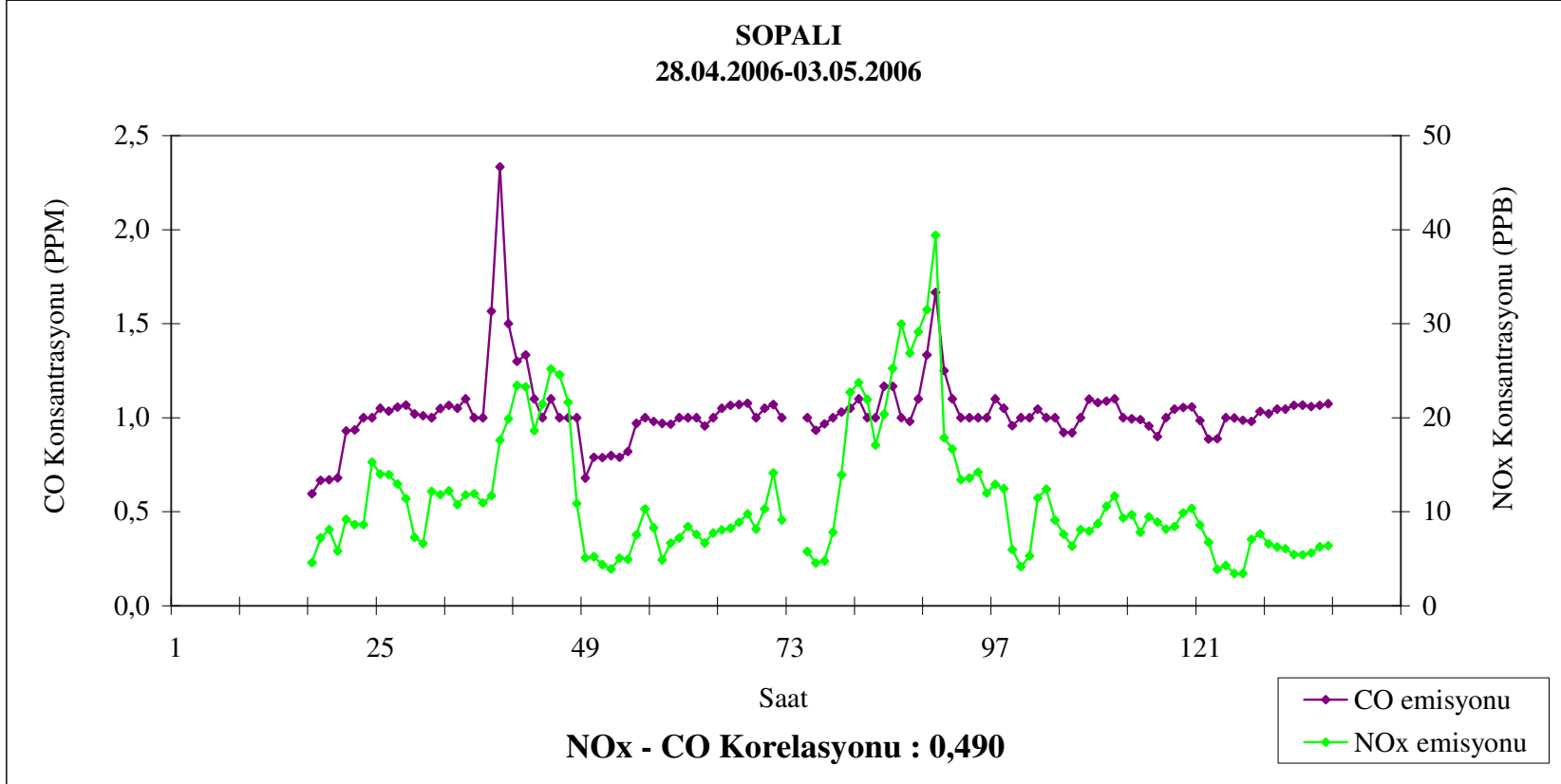
Şekil 5.103: Körfez-Tüpraş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi



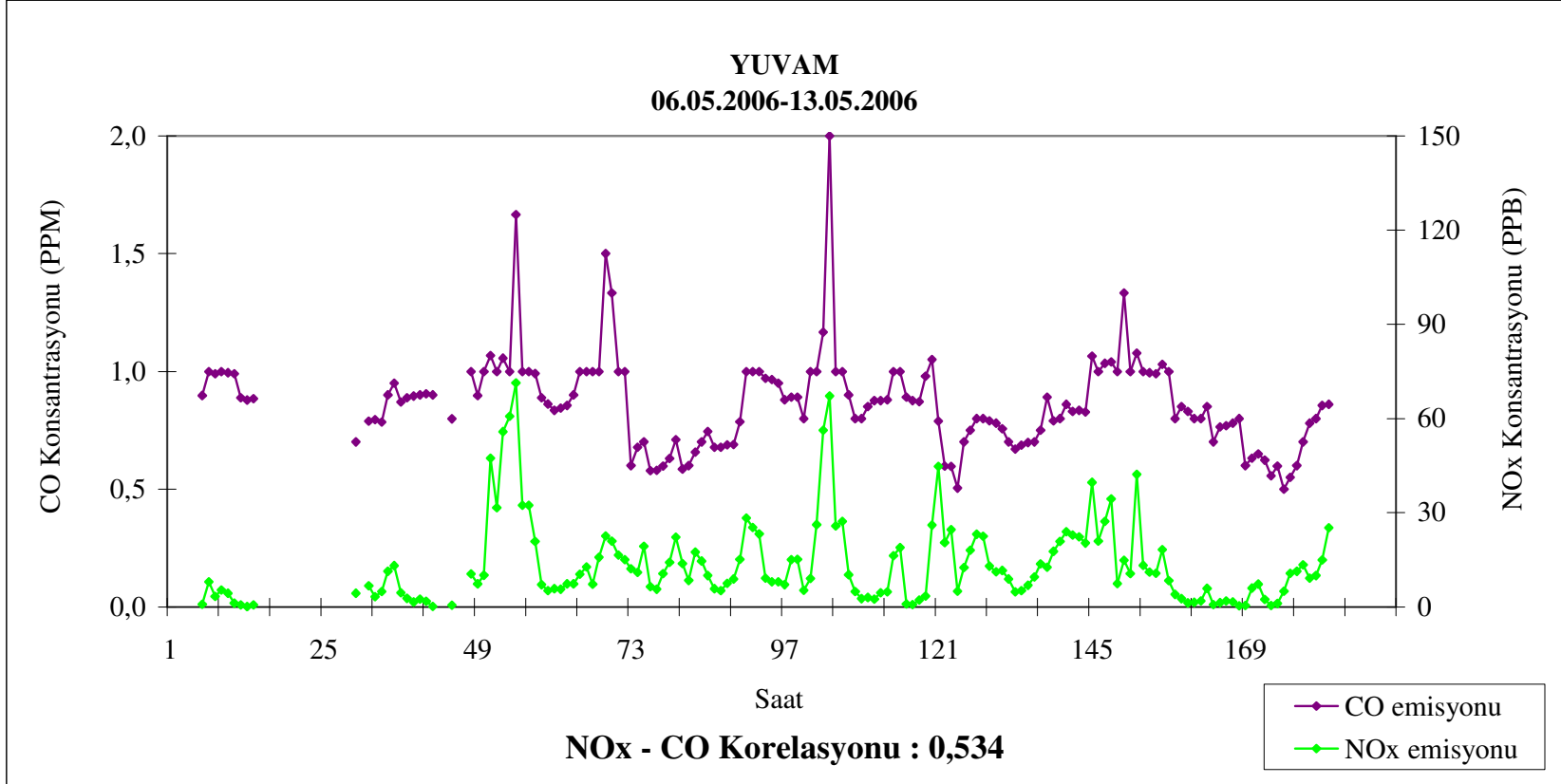
Şekil 5.104: Körfez-İgşaş ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi



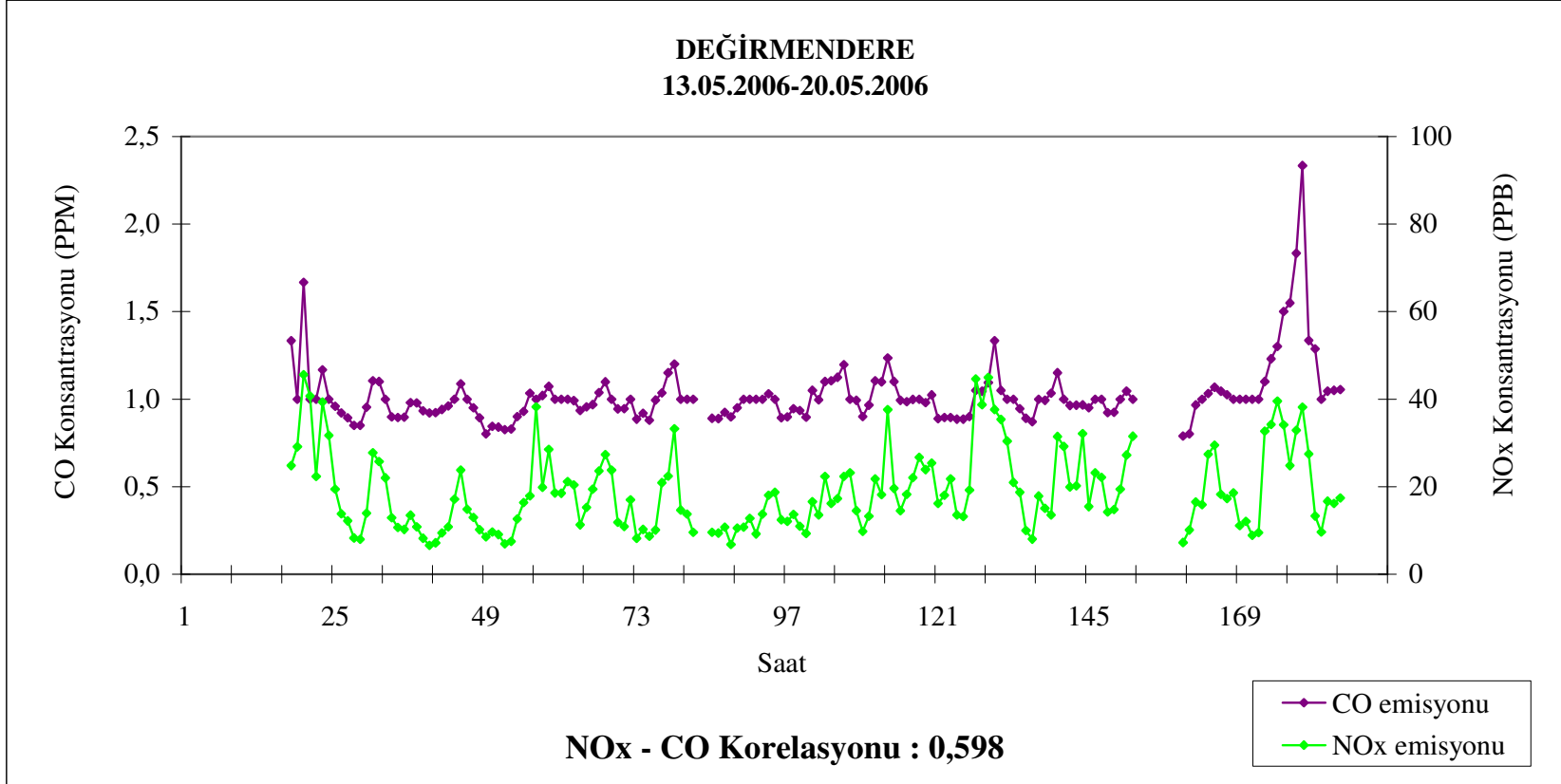
Şekil 5.105: Körfez-Petkim ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi



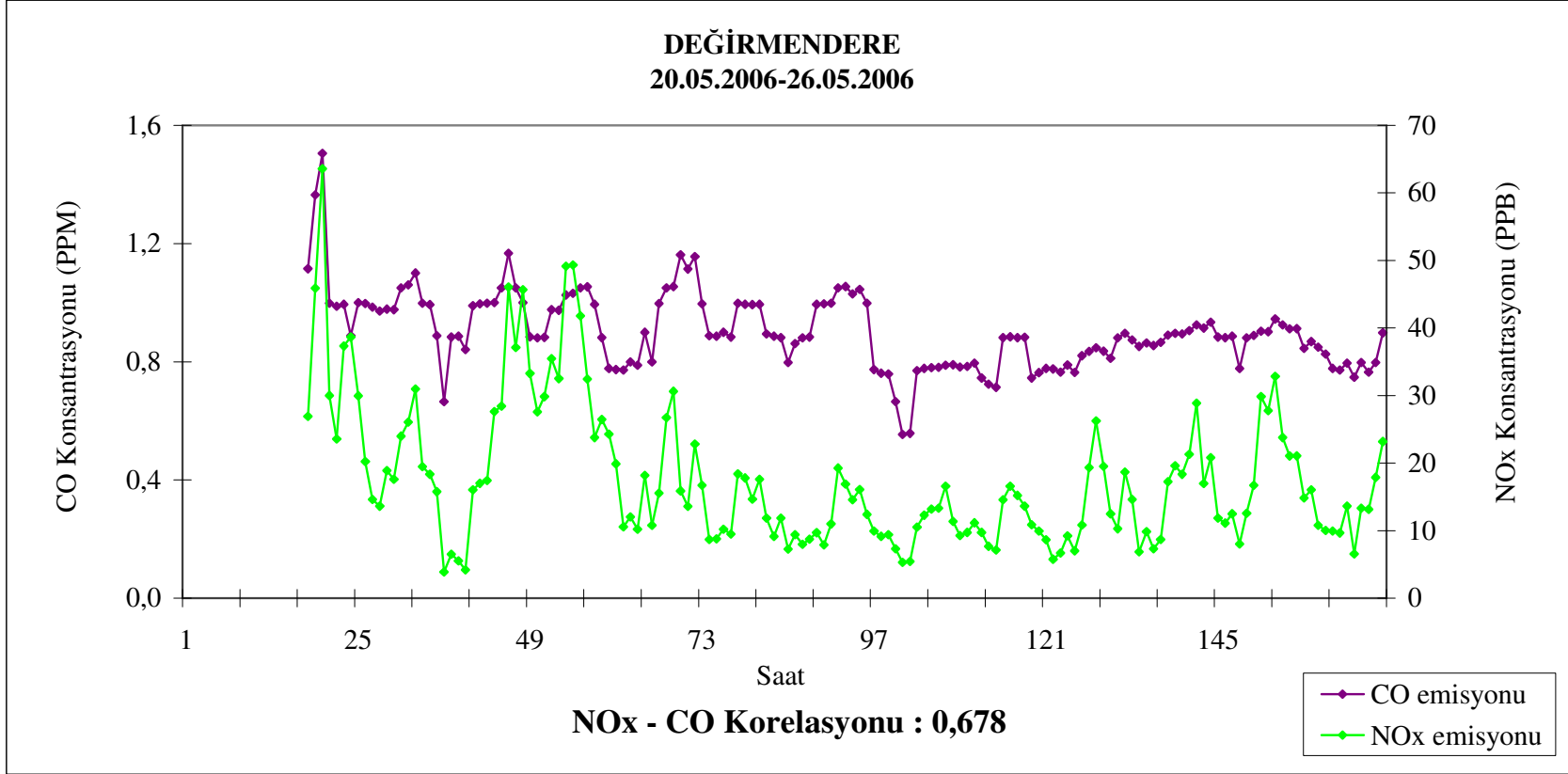
Şekil 5.106: Sopalı ölçüm istasyonundaki bahar örnekleme periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi



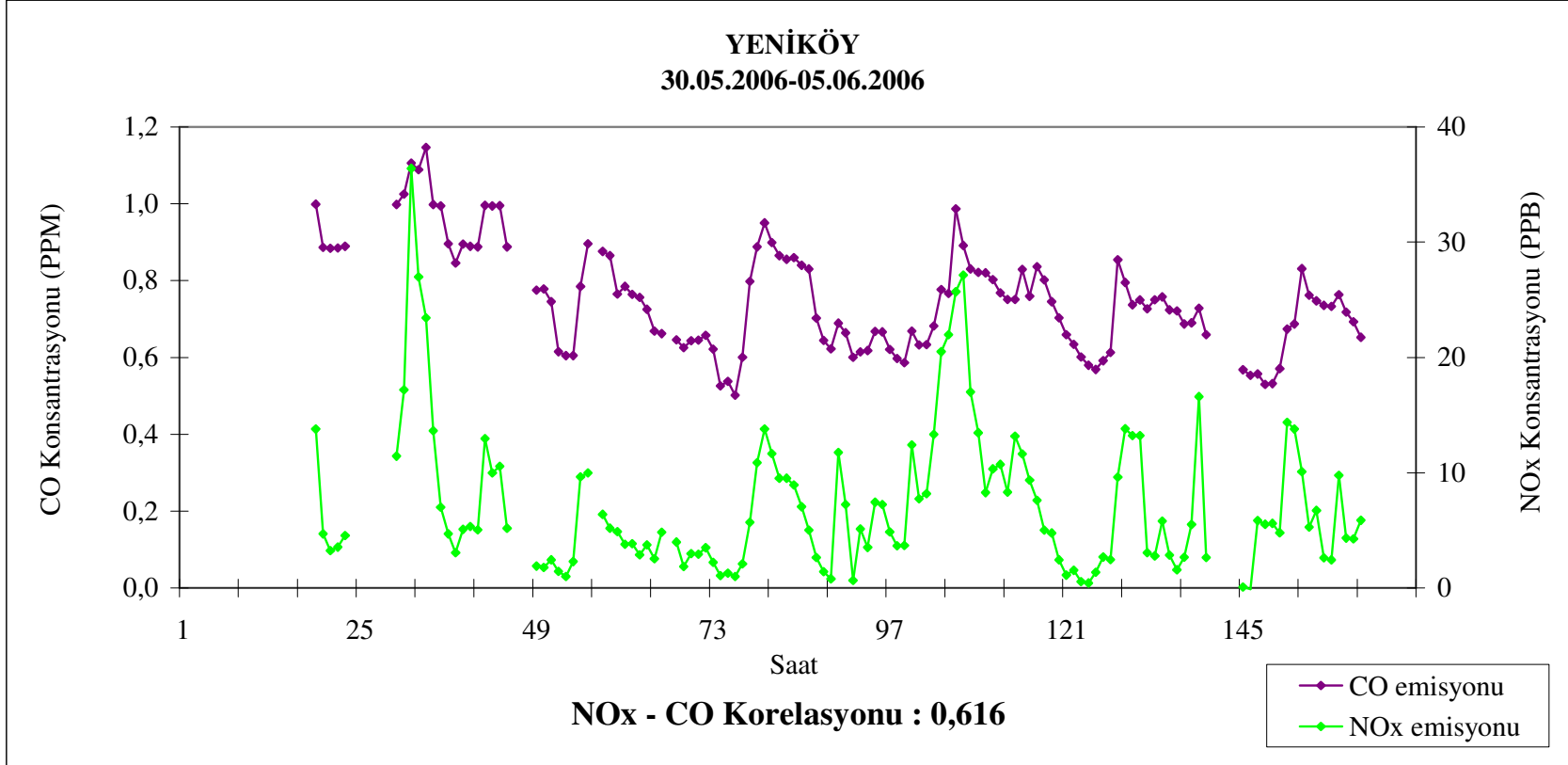
Şekil 5.107: Yuvam ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi



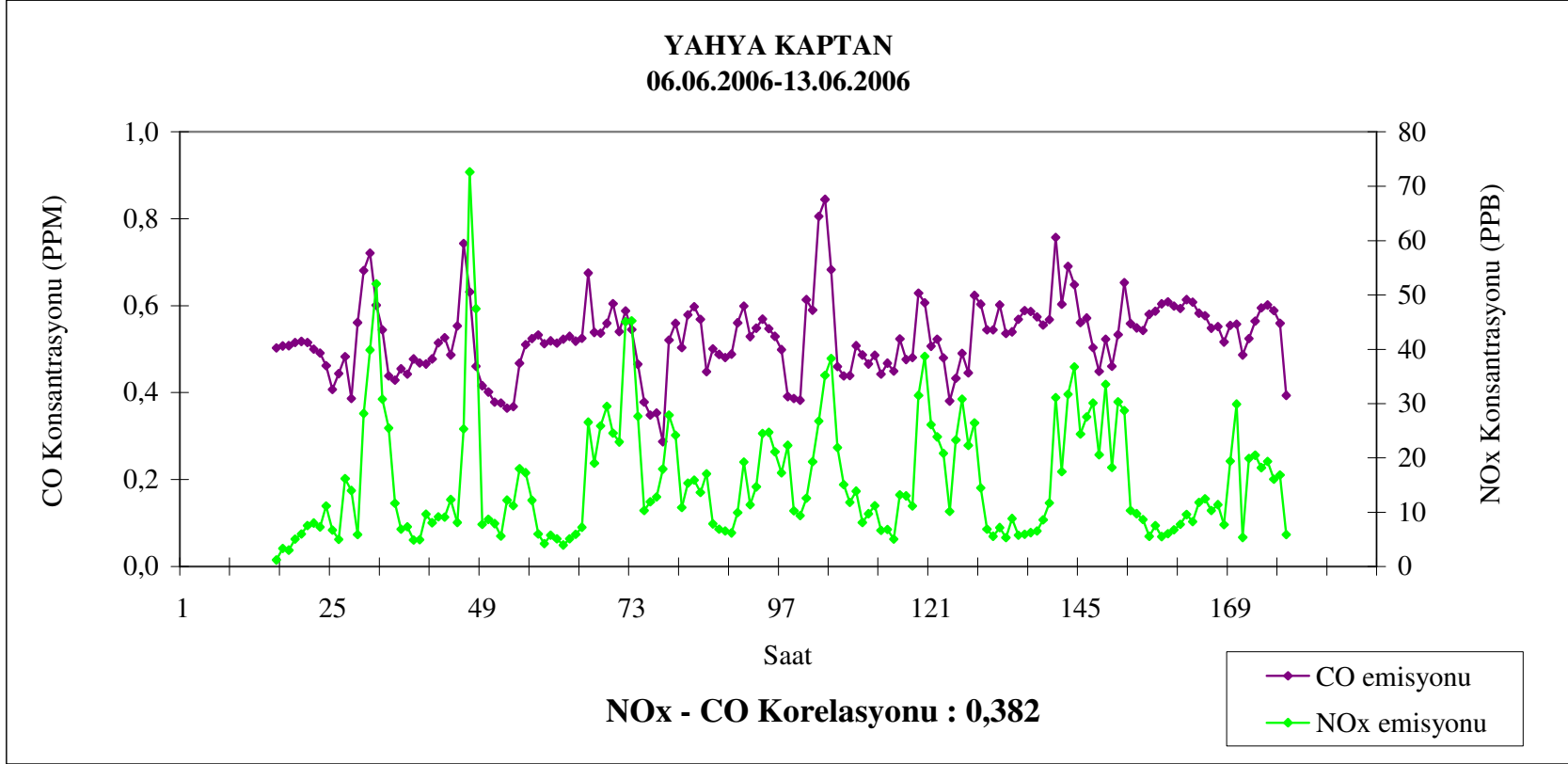
Şekil 5.108: Değirmendere ölçüm istasyonundaki bahar örneklemesi periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi



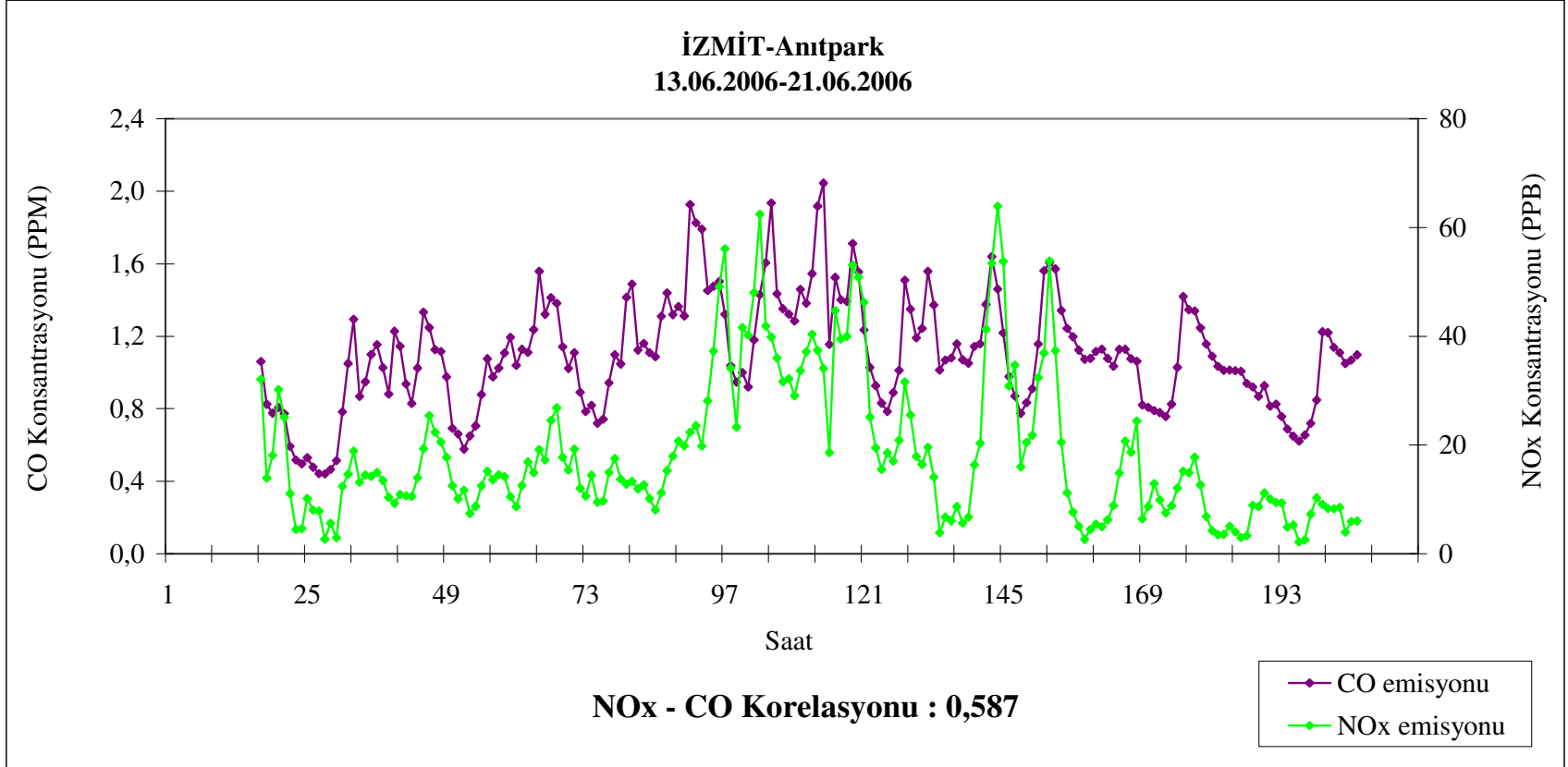
Şekil 5.109: Değirmendere ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi



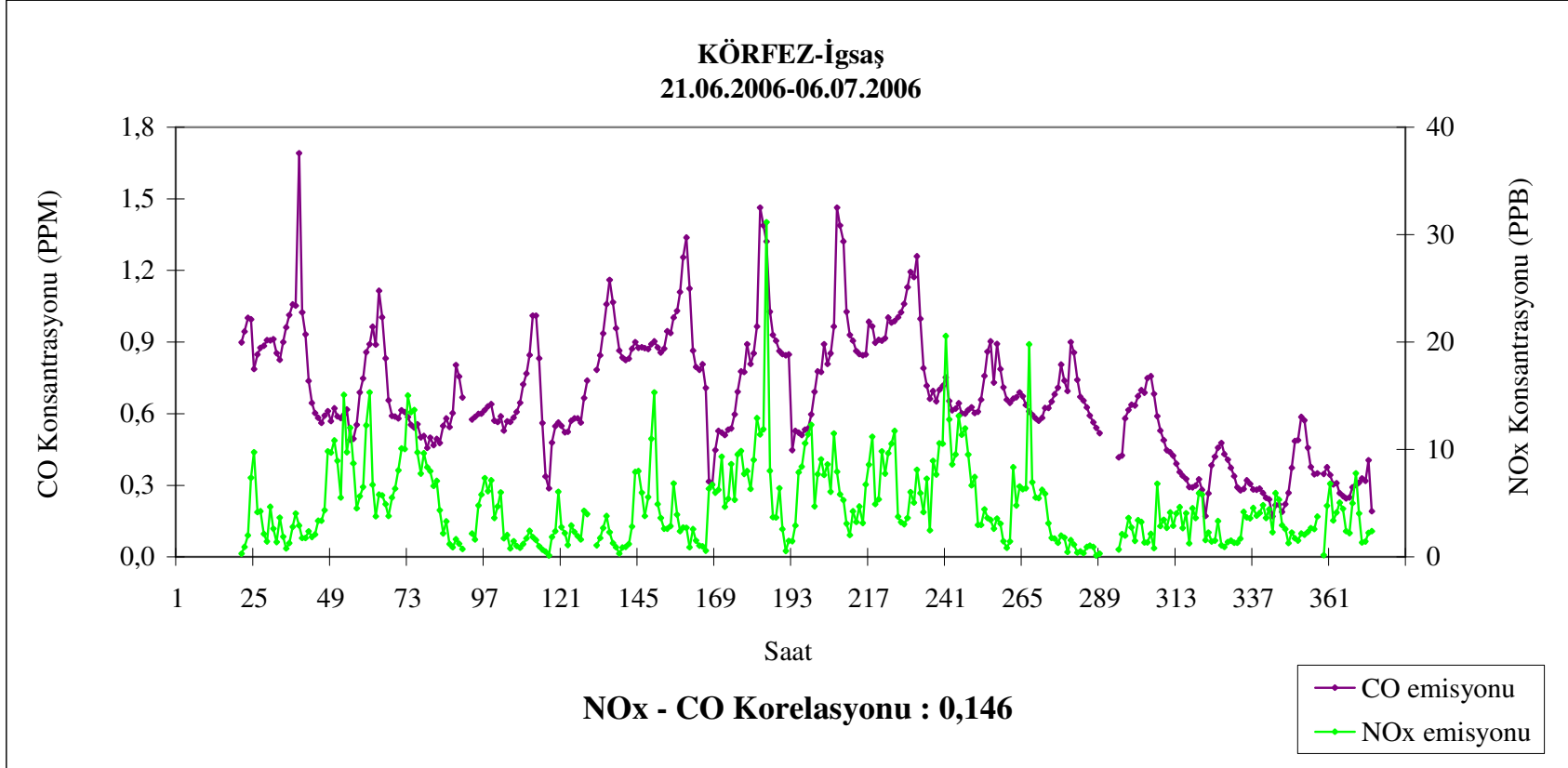
Şekil 5.110: Yeniköy ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi



Şekil 5.111: Yahya Kaptan ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi



Şekil 5.112: İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonundaki yaz örneklemesi periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi



Şekil 5.113: Körfez-İğsaş ölçüm istasyonundaki yaz örnekleme periyodu boyunca NO_x – CO ilişkisi

BÖLÜM 6. BULGULAR VE TARTIŞMA

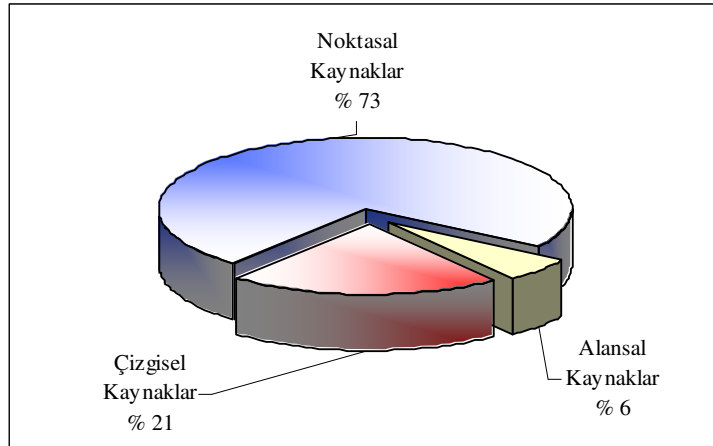
6.1. Envanter Çalışması Bulguları ve Tartışma

Noktasal, alansal ve çizgisel kaynaklardan atmosfere verilen NO_x emisyon miktarı Tablo 6.1’de görüldüğü gibidir. Oluşan 14632 ton/yıllık NO_x emisyonunun 10698 ton/yıllık kısmı (%73) noktasal kaynaklardan (sanayi tesisleri) kaynaklanmaktadır. Diğer kaynakların katkısı %6 alansal kaynaklar (evsel ısınma) ve %21 çizgisel kaynaklar (trafik) şeklindedir (Şekil 6.1). Her ne kadar literatürde NO_x’ler için ana kaynak trafik olarak veriliyor olsa da (Gilbert et al., 2003; Saija and Romano, 2002; Radojevic, 1998), toplam kirlilik yükü açısından değerlendirildiğinde bu bölgede sanayi tesisleri en kirletici kaynak grubudur. Bunun temel nedeni, Kocaeli İli’nde sanayi tesislerinin oldukça yoğun olması ve bu tesislerde ağırlıklı olarak doğal gazın kullanılmasıdır.

Nokta kaynaklardan oluşan toplam NO_x emisyonunun %95’inden fazlası doğal gaz tüketiminden oluşmaktadır. Doğal gazın yanmasında işletme koşullarına bağlı olarak is, CO ve yanmamış hidrokarbon emisyonları oluşmasına rağmen, iki ana kirletici NO ve NO₂’dir (Arayıcı 1995, Sonibare and Akeredolu 2004). NO_x’lerin ana kaynakları; alev sonrası yanma bölgesinde moleküler azotun oksidasyonu (termal oluşum-Zeldovich mekanizması), alev bölgesinde NO oluşumu (ani oluşum) ve yakıtta azot içeren bileşiklerin oksidasyonu (yakıtta bağlı oluşum) şeklindedir. Bu üç NO_x oluşumunda, yakma şartları, yakma ünitesi büyüklüğü ve yakıtın içerdiği azot önemli rol oynar (Keşgin 2003). Doğal gazın yanmasından kaynaklanan NO_x emisyonlarının kontrolünde, sıcaklık ve HC radikallerinin kontrolü çok önemlidir (Sonibare and Akeredolu 2004).

Tablo 6.1: Çalışma alanında toplam, sektörel ve yakıt tüketimine bağlı emisyonlar

	NO _x (ton/yıl)
Noktasal kaynaklar	
Doğal gaz tüketimine bağlı	10329
Fuel oil tüketimine bağlı	41,99
LPG tüketimine bağlı	7,454
Linyit tüketimine bağlı	264,2
Odun tüketimine bağlı	17,69
Atık yakma	37,84
Noktasal kaynak toplamı	10698
Alansal kaynaklar	
Doğal gaz tüketimine bağlı	164,5
Fuel oil tüketimine bağlı	26,37
LPG tüketimine bağlı	0,224
Linyit tüketimine bağlı	554,6
Odun tüketimine bağlı	72,23
Alansal kaynak toplamı	818
Çizgisel kaynaklar	3116
Toplam Emisyon	14632

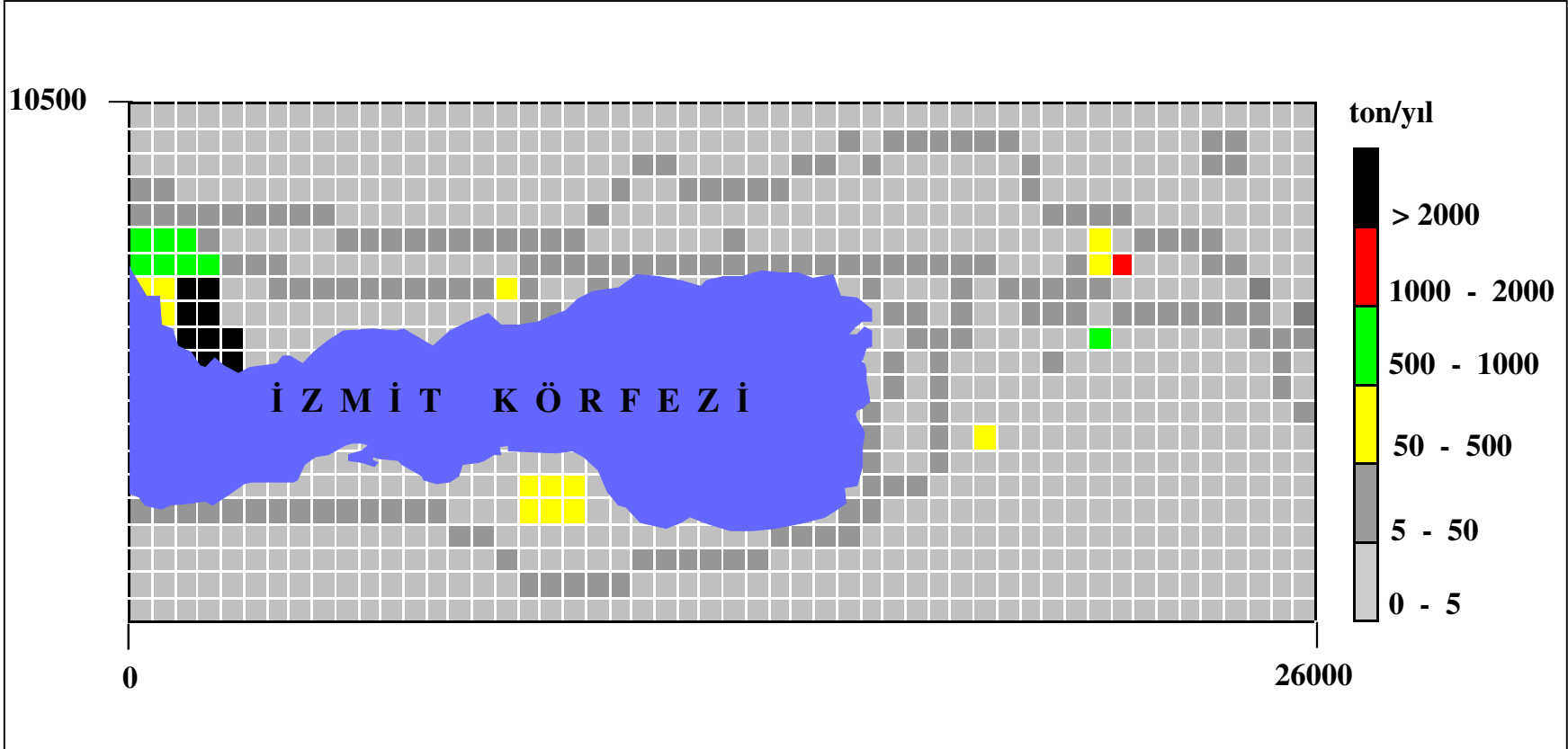


Şekil 6.1: NO_x'in kaynakları

14632 ton/yıllık toplam emisyonun, 500m x 500 m'lik gridlere düşen miktarları Şekil 6.2'de verilmiştir. Bu envanter haritasında da görüldüğü gibi, petrokimya ve rafineri tesisinin yer aldığı İzmit Körfezi'nin kuzey batısı NO_x emisyonunun fazlaca olduğu bölgedir. Oluşturdukları NO_x emisyonu miktarına göre sarı, yeşil ve siyah renkleriyle belirtilen bölgede yaklaşık 8000 ton/yıllık NO_x emisyonu oluşumu söz konusudur ve bu bölge NO_x kaynağı olarak, İzmit'te hava kirliliğinde önemli bir etkiye sahiptir. Diğer taraftan İzmit körfezinin doğusunda yer alan ve haritada yeşil ve kırmızı renkli bölgede yer alan enerji üretim tesisleri de önemli bir NO_x kaynağıdır. Yine körfezin kuzeyinde, güneyinde ve doğusunda olan ve haritada

sarı renkli bölgede yer alan otomotiv, kağıt ve kimya endüstrileri de NO_x kirliliğine neden olabilecek diğer endüstrilerdir. Tesislerin kirlilik miktarlarına göre sıralanışı, yakıt türleri ve emisyon değerleri Tablo 6.2’de, bu tesislerde oluşan emisyonların sektörel dağılımları ise Şekil 6.3’de görüldüğü gibidir.

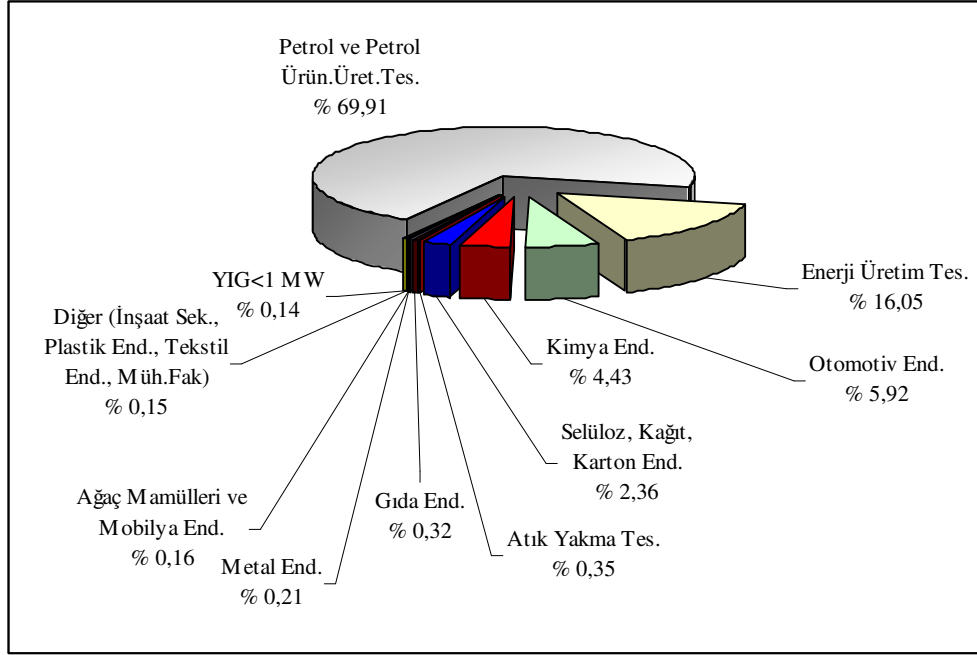
Envanter haritasına göre, kuzey batıda yüksek kirletici emisyonuna neden olabilecek tesislerin olması nedeniyle İzmit’in doğu ve batısı arasında açıkça farklılık gözlenmektedir. Bu nedenle NO_x emisyonlarının büyük bir kısmının kaynaklandığı sanayi tesislerinde alınacak önlemler önem kazanmaktadır. Sanayi tesislerinin denetlenmesi, kirlilik kaynaklarında kirliliğin giderilmesine yönelik önlemlerin alınması, uygun yakma veya kontrol teknolojilerinin kullanılması gibi önlemler kirliliği azaltma yönünde etkili olabilecektir.



Şekil 6.2: NO_x için 2004 yılı emisyon envanteri

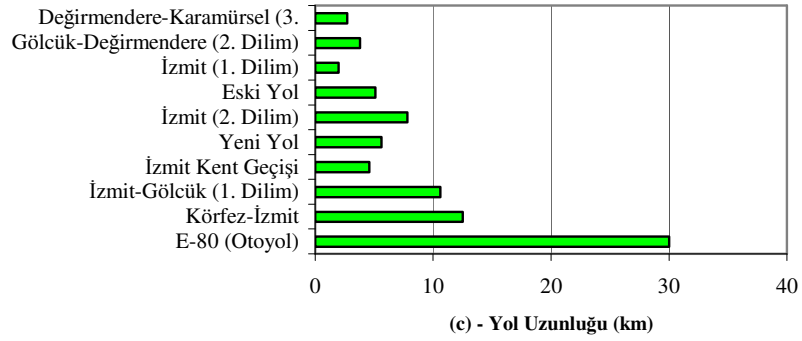
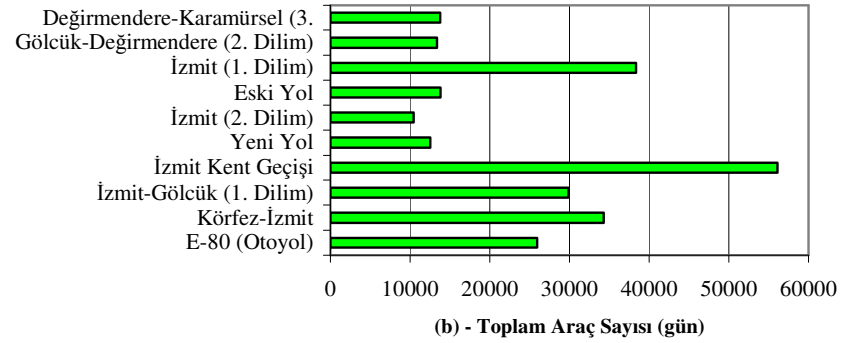
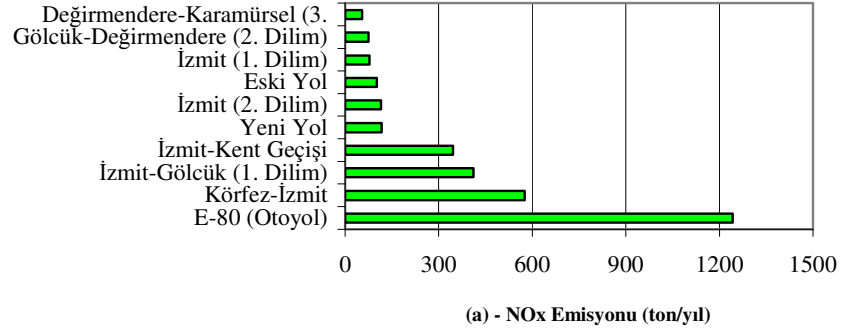
Tablo 6.2: Tesislerin kirlilik miktarlarına göre sıralanışı, yakıt türleri ve emisyon değerleri

Kirletici Kaynakları	Yakıt Türü	Emisyon ton/yıl
Yakıt Isıl Gücü 1 MW'ın Üstünde Olan Tesisler		
Tüpraş	Doğal Gaz Fuel Oil Linyit	6788
Enerjisa Enerji Üretim A. Ş.	Doğal Gaz	1145
Petkim	Doğal Gaz	670,4
İztek Elektrik Üretimi A.Ş.	Doğal Gaz	572,3
İgsaş	Doğal Gaz	380,5
Kordsa Sabancı Dupont End.İplik ve Kord Bezi San.ve Tic A.Ş.	Doğal Gaz	353,5
Ford Otomotiv San. A.Ş.	Doğal Gaz	231,8
Kartonsan Karton San. ve Tic. A.Ş.	Doğal Gaz	227,0
Merkim Endüstri Ürünleri A.Ş.	Doğal Gaz	85,12
İzaydaş İzmit Klinik ve Tehlikeli Atıklar Yakma ve Enerji Üret.T.	Atık	37,84
Pakmaya	Doğal Gaz Fuel Oil	32,5
Seka	Doğal Gaz	25
Goodyear Lastikleri T. A. Ş. İzmit Fabrikası	Doğal Gaz	22,4
Yıldız Sunta MDF Fabrikası	Odun	17,31
Çelik Halat ve Tel San. A.Ş.	Doğal Gaz	14,32
Tepe Knauf İnş. Ve Yapı Elemanları San.veTic.A.Ş.	Doğal Gaz	11,53
Hyundai-Assan Otomotiv San. ve Tic.	Doğal Gaz	11,52
İspet Petrokimya San. ve Tic. A. Ş.	Fuel oil	10,53
Çelikord A.Ş.	Doğal Gaz	4,96
Sakosa Sabancı Endüstriyel İplik ve Kord Bezi San. ve Tic. A. Ş.	Doğal Gaz	4,78
Petrol Ofisi A.Ş. İzmit Bölge Müdürlüğü	Fuel oil LPG	4,758
Beksa Çelik Kord San. ve Tic. A.Ş.	Doğal Gaz	4,2
Depa (Deva Holding İlaç Aktif Maddeleri İzmit Üretim Tesisleri)	Doğal Gaz	3,67
Hayat Temizlik ve Sağlık Ürün. San. ve Tic. A.Ş.	Doğal Gaz	3,2
Hasko A.Ş.	Fuel oil	3,15
Kalibre Boru Kesme San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	2,53
Federal-Moğul İzmit Piston ve Pim Üretim Tesisleri A.Ş.	Doğal Gaz	2,49
Türk Kablo Anonim Ortaklığı	Fuel oil	2,12
Shell Ltd. Şti. Türkiye Şubesi	Fuel Oil	1,89
Lifli Rulo ve Levha San. A.Ş.	Doğal Gaz	1,56
Hassas Boru San. ve Tic. Ltd. Şti.	Doğal Gaz	1,44
Anadolu Döküm San. ve Tic. A.Ş.	LPG	1,26
Körfez Kimya San. ve Tic. A.Ş.	Fuel oil	1,19
Çayırova Süt ve Süt Mam. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Fuel oil	0,68
Körfez Yem San. ve Tic. Ltd. Şti.	Fuel oil	0,68
KOÜ Müh. Fakültesi	Doğal Gaz	0,58
Opet Petrolcülük A.Ş.	Fuel oil	0,42
Borusan Mannesman A.Ş.	Doğal Gaz	0,41
Çakır Kimyevi Maddeler San. ve Tic. Ltd. Şti.	Fuel oil	0,41
Toplam		10683
Yakıt Isıl Gücü 1 MW'ın Altında Olan Tesisler (YIG<1 MW)		
	Doğal Gaz Fuel Oil LPG Linyit Odun	15
Genel Toplam		10698



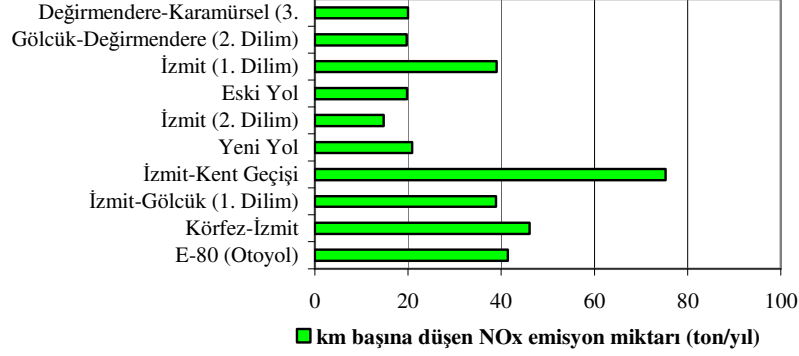
Şekil 6.3: Oluşan emisyonların sektörel dağılımları

Envanter haritasında (Şekil 6.2) trafik emisyonlarının katkısı da açıkça gözlenmektedir. Toplam kirliliğe katkısı %21 civarındadır ki, bu da alansal kaynaklardan oluşan kirliliğin üç katından daha fazladır. Hesaplanan emisyon dağılımlarına bakıldığında Şekil 6.4’de görüldüğü gibi en fazla emisyon miktarının otoyolda (E-80) olduğu gözlenmektedir. Bunun nedeni araçlardaki hıza bağlı olarak oluşan emisyon miktarının artması ve otoyolun yol uzunluğudur.



Şekil 6.4: Çalışma alanındaki; yol uzunlukları, bu yollardan geçen araç sayıları ve hesaplanan NO_x emisyon miktarlarının dağılımı

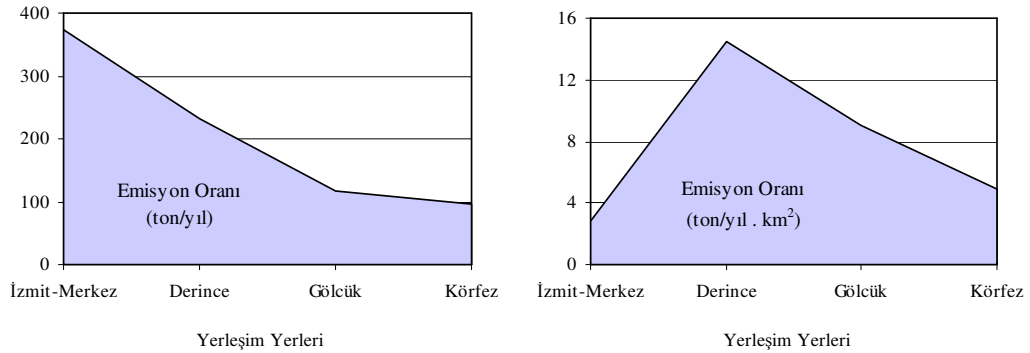
Kilometre başına düşen emisyon miktarına bakıldığında ise, İzmit-Kent Geçişi'nde emisyon miktarının yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni bu yoldan geçen araç sayısının fazla olmasıdır.



Şekil 6.5: Trafik kaynaklı, km başına düşen emisyon miktarları

Sanayi tesislerinden sonra ikinci önemli kirletici kaynağı olan trafik için de, alınacak önlemler önemlidir. Tesislerde daha az kirletici oluşturan teknolojilerin tercih edilmesi gibi, daha az kirletici oluşturan ulaşım stratejilerinin (demiryolları, metro vs. gibi) geliştirilmesi, gelecekte kentsel hava kirliliğinde olumlu etki sağlayacaktır.

%6 civarında katkı payı olan alansal kaynaklar incelendiğinde, km^2 'ye düşen emisyon miktarının en fazla Derince'de olduğu görülmektedir. Oluşan toplam emisyon İzmit-Merkez'de (374 ton/yıl), Derince'ye (231 ton/yıl) göre daha fazladır. Ancak çalışma alanında, Derince'nin mücavir alanı (16 km^2), İzmit-Merkez'e (130 km^2) göre küçük olduğundan, km^2 başına düşen emisyon miktarı Derince'de daha fazla olmaktadır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6: Konut kaynaklı NO_x emisyon miktarları

6.2. Model Bulguları ve Tartışma

Solunum gibi havadaki kirletici konsantrasyonlarına bağlı maruz kalma yolları için konsantrasyon seçeneği kullanılabilir. Daha önce de açıklandığı gibi, yakıt ısı gücü 1 MW'ın üstünde olan sanayi tesisleri nokta kaynak, yakıt ısı gücü 1 MW'ın altında olan sanayi tesisleri ile konutlar alansal kaynak, araçlar ise çizgisel kaynak olarak modele girilmiştir. Sanayi tesisleri, konutlar ve araçlardan kaynaklanan kirletici dağılımı ile tümünün birlikte oluşturduğu kirletici dağılımını görmek için model, ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Sanayi tesisleri, konutlar ve araçlar için elde edilen sonuçlarla, tüm kaynaklar için elde edilen sonuçlar Tablo 6.3-6.6'da özetlenmiş olup, bu emisyonlar için tüm kirletici kaynak gruplarına ait; 24 saatlik, aylık, yıllık, sanayi tesisleri için; 24 saatlik, aylık, yıllık, konutlar için; yıllık ve araçlar için; yıllık dağılım grafikleri Şekil 6.7-6.14'de verilmiştir. Diğer konsantrasyon grafikleri (tüm kirletici grupları için 1, 3, 6, 12 saatlik konsantrasyon grafikleri ile konutlar ve araçlar için verilmeyen 24 saatlik ve aylık grafikler) ise Ek-2'de verilmiştir.

Tablo 6.3: Konsantrasyon seçeneğinde tüm kaynaklar için modelleme değerleri

Ortalanma Süresi	C _{ymax} Maksimum konsantrasyon (µg/m ³)	Maksimum konsantrasyon noktasının yeri		%95'lik Santil
		x	y	C _{max} Maksimum konsantrasyon (µg/m ³)
1 saatlik	632,15	3132,50	3876,46	549,30
3 saatlik	587,74	3656,90	3661,94	384,49
6 saatlik	488,66	-13,90	7952,34	286,56
12 saatlik	325,72	-13,90	8166,86	171,18
24 saatlik	267,13	-13,90	8166,86	116,01
Aylık	65,18	-13,90	7952,34	24,19
Yıllık	56,08	-13,90	7952,34	18,47

Tablo 6.4: Konsantrasyon seçenğinde sanayi tesisleri için modelleme değerleri.

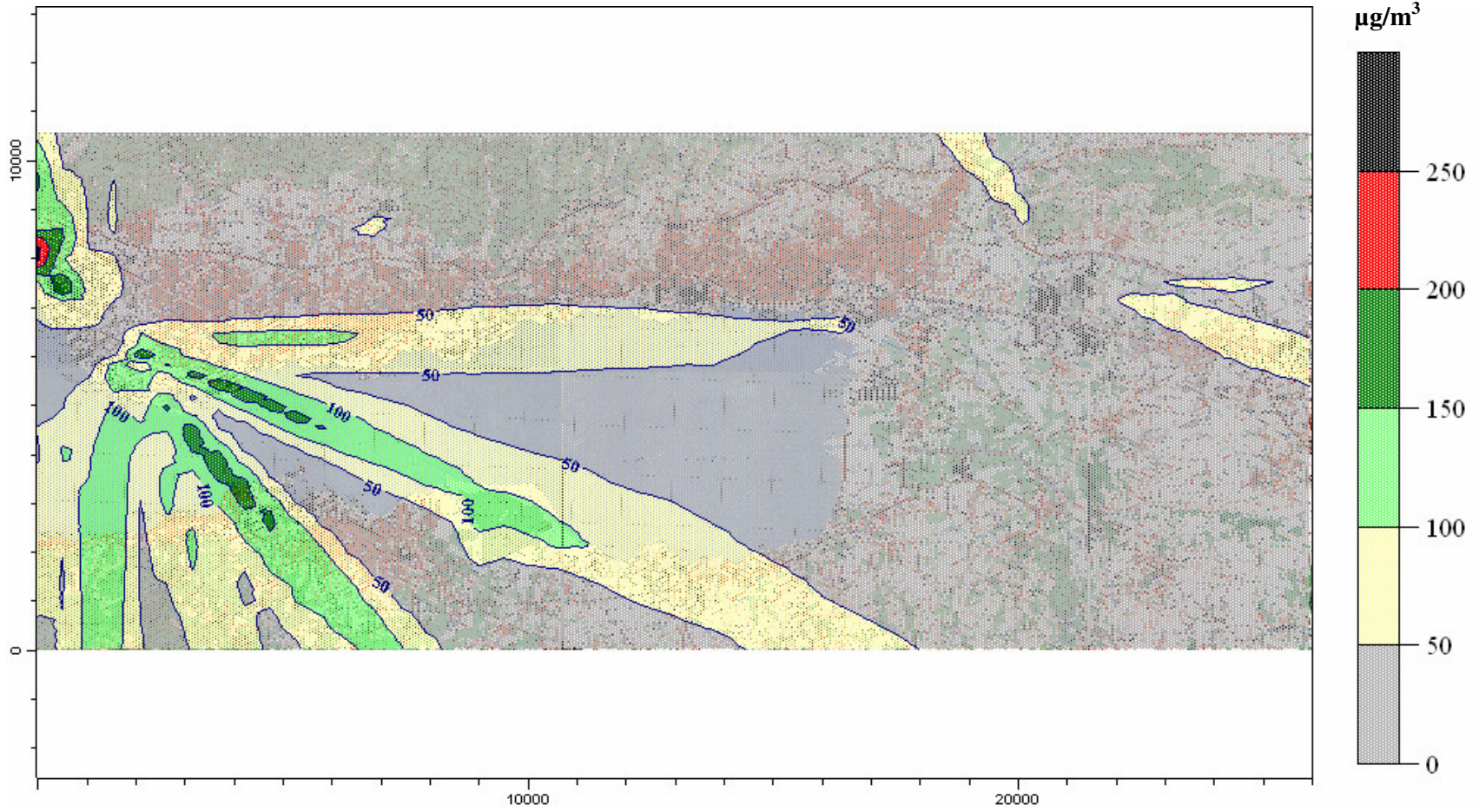
Ortalanma Süresi	C _y max Maksimum konsantrasyon (µg/m ³)	Maksimum konsantrasyon noktasının yeri		%95'lik Santil
		x	y	C _{max} Maksimum konsantrasyon (µg/m ³)
1 saatlik	631,93	3132,50	3876,46	542,02
3 saatlik	587,42	3656,90	3661,94	381,19
6 saatlik	484,74	-13,90	7952,34	284,30
12 saatlik	319,14	-13,90	8166,86	168,02
24 saatlik	263,25	-13,90	8166,86	112,95
Aylık	62,80	-13,90	7952,34	21,91
Yıllık	54,79	-13,90	7952,34	16,26

Tablo 6.5: Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için modelleme değerleri

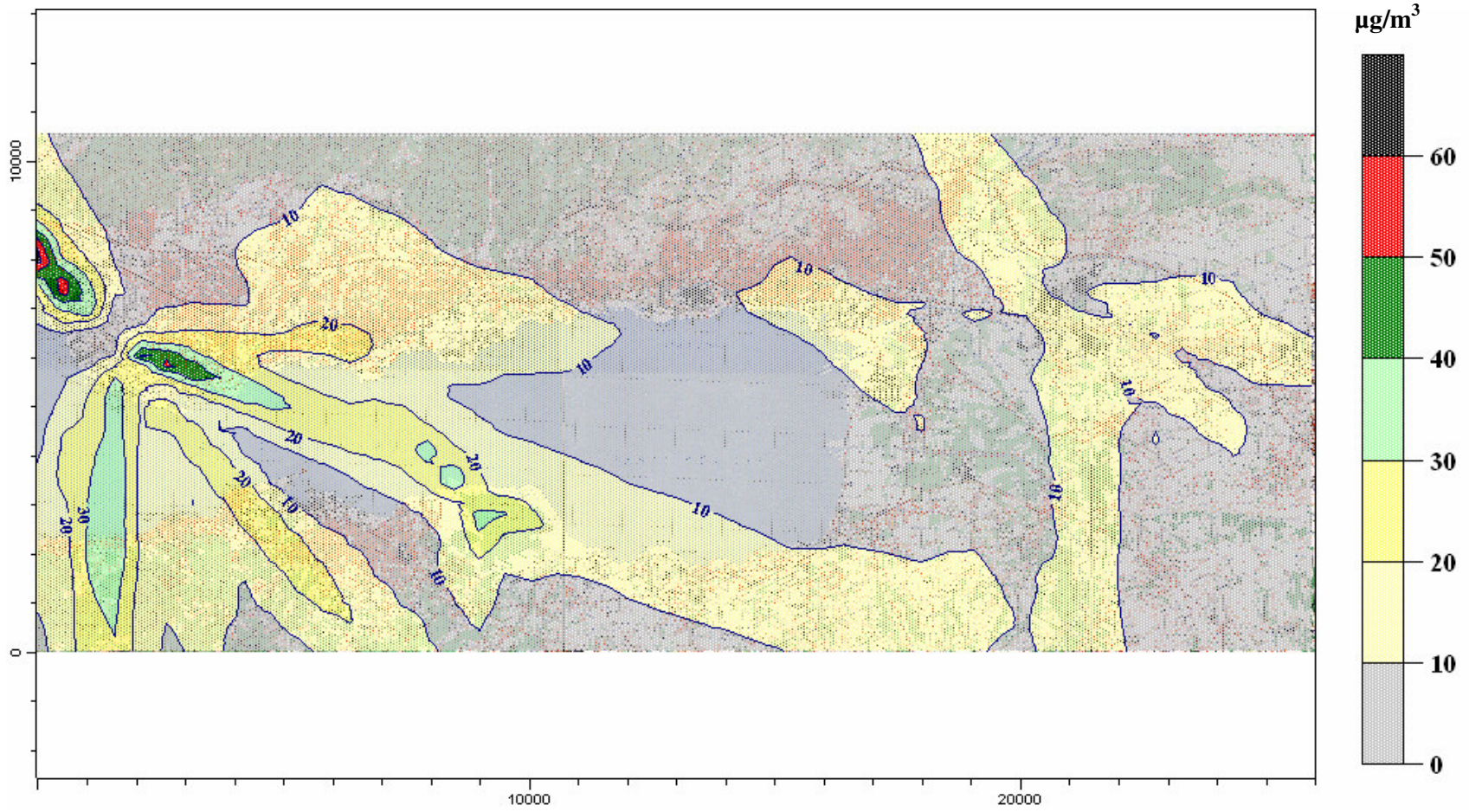
Ortalanma Süresi	C _y max Maksimum konsantrasyon (µg/m ³)	Maksimum konsantrasyon noktasının yeri		%95'lik Santil
		x	y	C _{max} Maksimum konsantrasyon (µg/m ³)
1 saatlik	37,96	13620,50	15,10	33,01
3 saatlik	25,06	4967,90	9453,98	19,71
6 saatlik	25,27	10474,10	7094,26	18,50
12 saatlik	18,12	4967,90	9453,98	13,15
24 saatlik	14,49	4967,90	9453,98	10,65
Aylık	7,69	6541,10	7308,78	5,70
Yıllık	3,83	6803,30	7523,30	2,83

Tablo 6.6: Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için modelleme değerleri

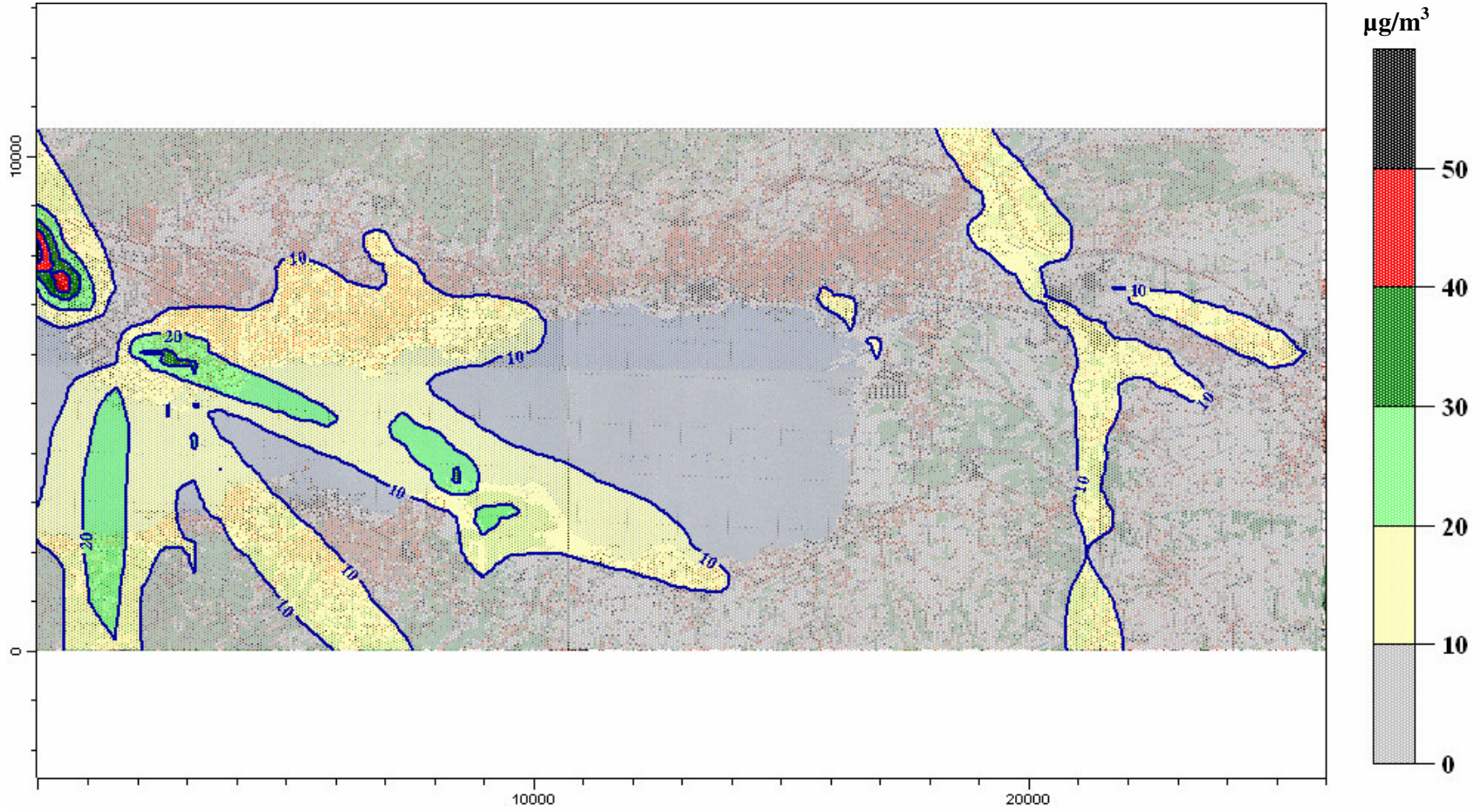
Ortalanma Süresi	C _y max Maksimum konsantrasyon (µg/m ³)	Maksimum konsantrasyon noktasının yeri		%95'lik Santil
		x	y	C _{max} Maksimum konsantrasyon (µg/m ³)
1 saatlik	248,48	15718,10	7094,26	162,21
3 saatlik	103,08	8638,70	873,18	65,15
6 saatlik	66,94	16242,50	7094,26	41,79
12 saatlik	36,87	14407,10	7094,26	25,61
24 saatlik	31,42	17553,50	3018,38	22,35
Aylık	5,07	13882,70	7523,30	2,66
Yıllık	3,91	13882,70	7523,30	2,04



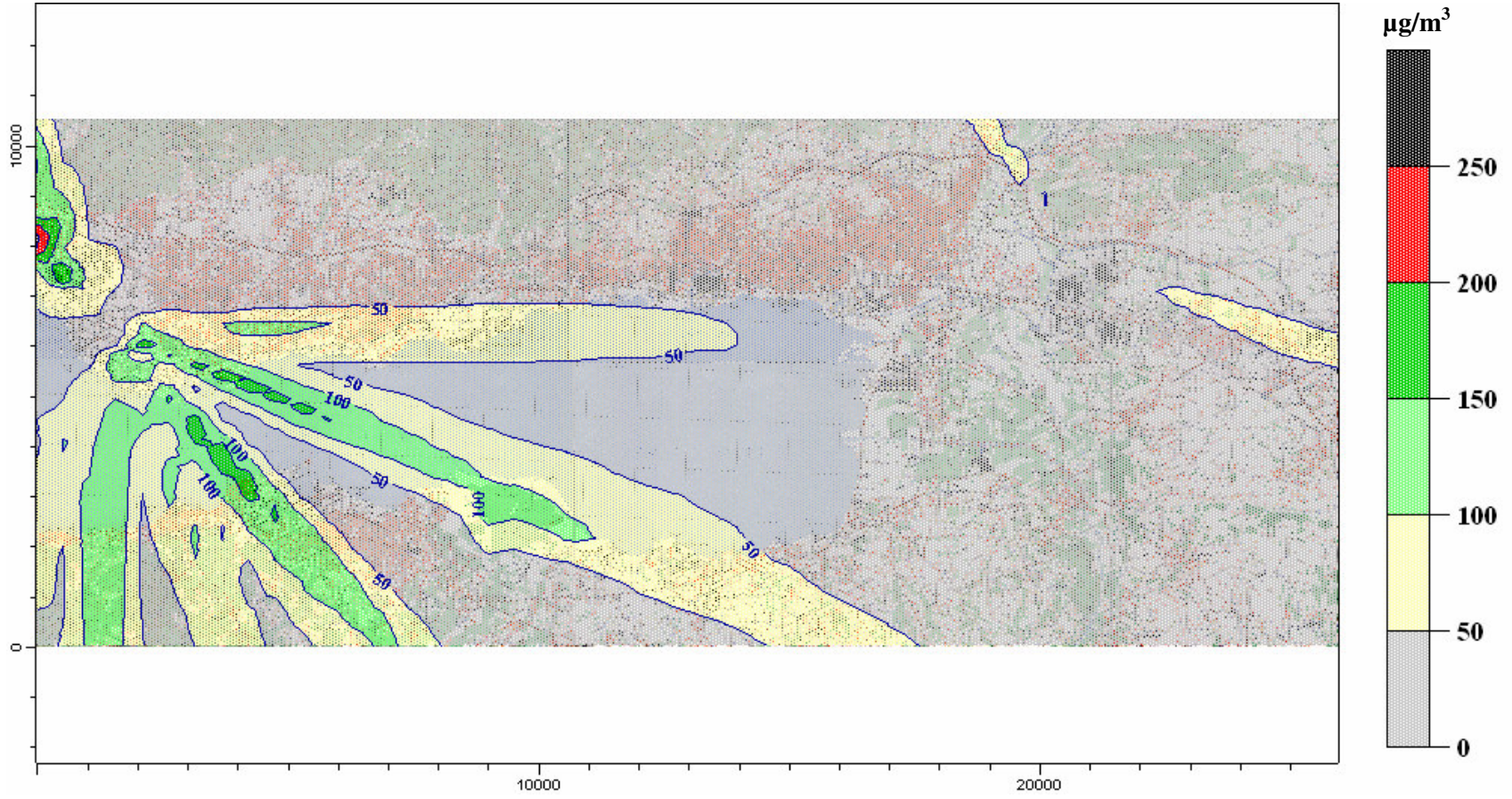
Şekil 6.7: Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için 24 saatlik dağılım grafiği



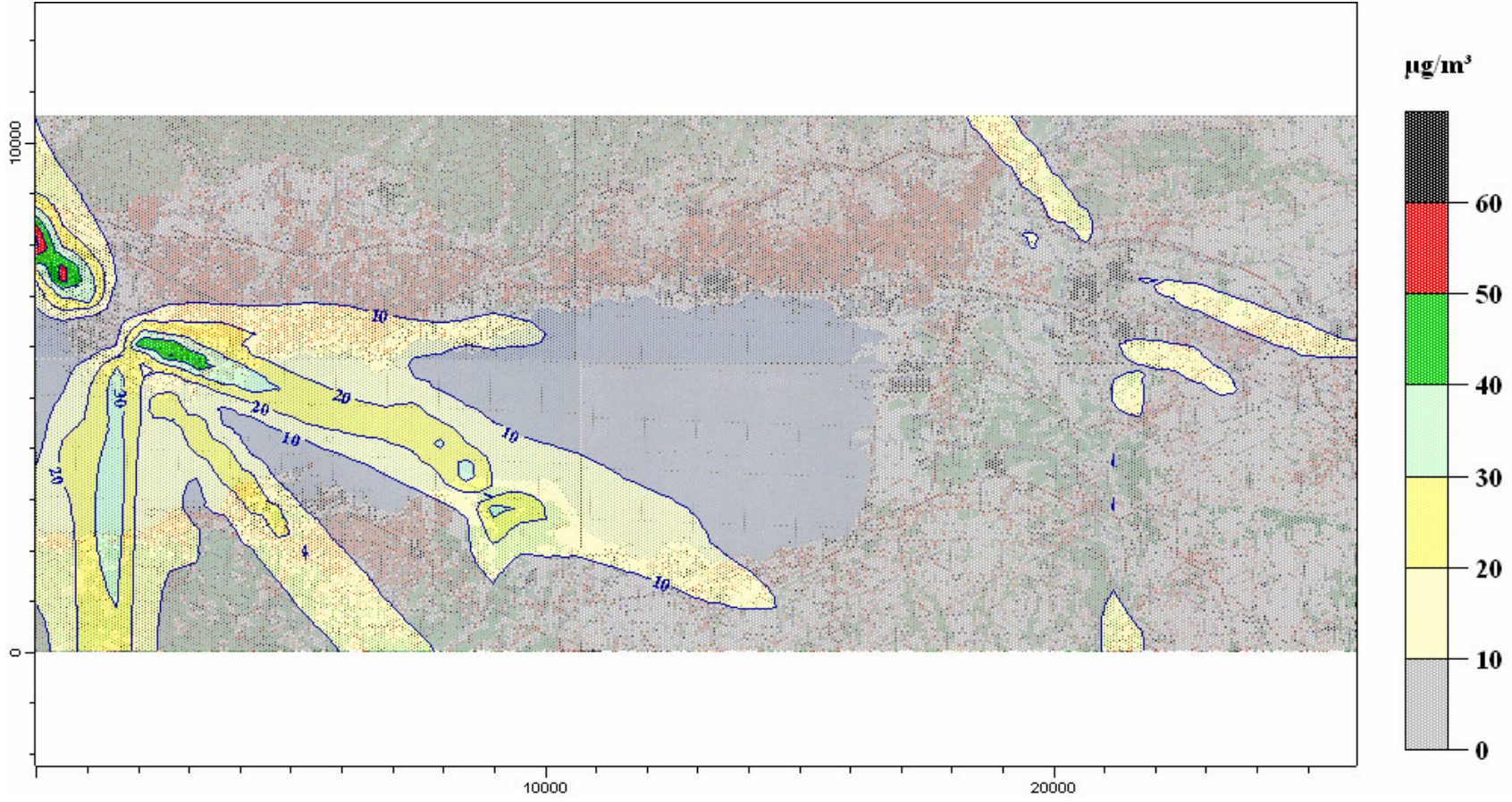
Şekil 6.8: Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için aylık dağılım grafiği



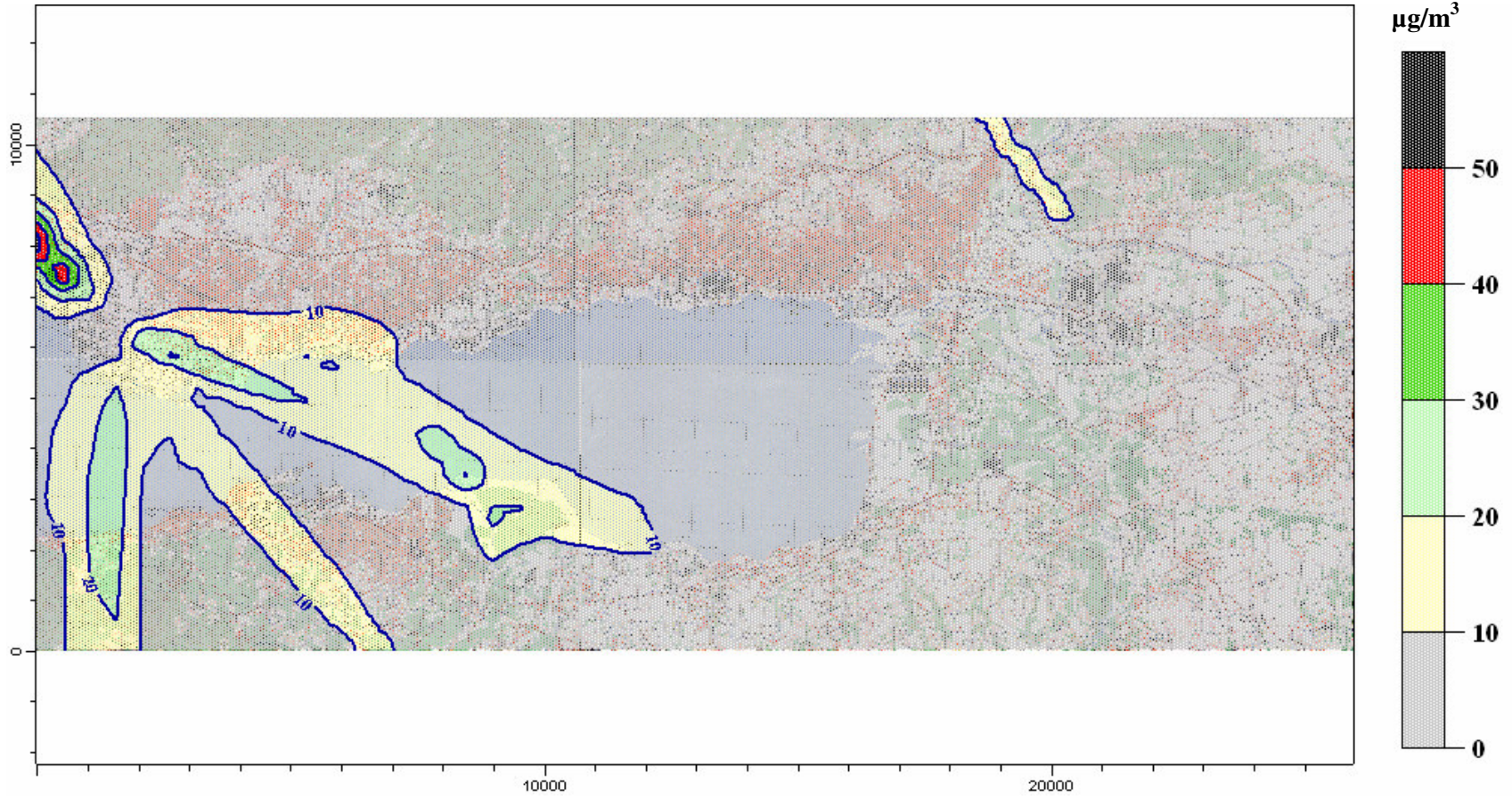
Şekil 6.9: Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için yıllık dağılım grafiği



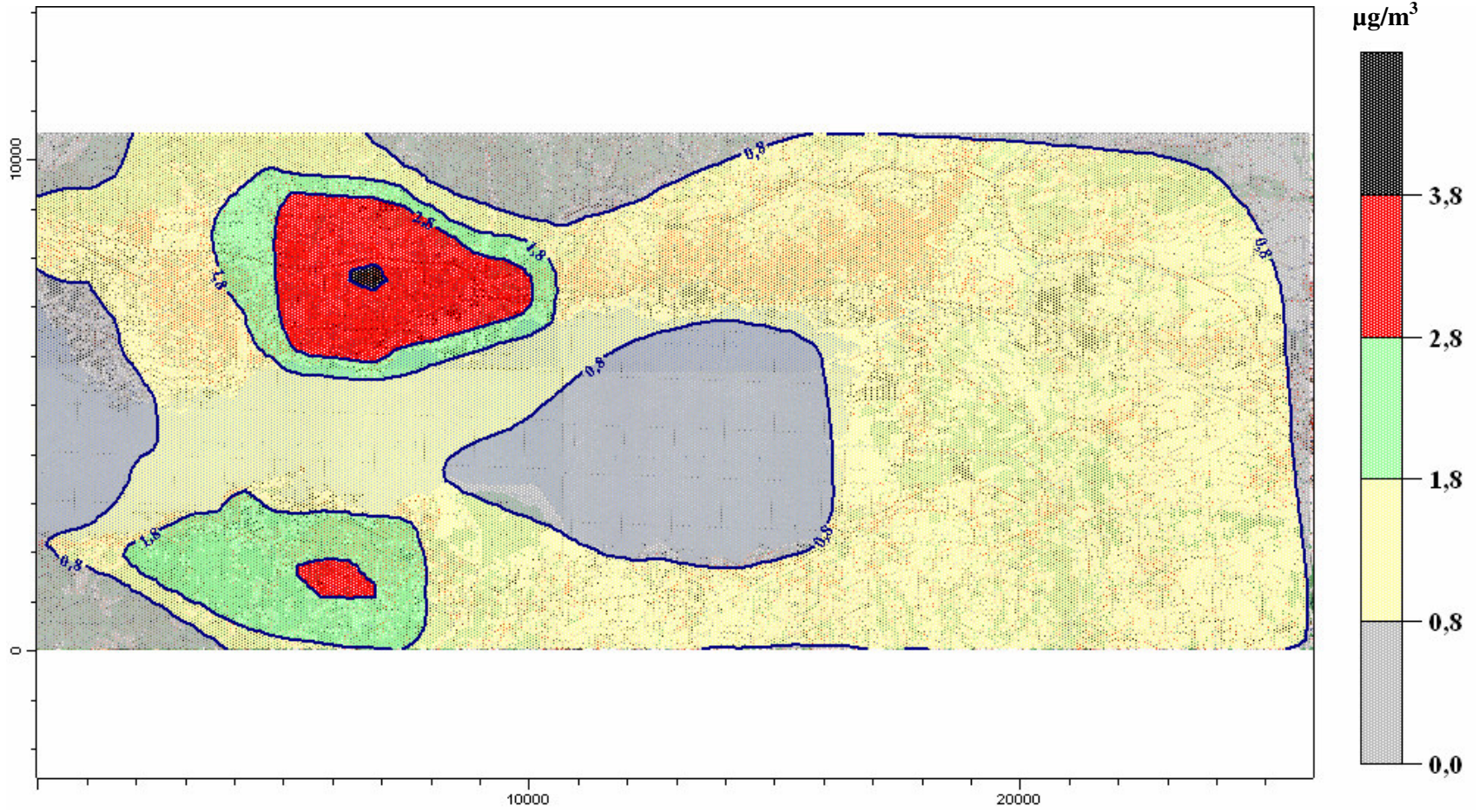
Şekil 6.10: Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için 24 saatlik dağılım grafiği



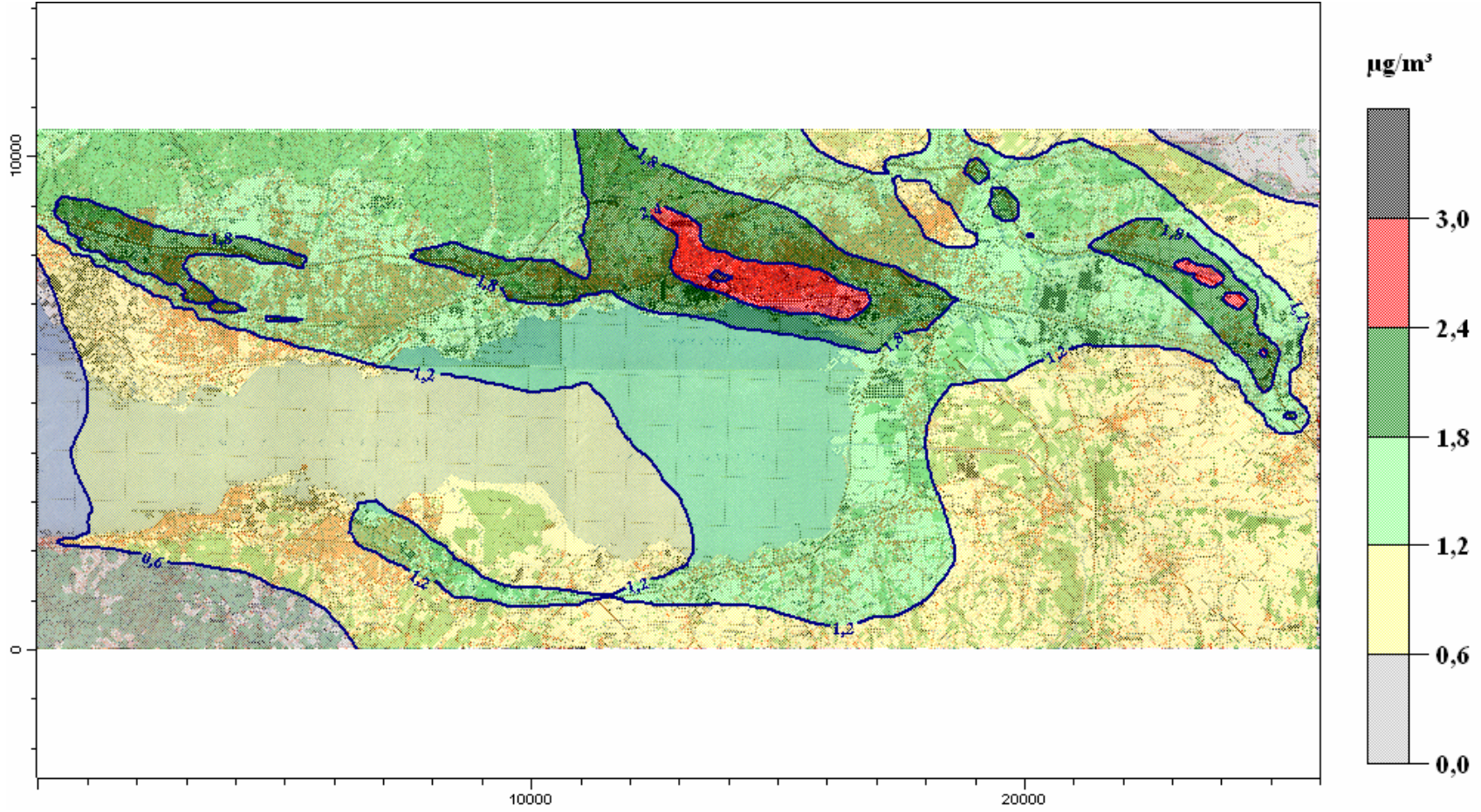
Şekil 6.11: Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için aylık dağılım grafiği



Şekil 6.12: Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için yıllık dağılım grafiği



Şekil 6.13: Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için yıllık dağılım grafiği



Şekil 6.14: Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için yıllık dağılım grafiği

Tablo 6.3 ve Şekil 6.7-6.9'dan görüleceği gibi 1 ve 3 saatlik ortalama süreleri dışındaki tüm ortalama süreleri için, tüm kirletici kaynaklara (noktasal, alansal ve çizgisel) ait maksimum konsantrasyon körfezin kuzey batısında olmaktadır. Bu nokta körfez sınırları içinde petrokimya tesislerinin olduğu bölgededir. 1 ve 3 saatlik ortalama süreleri için ise maksimum konsantrasyonun körfezin batısında, İzmit Körfezi üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

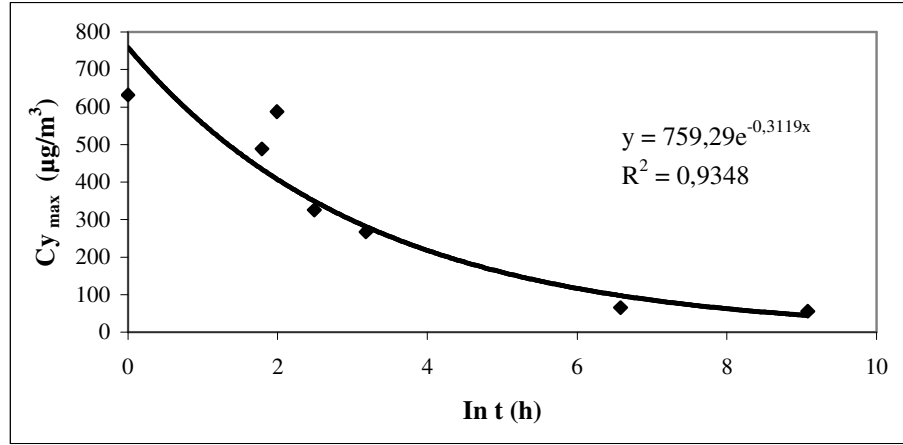
Maksimum konsantrasyonların yanı sıra alıcı noktaları için elde edilen veri serisinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucu elde edilen 95'lik santiller de bulunmuştur. Değerlerin gözlenme sıklığını da ifade eden bu değerler Tablo 6.3'de de görüldüğü gibi maksimum konsantrasyondan oldukça düşüktür.

Tablo 6.4 ve Şekil 6.10-6.12'den de anlaşılacağı gibi sanayi tesislerine ait maksimum konsantrasyon noktalarının yerleri, tüm kirletici kaynaklara ait maksimum konsantrasyon noktalarının yerleri ile aynıdır. Maksimum konsantrasyon değerleri de oldukça yakındır. Bu durum kirletici kaynaklar arasında sanayi tesislerinin oldukça baskın olduğunu açıkça göstermektedir.

Tablo 6.5 ve Şekil 6.13'de konutlardan oluşan kirlilik dağılım sonuçları görülmektedir. Yıllık değerlere göre, kirlilik İzmit Körfezi kuzeyinde Derince bölgesi ve civarında yoğunlaşmaktadır. Diğer ortalama sürelerine (1, 3, 6, 12, 24, aylık) bakılacak olursa kirliliğin, koordinat olarak farklı noktalarda olmakla birlikte körfezin kuzeyinde olduğu görülmektedir.

Tablo 6.6 ve Şekil 6.14'de ise araçlardan oluşan kirlilik dağılım sonuçları görülmektedir. Dağılım modelinin yıllık değerlerine göre kirlilik İzmit kent içinde olmaktadır. Saatlik, 6 saatlik ve aylık değerler de kirliliğin İzmit kent içinde olduğunu göstermiştir. 12 saatlik ve 24 saatlik değerlere göre kirlilik Başiskele bölgesinde yoğun olmaktadır. 3 saatlik değerlere bakıldığında diğer ortalama sürelerinden farklı olarak Yeniköy bölgesinde olduğu görülmektedir.

Havadaki maksimum konsantrasyon değerleri ortalama süresine göre üssel olarak azaldıkları için zamana göre konsantrasyon grafiği çizilebilir. Zamanı (t) saat (h) cinsinden üstel olarak ifade edersek (ln t), tüm kirletici kaynak grupları için zamana karşı maksimum konsantrasyon grafiği aşağıdaki gibi olur:



Şekil 6.15: Tüm kirletici kaynak grupları için, ortalama süresine (t) karşı maksimum konsantrasyon (Cy_{max}) grafiği

Grafikten konsantrasyon, ortalama süresine bağlı olarak formüle edilebilir:

$$C_{y_{max}} = a \cdot t^b \quad (6.1)$$

Burada;

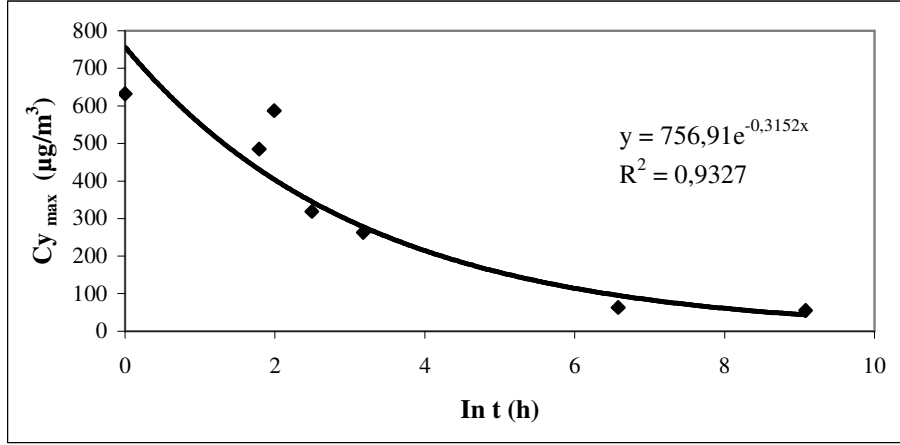
Cy_{max} = Maksimum konsantrasyon (µg/m³)

t = Ortalama süresi (h)

a,b = katsayılar (birimsiz)

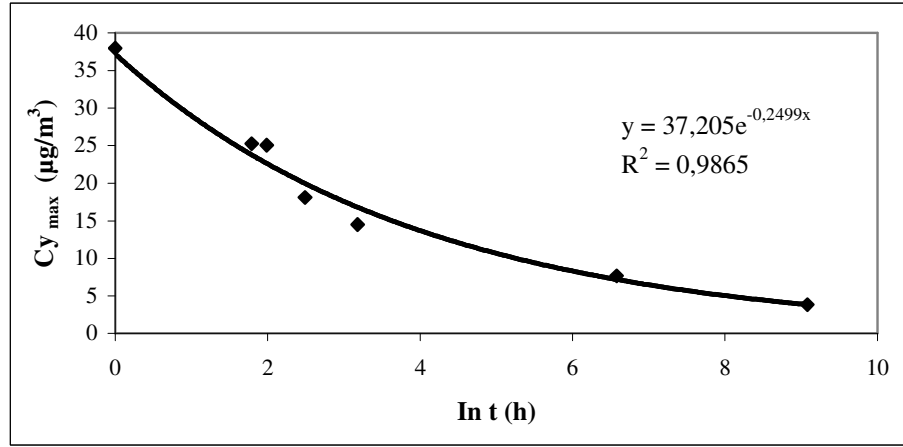
a ve b katsayıları sırasıyla 759,29 ve -0,3119 olarak bulunmuştur.

Aynı grafik kirletici kaynak gruplarından biri olan sanayi tesisleri için de çizilebilir.



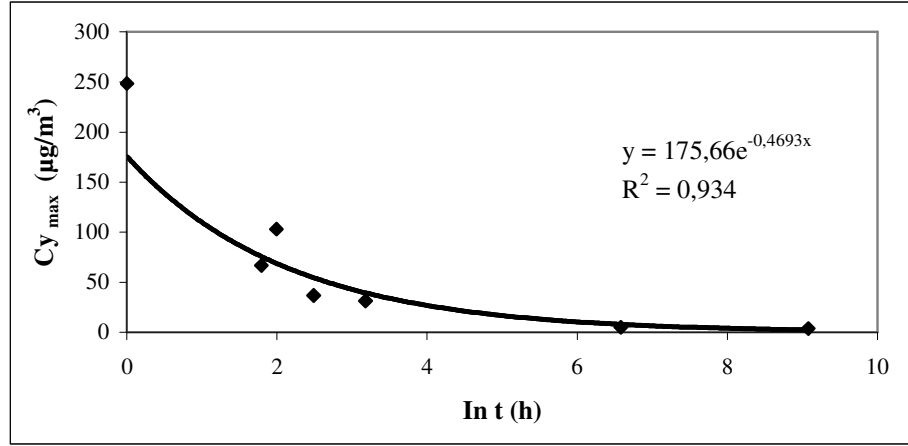
Şekil 6.16: Sanayi tesisleri için, ortalama süresine (t) karşı maksimum konsantrasyon (Cy_{max}) grafiği

$Cy_{max} = a.t^b$ formülünde a ve b katsayıları sırasıyla 756,91 ve -0,3152 olarak bulunmuştur. Grafik konutlar için çizilecek olursa aşağıdaki şekil elde edilebilir.



Şekil 6.17: Konutlar için, ortalama süresine (t) karşı maksimum konsantrasyon (Cy_{max}) grafiği

$Cy_{max} = a.t^b$ formülünde a ve b katsayıları sırasıyla 37,205 ve -0,2499 olarak bulunmuştur. Kirletici kaynak gruplarından biri olan araçlar için elde edilen grafik aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.18: Araçlar için, ortalama süresine (t) karşı maksimum konsantrasyon (Cy_{max}) grafiği

Cy_{max} = a.t^b formülünde a ve b katsayıları sırasıyla 175,66 ve -0,4693 olarak bulunmuştur.

6.3. Ölçüm Sonuçları Bulguları ve Tartışma

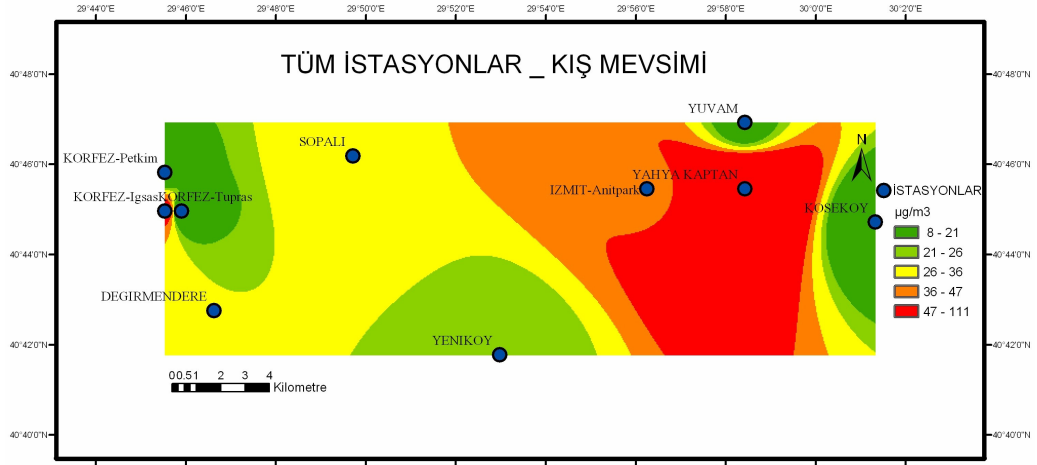
Yapılan modelleme çalışmasında elde edilen kirleticinin yıllık dağılım grafiğine göre belirlenen, Yeniköy, Yahya Kaptan, İzmit-Anıtpark, Köseköy, Körfez-Tüpraş, Körfez-İgşaş, Körfez-Petkim, Değirmendere, Sopalı ve Yuvam olmak üzere 10 istasyonun herbirinde kış ve bahar ölçümleri yapılmış, yaz ölçümleri ise bu istasyonlardan Yeniköy, Yahya Kaptan, İzmit-Anıtpark, Körfez-İgşaş ve Değirmendere istasyonlarında yapılmıştır. Bu istasyonların herbirinde izlenen, saatlik NO₂ konsantrasyonları HKDYY ve WHO Limit Değeri olan 200 µg/m³ ile, 24 saatlik (günlük) NO konsantrasyonları HKKY-KVS değeri olan 600 µg/m³ ile, 24 saatlik (günlük) NO₂ konsantrasyonları ise HKKY-KVS ve HKDYY Geçiş Dönemi sınır değeri olan 300 µg/m³ ile karşılaştırılmış ve izlenen tüm konsantrasyonların sınır değerlerin altında olduğu gözlenmiştir.

İstasyonlarda yapılan ölçüm sonuçlarına göre, kirlilik düzeyleri (NO, NO₂, NO_x sırasıyla-ortanca değerler şeklinde):

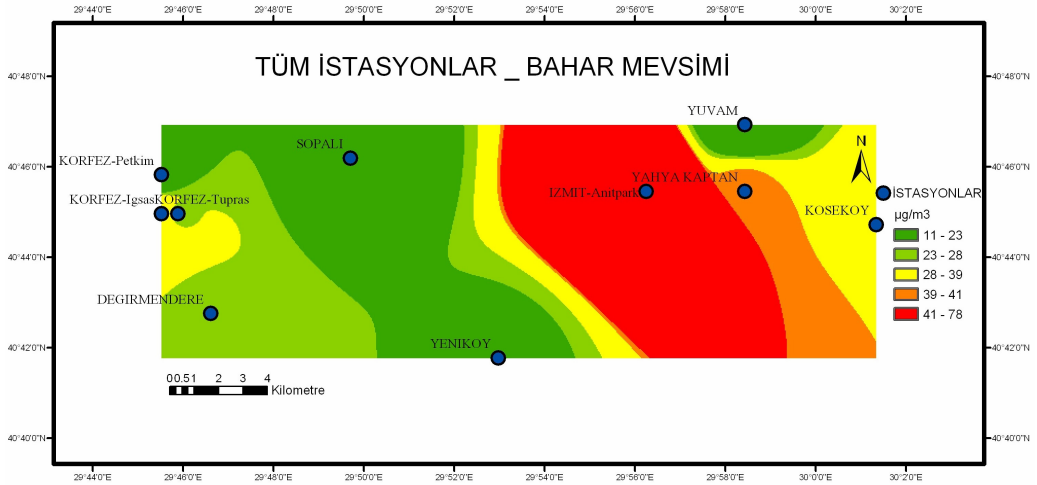
- ✓ kış mevsiminde; Yahya Kaptan'da 57, 48, 111 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Körfez-İgşaş'da 31, 28, 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, İzmit-Anıtpark'da 20, 25, 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Sopalı'da 18, 17, 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Değirmendere'de 15, 10, 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Yeniköy'de 4, 18, 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Yuvam'da 9, 5, 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Körfez-Petkim'de 3, 12, 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Köseköy'de 12, 0, 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Körfez-Tüpraş'da 7, 0, 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ şeklinde,
- ✓ bahar mevsiminde; İzmit-Anıtpark'da 40, 25, 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Yahya Kaptan'da 11, 29, 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Körfez-İgşaş'da 17, 21, 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Köseköy'de 10, 22, 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Körfez-Tüpraş'da 5, 22, 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Değirmendere'de 11, 17, 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Yeniköy'de 7, 12, 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Körfez-Petkim'de 4, 10, 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Sopalı'da 6, 10, 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Yuvam'da 6, 6, 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, şeklinde,
- ✓ yaz mevsiminde; İzmit-Anıtpark'da 15, 6, 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Değirmendere'de 9, 13, 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Yahya Kaptan'da 6, 12, 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Yeniköy'de 2, 6, 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Körfez-İgşaş'da 3, 1, 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ şeklindedir.

Kış ölçümlerinin yapıldığı 21 Ocak-3 Şubat tarihleri arasında ilde, doğal gaz kesintileri yaşanmıştır. Dolayısıyla kesinti, bu tarihlerde ölçümlerin yapıldığı Köseköy, Körfez-Tüpraş ve Körfez-İgşaş ölçüm istasyonlarında belirlenen ölçüm sonuçlarını da etkilemiştir.

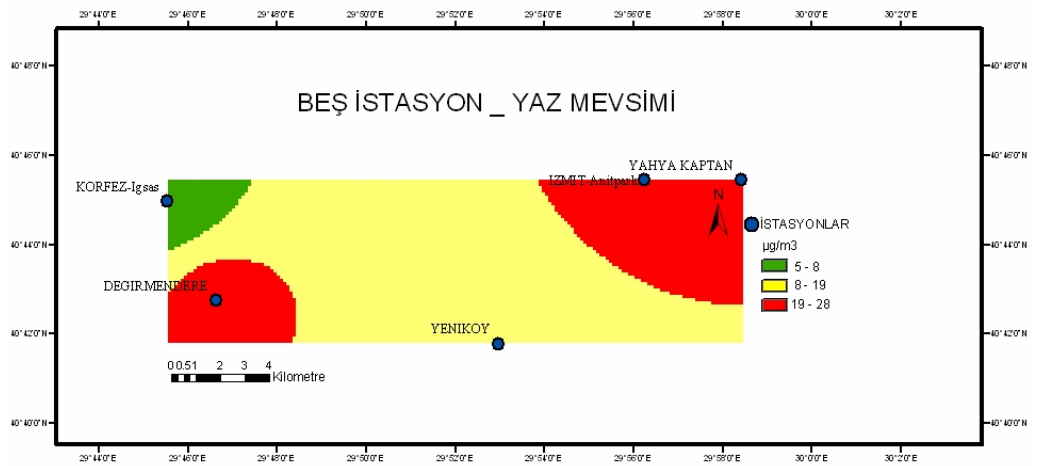
İstasyonlarda kaydedilen değerlerden hesaplanan konsantrasyon dağılımları, ARCMaP 8.1 programı kullanılarak koordinatlı olarak haritalanmıştır. Noktalar arasında "Natural Neighbor" yöntemi ile enterpolasyon yapılarak, dağılım haritaları elde edilmiştir (Şekil 6.19). Bu yöntemde, ağırlıklı ortalama kullanılır. Farklı değerlere sahip dağılmış ve örneklenmiş veri noktalarının belirlenmiş değerlerinin en uygununun bulunmasında kullanılan bir yöntemdir. Enterpolasyon tekniklerinin genel amacına uygun bir yere sahiptir.



(a)



(b)



(c)

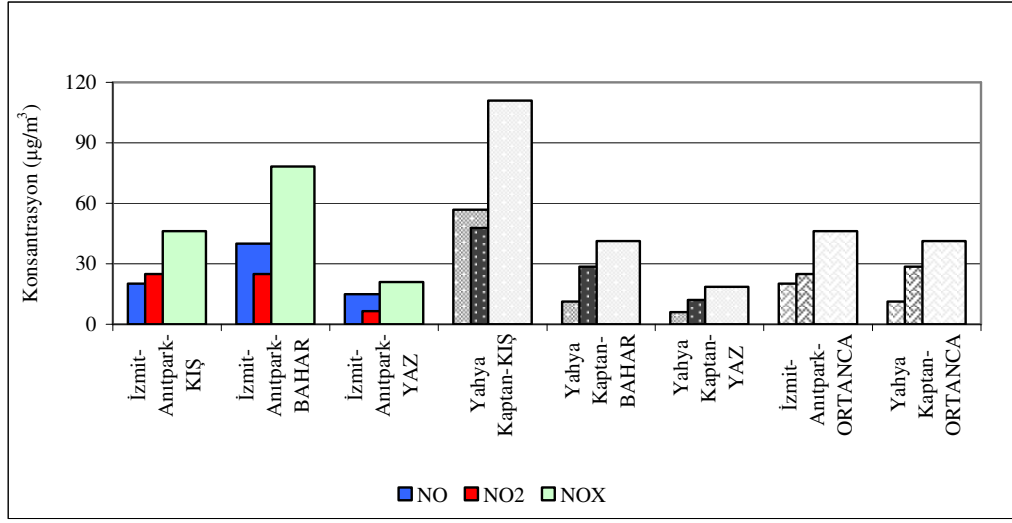
Şekil 6.19: NO_x kirlilik haritası

Bu dağılım haritalarında görüldüğü gibi, kirliliğin diğer yerlere göre yüksek olduğu 3 bölge; kış mevsiminde sırasıyla, Yahya Kaptan, Körfez-İgşa ve İzmit-Anıtpark (Şekil 6.19.a), bahar mevsiminde İzmit-Anıtpark, Yahya Kaptan ve Körfez-İgşa (Şekil 6.19.b) bölgeleridir. Yaz mevsiminde ise 5 istasyondaki ölçüm sonuçlarına göre kirliliğin diğer yerlere göre yüksek olduğu 3 bölge; İzmit-Anıtpark, Değirmendere ve Yahya Kaptan bölgeleridir (Şekil 6.19.c). Dolayısıyla ölçümlerin yapıldığı tüm istasyonlar ve mevsimler göz önünde bulundurulduğunda İzmit-Anıtpark ve Yahya Kaptan bölgelerinin diğer yerlere göre daha kirli olduğu söylenebilir. Bu durumla ilgili olarak, bu bölgelerin konumlarının oldukça etkili olduğu düşünülmektedir.

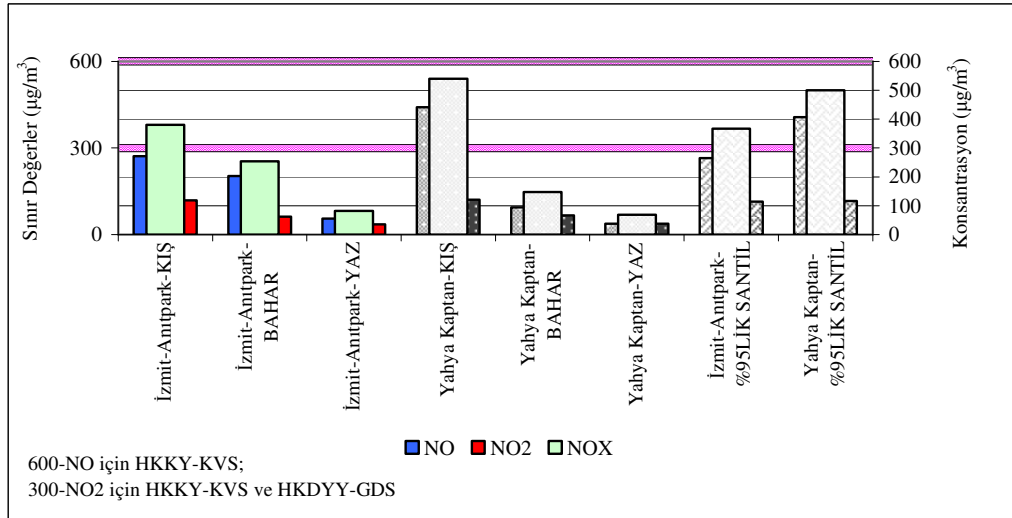
Yahya Kaptan; konut yoğunluğunun yüksek olduğu (2000 yılı sayım sonucuna göre 5487 konut) bir alandır ve tüm konutlarda doğal gaz kullanılmaktadır. Yerleşim alanının kuzeyinden TEM otoyolu (2003 yılında 25945 araç/gün), güneyinden D-100 (2003 yılında 10445 araç/gün) karayolu geçmektedir. Her iki yolun da araç geçiş yoğunluğu oldukça yüksektir. Ayrıca kuzeyinde otogar bulunmaktadır. Şehirlerarası otobüsler ve ilçelere kalkan minibüslerin oluşturduğu araç yoğunluğu yüksektir. Ölçüm yapılan okul bahçesi ticaret merkezinin karşısında olup önünden mahalle içi trafiğin en yoğun olduğu yol geçmektedir. Bu yolda özellikle sabah ve akşam saatlerinde araç geçiş yoğunluğunda belirgin bir artış gözlenmektedir. Yerleşim yeri ayrıca sanayi tesislerine çok yakındır. Yörede, 3 büyük lastik sanayi etkindir. Bölge, ağırlıklı olarak SE yönünden gelen sanayi, trafik ve konut kaynaklı NO_x emisyonları ile N yönünden gelen konut ve trafik kaynaklı NO_x emisyonlarının etkisi altındadır. İzmit-Anıtpark ise; yerleşim (2000 yılı sayım sonucuna göre 8083 konut) ve araç yoğunluğunun (şehiriçi trafiği) oldukça yüksek olduğu bir bölgedir. Anıtpark'ın önemli bir özelliği, Perşembe günleri semt pazarının kurulmasıdır. Semt pazarının kurulduğu ve dağıldığı saatlerde yoğun bir araç trafiği görülmektedir. Bunun dışında Gölcük ve kent merkezi yönünden gelen araç trafiğinin getirdiği yoğunluk Perşembe dışı günlerde de devam etmektedir. Bölge ağırlıklı olarak SE ve N yönlerinden gelen konut ve trafik kaynaklı NO_x emisyonlarının etkisi altındadır. Ancak SE yönünde kalan tesislerin emisyonlarına da maruz kalmaktadır. Ayrıca her iki bölgedeki hava akımlarının, kirliliği dağıtacak kadar etkili olmaması bu bölgeler için dezavantajdır.

Konsantrasyonlar incelendiğinde, İzmit-Anıtpark'daki kış mevsimindeki (NO-NO₂-NO_x sırasıyla-ortanca değerler) 20, 25, 46 µg/m³ düzeyindeki konsantrasyonların bahar mevsiminde 40, 25, 78 µg/m³'e yükseldiği ve yaz mevsiminde tekrar 15, 6, 21 µg/m³ düzeyine düştüğü gözlenmektedir. Buna karşılık Yahya Kaptan'daki 57, 48, 111 µg/m³ düzeyindeki kış mevsimi konsantrasyonlarının, bahar ve yaz mevsimlerinde 11, 29, 41 µg/m³ ve 6, 12, 19 µg/m³ düzeylerine azaldığı gözlenmektedir (Şekil 6.20). Ancak ortanca değerler baz alınarak çizilen Şekil 6.20, %95'lik santil değerlerine göre çizildiğinde İzmit-Anıtpark'da görülen bahar mevsimindeki yükselmenin olmadığı aksine kış, bahar ve yaz mevsimleri sırasıyla azalmanın olduğu görülmektedir (Şekil 6.21). Konsantrasyon değerleri İzmit-Anıtpark'da (NO, NO₂, NO_x sırasıyla-%95'lik santil değerleri) kış mevsiminde; 272, 120, 380 µg/m³, bahar mevsiminde; 204, 62, 254 µg/m³, yaz mevsiminde; 56, 36, 82 µg/m³, Yahya Kaptan'da ise kış mevsiminde; 441, 122, 539 µg/m³, bahar mevsiminde; 94, 68, 148 µg/m³, yaz mevsiminde; 38, 39, 69 µg/m³ şeklindedir. Ortanca değer olarak İzmit-Anıtpark'daki konsantrasyonun, bahar mevsiminde kış mevsimine göre yüksek olması, kış mevsiminde düşük konsantrasyonlara maruz kalınmasından kaynaklanmamakta, aksine %95'lik santil değerinde görüldüğü gibi kışın yüksek konsantrasyona maruz kalındığını ancak maruz kalınan düşük konsantrasyonların ortalamayı etkileyip düşürdüğünü göstermektedir. Dolayısıyla santil değerleri göz önünde bulundurularak değerlendirildiğinde, kış, bahar ve yaz mevsimleri sırasıyla azalmanın olması, ısınma kaynaklı NO_x'lerin etkisini düşündürmektedir.

İki istasyon birbiriyle kıyaslandığında, Yahya Kaptan'da İzmit-Anıtpark'a göre daha yüksek konsantrasyonlara maruz kalındığı, ancak maruz kalınan düşük konsantrasyonlar sebebiyle ortalamanın düştüğü ve bu nedenle ortanca değer olarak İzmit-Anıtpark'da konsantrasyonun daha yüksek olduğu gözlenmektedir (Şekil 6.20-6.21).



Şekil 6.20: Ölçümlerin yapıldığı istasyonlar içinde kirliliğin diğer yerlere göre yüksek olduğu 2 bölgedeki mevsimsel değerler (ortanca değerlere göre)



Şekil 6.21: Ölçümlerin yapıldığı istasyonlar içinde kirliliğin diğer yerlere göre yüksek olduğu 2 bölgedeki mevsimsel değerler (%95'lik santiil değerlerine göre)

Ölçümlerin yapıldığı istasyonlar içinde kirliliğin diğer yerlere göre yüksek olduğu İzmit-Anıtpark ve Yahya Kaptan istasyonlarındaki, saatlik NO₂ konsantrasyonları HKDYY Limit Değeri olan 200 µg/m³ ile karşılaştırıldığında, ölçüm sonuçlarının bu sınır değeri aşmadığı gözlenmiştir. Ancak yönetmeliğin aynı maddesi, bu sınır değeri için 1.1.2012 tarihinde 100 µg/m³'e ve 1.1.2021 tarihine kadar sifıra düşecek şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılmasını tolerans payı olarak vermektedir. Dolayısıyla ölçüm sonuçları bu anlamda incelendiğinde, İzmit-Anıtpark'da saatlik NO₂ konsantrasyonlarının 9 saat, Yahya Kaptan'da ise 7 saat 100

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üstüne çıktığı gözlenmiştir. Yönetmelikte verilen limit değerlerin bir takvim yılında 18 kereden fazla aşılmayacağı göz önünde bulundurulduğunda, 1.1.2012 tarihi için istenen $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lük şartın bugün için sağlandığı görülmekle birlikte, 1.1.2021 tarihi için istenen şartın sağlanabilmesi için çeşitli tedbirlerin alınması gerektiği düşünülmektedir. Diğer istasyonlardaki konsantrasyonlar incelendiğinde, $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü geçen saatlik NO_2 konsantrasyonunun olmadığı gözlenmiştir. Ancak bu bölgelerde de konsantrasyonların azaltılması ve kademe kademe sifira düşürülmesi için gerekli tedbirler alınması şarttır.

Gün içerisinde yapılan saatlik tüm ölçüm sonuçları incelendiğinde, NO değerlerinin pik yaptığı, NO_2 değerlerinin ise hafif değişim gösterdiği görülmüştür. Bu NO'nun NO_2 'ye göre daha reaktif olmasından kaynaklanmaktadır (Mayer 1999). Yine tüm istasyonlardaki saatlik veriler incelendiğinde, NO_x konsantrasyon artışlarının istasyondan istasyona farklı günler için farklı saatlere denk geldiği görülse de, birçok grafik için ortak nokta; konsantrasyon yükselmelerinin ağırlıklı olarak sabah, akşam ve gece saatlerinde olmasıdır. Bu durum daha çok ısınma kaynaklı NO_x 'lere bağlı olarak kalorifer yanma saatleri ile trafiğin yoğun olduğu saatlere bağlı olarak açıklanabilir. Ayrıca öğle saatlerinde konsantrasyonların daha düşük olmasının, NO_x 'lerin öğle saatlerinde kimyasal reaksiyonlarda rol oynamasına da bağlı olduğu söylenebilir (Mayer 1999).

Kış, bahar ve yaz mevsimlerinde istasyonlarda gün içerisinde yapılan tüm ölçümlerin %95'lik santil değerlerine göre, en yüksek NO_x konsantrasyonu ile en düşük NO_x konsantrasyonu incelendiğinde, Yeniköy'de 191-16; Yahya kaptan'da 645-18; İzmit-Anıtpark'da 381-5; Köseköy'de 167-11; Körfez-Tüpraş'da; 130-9; Körfez-İgşaş'da; 196-6; Körfez-Petkim'de 307-11; Değirmendere'de 95-30; Sopalı'da; 172-12; Yuvam'da $82-7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ şeklinde olduğu görülmüştür. Bu değerlerden de açıkça anlaşıldığı gibi en yüksek konsantrasyon ile en düşük konsantrasyon arasında, en yüksek farkın gözlemlendiği istasyon Yahya Kaptan ölçüm istasyonudur.

Hafta içi-hafta sonu değerlendirilmesi yapıldığında; Yeniköy, Yahya Kaptan, İzmit-Anıtpark, Körfez-Tüpraş, Körfez-Petkim, Değirmendere ve Yuvam istasyonları olmak üzere 7 istasyonda hafta içi konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu

gözlenmiştir. Bu istasyonların çoğunda, hafta içi trafik yoğunluğunun yüksek olmasının bir sonucu olarak, konsantrasyonların yüksek olduğu düşünülmektedir. Köseköy, Körfez-İğsaş ve Sopalı istasyonlarında ise hafta içi-hafta sonu ayırımı yapılamamıştır. Ölçümlerin yapıldığı tarihlerdeki doğal gaz kesintilerinin Köseköy ve Körfez-İğsaş ölçüm istasyonlarında belirlenen ölçüm sonuçlarını etkilemesinin ve Sopalı ölçüm istasyonunun bulunduğu bölgenin meskun bölge olmasının, hafta içi-hafta sonu ayırımını etkilediği düşünülmektedir.

Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, Köseköy ve Tüpraş ölçüm istasyonlarında bahar mevsimindeki konsantrasyonların, kış mevsimine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Daha önce de belirtildiği gibi, kış döneminde bu istasyonlarda yapılan ölçümler esnasında ildeki bazı sanayi tesislerinde yapılan doğal gaz kesintilerinin etkisinin olduğu düşünülmektedir. Değirmendere’de yaz mevsiminde ölçülen NO_x konsantrasyonunun kış ve bahar mevsimlerine göre daha yüksek olduğu, Yuvam’da ise fazla fark olmamakla birlikte bahar mevsimindeki konsantrasyonun kış mevsimine göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Hava sıcaklıklarındaki artışa bağlı olarak yakıt tüketiminin azalması ve buna bağlı olarak NO_x konsantrasyonlarında azalma beklenirken, azalmanın olmaması bu bölgelerde NO_x ’ler için ısınmadan çok trafiğin etkisini düşündürmektedir. Kirleticilerin yer seviyesinde tutulmasına ve birikmesine neden olan inversiyon olayı, yüksek basınç sistemleri, düşük rüzgar hızları gibi hava kirliliği yönünden olumsuz meteorolojik koşullar mevcut hava kirliliği konsantrasyonlarının değişiminde etkili olabilecek nedenler olmasına rağmen, bu istasyonlarda NO_x -CO ilişkisinde gözlenen orta dereceli ilişkiler trafiğin etkisini göstermektedir. Diğer istasyonlarda ise, konsantrasyonların kış mevsiminde, bahar ve yaz mevsimlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Görülen bu farklılık, yazın ısınma amaçlı kullanılan yakıtların yakılmaması ile kış sezonunu temsil eden aylarda olumsuz meteorolojik koşulların mevcut hava kirliliği konsantrasyonlarının değişiminde etkili olduğu gibi nedenlere bağlanmaktadır (Beyazıt, 2004; Gupta et al., 2003). Ayrıca yaz aylarında fotokimyasal reaksiyonlarla NO_x ’lerin tüketilip O_3 üretilmesi de, yaz aylarındaki konsantrasyonun düşük olmasının nedenlerinden biridir (Müezzinoğlu, 2003).

Sıcaklık azalmasına bağlı olarak NO_x konsantrasyonlarında artış olup olmadığını belirlemek için NO_x-Sıcaklık ilişkilerine bakılmış ve sonuçlar Tablo 6.7’de verilmiştir. Korelasyon katsayısının gücü ile ilgili olarak, değişkenlerden birisinin artışına bağlı olarak diğerinde azalma olan doğrusal ilişkinin olduğu durumlar ile değişkenlerden birisinin artışına bağlı olarak diğerinde de artış olan doğrusal ilişkinin olduğu durumlar için aşağıdaki tanımlamalar yapılmıştır (Köse, 2006).

(0,00)	-	(-0,25)	Çok zayıf ilişki	Birinin artışına bağlı olarak diğerinde azalma olan doğrusal ilişki
(-0,26)	-	(-0,49)	Zayıf ilişki	
(-0,50)	-	(-0,69)	Orta ilişki	
(-0,70)	-	(-0,89)	Yüksek ilişki	
(-0,90)	-	(-1)	Çok yüksek ilişki	
0,00	-	0,25	Çok zayıf ilişki	Birinin artışına bağlı olarak diğerinde de artış olan doğrusal ilişki
0,26	-	0,49	Zayıf ilişki	
0,50	-	0,69	Orta ilişki	
0,70	-	0,89	Yüksek ilişki	
0,90	-	1	Çok yüksek ilişki	

Buna göre sıcaklık azalmasına bağlı olarak NO_x konsantrasyonlarında artışı ifade eden, çok yüksek ve orta dereceli ilişkiler Körfez bölgesinde (Körfez-Tüpraş, Körfez-İgşaş, Körfez-Petkim) görülmüştür. Yeniköy, Yahya Kaptan, Değirmendere, Sopalı ve Yuvam ölçüm istasyonlarında her mevsim olmasa da en az birer mevsim zayıf ve çok zayıf ilişkiler gözlenmiştir. İzmit-Anıtpark ve Köseköy ölçüm istasyonlarında ise, tüm mevsimlerde herhangi bir ilişki görülmemiştir. Gözlenen bu durum NO_x emisyonlarının sadece ısınma kaynaklı değil, aynı zamanda sanayi ve trafik kaynaklı olduğunu da düşündürmektedir.

Tablo 6.7: NO_x-Sıcaklık ilişkileri

ÖLÇÜM İSTASYONLARI	KORELASYON KATSAYILARI		
	KIŞ	BAHAR	YAZ
YENİKÖY- Teknopark Binası	-0,134 (Çok Zayıf İlişki)	0,329	0,443
YAHYA KAPTAN- Ticaret Merkezi	-0,216 (Çok Zayıf İlişki)	0,460	-0,357 (Zayıf İlişki)
İZMİT- KOÜ Anıtpark Binası	0,829	0,521	0,154
KÖSEKÖY- Köseköy MYO	0,470	0,213	-
KÖRFEZ- Tüpraş	-0,946 (Çok Yüksek İlişki)	0,290	-
KÖRFEZ- İgsaş	-0,667 (Orta İlişki)	0,434	-0,453 (Zayıf İlişki)
KÖRFEZ- Petkim	-0,333 (Zayıf İlişki)	-0,632 (Orta İlişki)	-
DEĞİRMENDERE- Atatürk Cad.	0,163	0,230	-0,396 (Zayıf İlişki)
SOPALI- Devlet Hastanesi	-0,430 (Zayıf İlişki)	0,530	-
YUVAM- Hasan Tahsin Cad.	0,430	-0,097 (Çok Zayıf İlişki)	-

Çalışmada, ortam havasında NO_x-CO ilişkisinin değerlendirilmesi ve trafiğin kirlilikteki rolünün incelenmesi için bahar mevsiminde, İzmit-Anıtpark, Köseköy, Körfez-Tüpraş, Körfez-İgsaş, Körfez-Petkim, Sopalı, Yuvam, Değirmendere olmak üzere toplam 8 istasyonda, yaz mevsiminde Değirmendere, Yeniköy, Yahya Kaptan, İzmit-Anıtpark, Körfez-İgsaş olmak üzere toplam 5 istasyonda NO_x ölçümleri ile beraber CO ölçümleri de yapılmıştır. İstasyonlardaki ölçüm sonuçlarına göre belirlenen korelasyon katsayıları Tablo 6.8’de verilmiştir. Buna göre NO_x-CO arasındaki en yüksek pozitif yöndeki doğrusal ilişki, İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonunda bahar mevsiminde yapılan ölçümde bulunmuştur. Bu korelasyondan yola çıkarak kurulan regresyon modeli $C_{NO_x} = 49,067 (C_{CO}) - 23,505 (R^2=0,7385)$ şeklindedir. Bu yüksek ilişki İzmit-Anıtpark bölgesinin trafik etkisinde olmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi kent merkezlerindeki NO_x emisyonlarının %40-70’inden sorumlu olan taşıt araçları, CO emisyonlarının da %70-90’ından sorumludur (ÇOB, 2006).

Diğer istasyonlar için, ölçüm sonuçlarına göre NO_x-CO arasında yüksek dereceli ilişkiyi gösteren korelasyon katsayıları elde edilemediğinden, NO_x-CO ilişkisini veren regresyon modelleri çıkarılmamıştır. Ancak bu istasyonlardaki ilişkiler

incelendiğinde, Yeniköy, Köseköy, Değirmendere, Yuvam, Yahya Kaptan, Körfez-Tüpraş ve Sopalı ölçüm istasyonlarında orta ve zayıf dereceli ilişkiler gözlenirken; Körfez-İgşaş'da çok zayıf ilişkinin gözlenmesi ve Körfez-Petkim'de herhangi bir ilişkinin gözlenmemesi, zayıf, orta ve yüksek dereceli ilişkinin ancak trafiğin etkili olduğu istasyonlarda olduğunu, buna karşılık trafiğin etkili olmadığı istasyonlarda ise herhangi bir ilişkinin olmadığını düşündürmektedir.

Tablo 6.8: NO_x – CO ilişkisi

ÖLÇÜM İSTASYONLARI	NO _x – CO İLİŞKİSİ (KORELASYON KATSAYILARI)	
	BAHAR	YAZ
YENİKÖY- Teknopark Binası	-	0,621 (Orta İlişki)
YAHYA KAPTAN- Ticaret Merkezi	-	0,382 (Zayıf İlişki)
İZMİT- KOÜ Anıtpark Binası	0,859 (Yüksek İlişki)	0,587 (Orta İlişki)
KÖSEKÖY- Köseköy MYO	0,554 (Orta İlişki)	-
KÖRFEZ- Tüpraş	0,494 (Zayıf İlişki)	-
KÖRFEZ- İgşaş	0,177 (Çok Zayıf İlişki)	0,146 (Çok Zayıf İlişki)
KÖRFEZ- Petkim	-0,130	-
DEĞİRMENDERE- Atatürk Cad.	0,598 (Orta İlişki)	0,678 (Orta İlişki)
SOPALI- Devlet Hastanesi	0,490 (Zayıf İlişki)	-
YUVAM- Hasan Tahsin Cad.	0,534 (Orta İlişki)	-

6.4. Model Sonuçları İle Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Şekil 6.22-6.31'de tüm istasyonlar için ayrı ayrı saatlik-günlük olarak tahmin edilen ve gözlenen değerler için çizilmiş %95'lik santil grafikleri verilmiştir. Bu grafiklerde de görüldüğü gibi Körfez-Petkim (saatlik değer) ve Yuvam (günlük değer) dışındaki istasyonlarda, model ile tahmin edilen değerler, gözlenen değerlerden oldukça düşüktür.

Modelleme sonuçları ile gözlenen verilerin karşılaştırılmasında; bu iki veri setinin temelde birbirinden farklı olmasından dolayı problemle karşılaşmaktadır. Çevre

havası ölçümleri, belli bir lokasyonda kısa dönemli hava kirletici konsantrasyonlarını doğru olarak yansıtırken, model sonuçları daha geniş bir bölgede hava kirleticilerinin uzun dönemlik ortalamalarını daha iyi yansıtır. Gözlenen veriler, küçük gridlerle ilgili iken, model sonuçları ortalama 250mx250m'lik gridleri kapsar. Bu durum kırsal alanlar için önemli olmayabilir, ancak hava kirleticilerinin küçük mesafelerde çeşitlilik gösterdiği kompleks arazi ya da kentlerde ciddi bir durumdur (Loibl and Orthofer, 2001).

Bu çalışmada tahmin edilen değerler ve gözlenen değerler arasındaki farklılığın,

- ✓ Tüm kaynakları özellikle küçük tesisleri karakterize etmenin zor olmasından,
- ✓ Ülkemizde istatistiki verilerin yetersizliği ile mevcut verileri derleyip toparlamanın zorluğundan,
- ✓ Emisyonların hesaplanmasında kullanılacak Türkiye şartları için hazırlanmış emisyon faktörlerinin bulunmamasından (emisyon faktörleri ne kadar hassas olursa hesaplanan emisyonlar da o derecede doğru olarak tahmin edilebilir),
- ✓ Model için uygun meteoroloji dosyasının elde edilmesindeki zorluklar ve aksaklıklardan (modellemede kullanılan meteorolojik veriler, Kocaeli Meteoroloji İstasyonu tarafından kaydedilen veriler olup, bu verilerden bulut yükseklikleri ve yağış ölçümleri günlük olarak kaydedilmiş verilerdir. Model ise saatlik bazda veri kullanmaktadır. Günlük değerler saatlik değerlere enterpolasyon ve rastgele tahmin yöntemleri kullanılarak dönüştürülmüştür. Ancak bu durum, modelin istediği meteorolojik dosyanın oluşturulmasında bir dezavantajdır),
- ✓ Trafik koşullarının emisyon payında yeterince yansıtılmamasından (örneğin trafik sıklığının sık görüldüğü ana yol kavşaklarında trafik koşullarının emisyon payında yeterince yansıtılmaması),
- ✓ Modelde, ülkemizde dijital haritaların elde edilmesindeki zorluktan ötürü, düz arazi seçeneğinin kullanılması ve bu seçenekte yer seviyesinde olan trafik emisyonlarının binalardan ve diğer yükseltilerden olası etkileniminin model sonuçlarına gerektiği gibi yansımamasından,

kaynaklandığı düşünölmektedir. Yapılan detaylı analizler de, emisyon kaynaklarının paylarının kısmen doğru olmaması sebebiyle tahminlerin önemli derecede düşük olduğunu göstermektedir (Loibl and Orthofer, 2001).

Körfez-Petkim (saatlik değeri) ve Yuvam (günlük değeri) istasyonlarında olduğu gibi, tersi durumlar da söz konusu olabilmektedir. Tahminlerin yüksek olması, izlenen sitelerin çevresel emisyon kaynaklarından korunması nedeni ile olabilmektedir (Loibl and Orthofer, 2001). Seçilen ölçüm noktasının kaynağa çok yakın olması da tahminlerin yüksek çıkmasının nedeni olabilmektedir. Bu istasyonlar incelendiğinde, Körfez-Petkim ölçüm istasyonunda “kaynağa yakınlık”, Yuvam ölçüm istasyonunda ise seçilen ölçüm istasyonunun “çevresel emisyon kaynaklarından uzak olması” nedenlerine bağlı olarak gözlenen değerlerin tahminlerin altında çıktığı düşünölmektedir.

İstasyonlar bazında sonuçlar incelendiğinde;

Şekil 6.22’de görüldüğü gibi, Yeniköy’de saatlik yaklaşık $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ölçüm ile $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, günlük yaklaşık $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ise $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Hata payı sırasıyla yaklaşık %81 ve %79’dur.

Şekil 6.23’de görüldüğü gibi, Yahya Kaptan’da saatlik yaklaşık $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ölçüm ile $238 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, günlük yaklaşık $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ise $145 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Hata payı sırasıyla yaklaşık %92 ve %88’dir.

Şekil 6.24’de görüldüğü gibi, İzmit-Anıtpark’da saatlik yaklaşık $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ölçüm ile $194 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, günlük yaklaşık $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ise $153 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Hata payı sırasıyla yaklaşık %85 ve %85’dir.

Şekil 6.25’de görüldüğü gibi, Köseköy’de saatlik yaklaşık $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ölçüm ile $117 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, günlük yaklaşık $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak

tahmin edilen konsantrasyon ise $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Hata payı sırasıyla yaklaşık %83 ve %80'dir.

Şekil 6.26'da görüldüğü gibi, Körfez-Tüpraş'da saatlik yaklaşık $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ölçüm ile $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, günlük yaklaşık $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ise $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Hata payı sırasıyla yaklaşık %73 ve %76'dır.

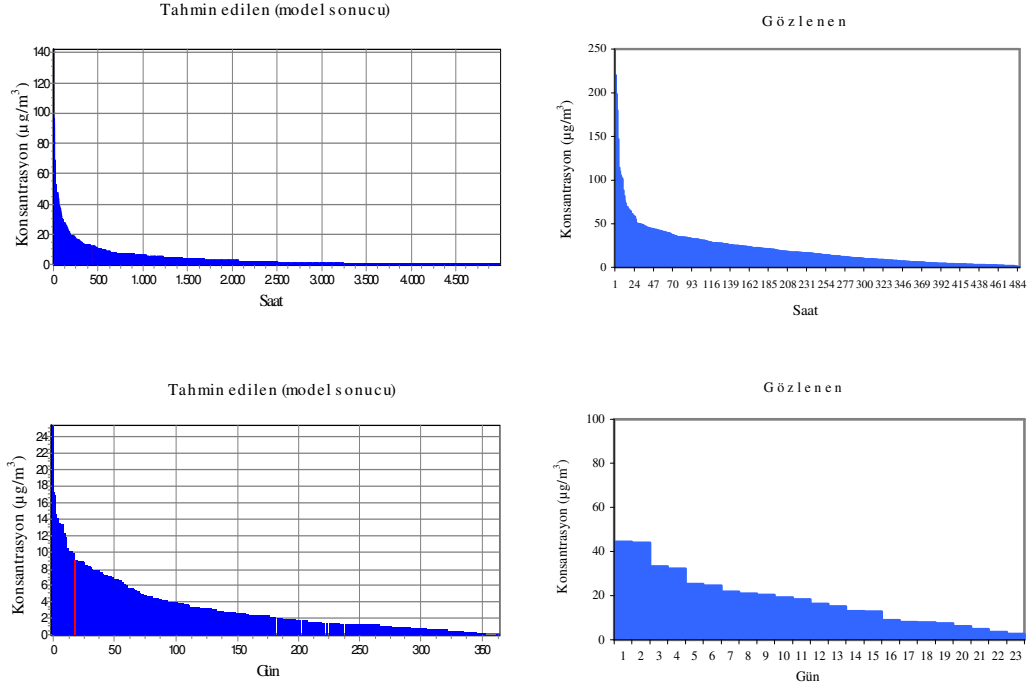
Şekil 6.27'de görüldüğü gibi, Körfez-İgşaş'da saatlik yaklaşık $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ölçüm ile $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, günlük yaklaşık $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ise $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Hata payı sırasıyla yaklaşık %87 ve %88'dir.

Şekil 6.28'de görüldüğü gibi, Körfez-Petkim'de saatlik yaklaşık $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ölçüm ile $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, günlük yaklaşık $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ise $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Hata payı sırasıyla yaklaşık %-2 ve %53'tür.

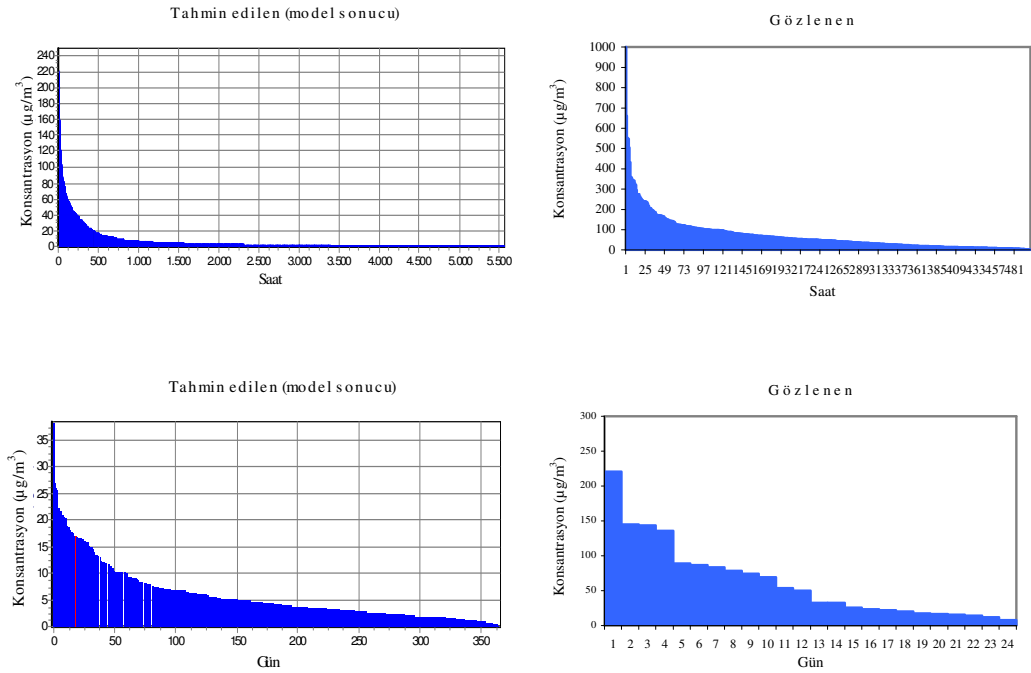
Şekil 6.29'da görüldüğü gibi, Değirmendere'de saatlik yaklaşık $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ölçüm ile $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, günlük yaklaşık $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ise $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Hata payı sırasıyla yaklaşık %58 ve %50'dir.

Şekil 6.30'da görüldüğü gibi, Sopalı'da saatlik yaklaşık $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ölçüm ile $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, günlük yaklaşık $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ise $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Hata payı sırasıyla yaklaşık %61 ve %65'dir.

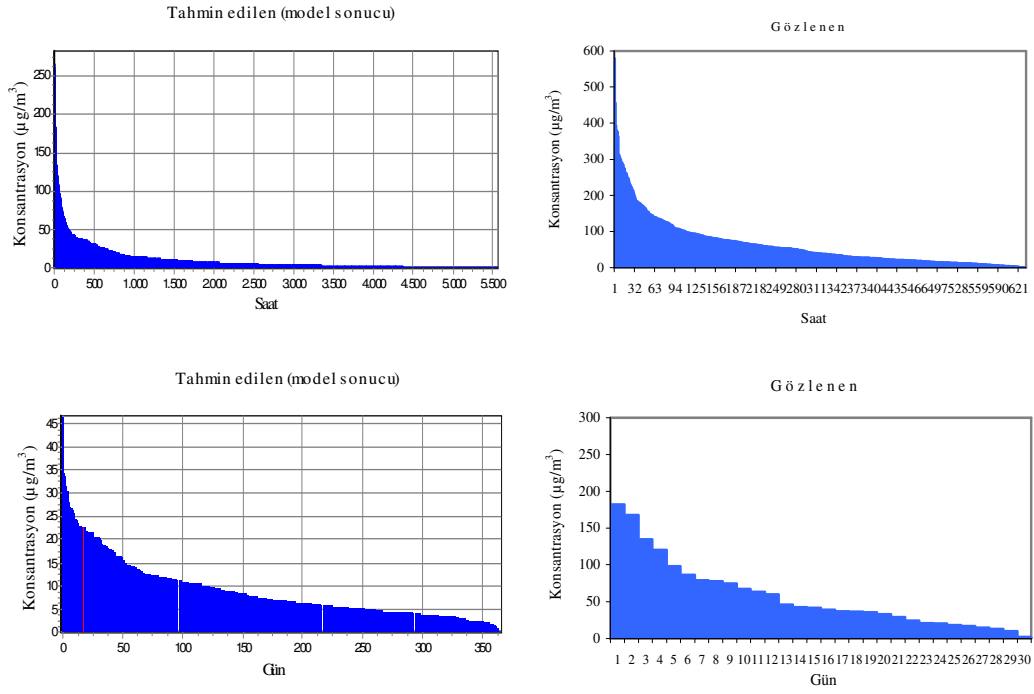
Şekil 6.31'de görüldüğü gibi, Yuvam'da saatlik yaklaşık $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ölçüm ile $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak, günlük yaklaşık $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilen konsantrasyon ise $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Hata payı sırasıyla yaklaşık %10 ve %14'tür.



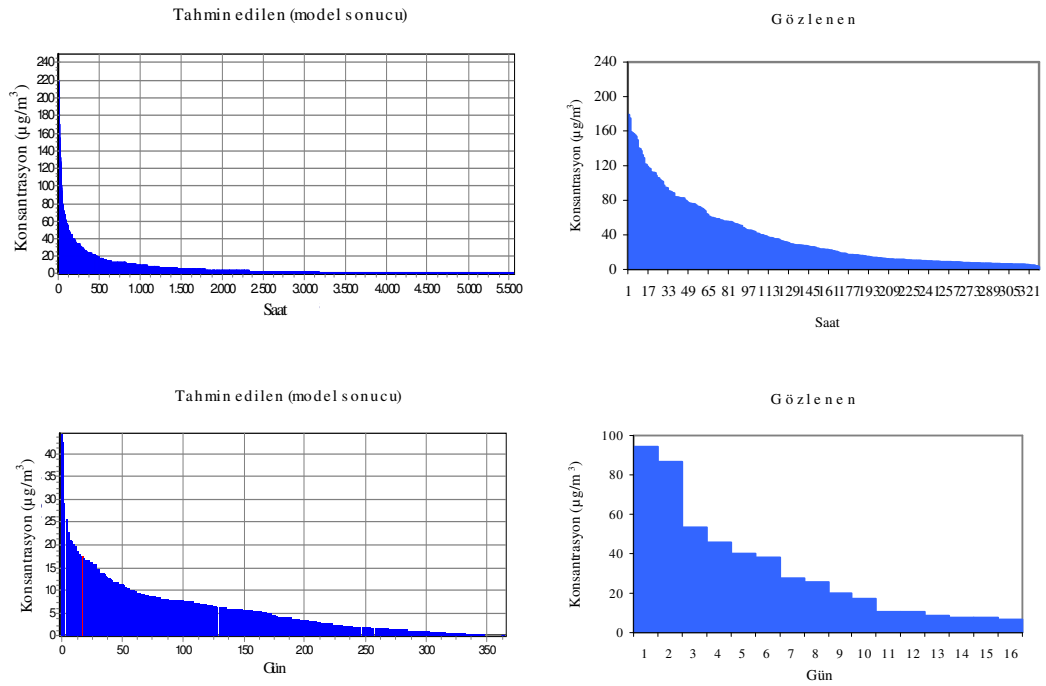
Şekil 6.22: Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Yeniköy



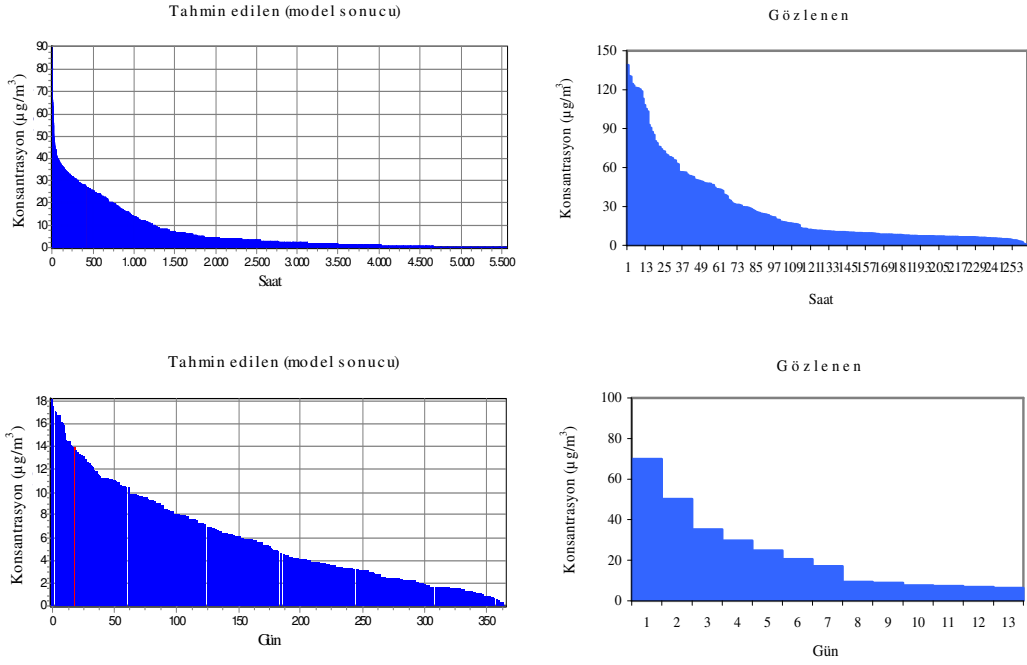
Şekil 6.23: Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Yahya Kaptan



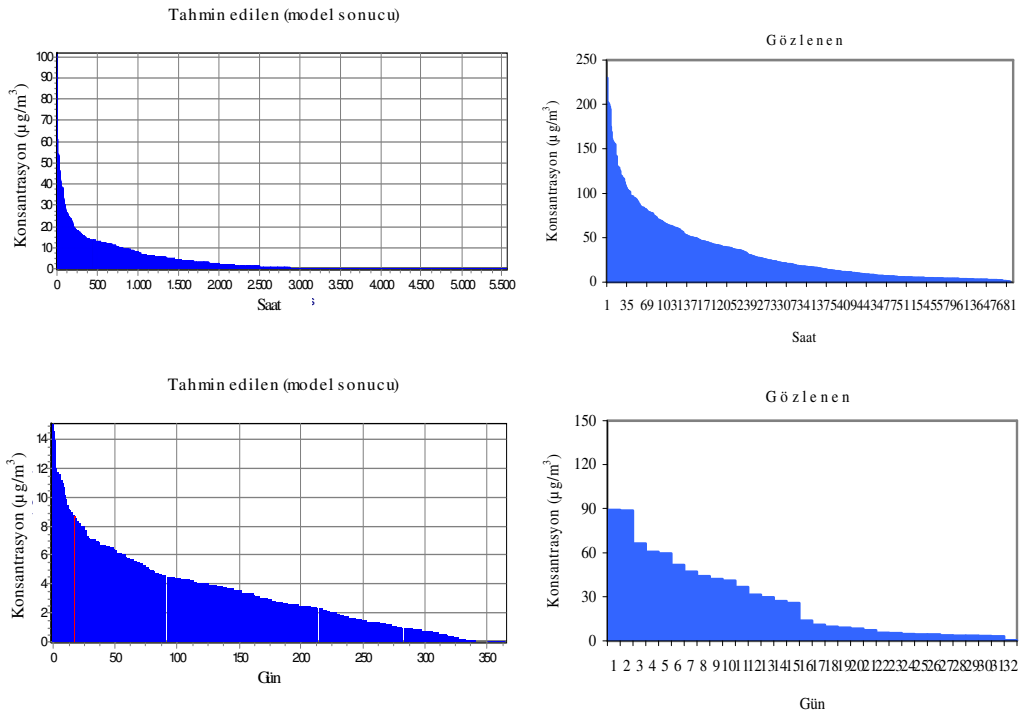
Şekil 6.24: Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-İzmit-Anıtpark



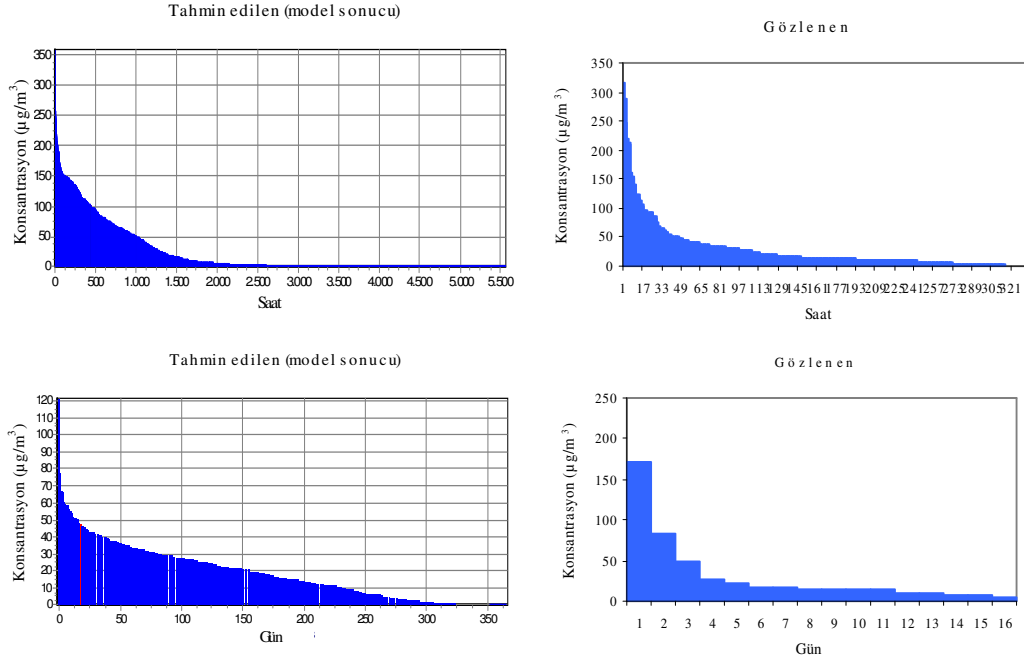
Şekil 6.25: Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Köseköy



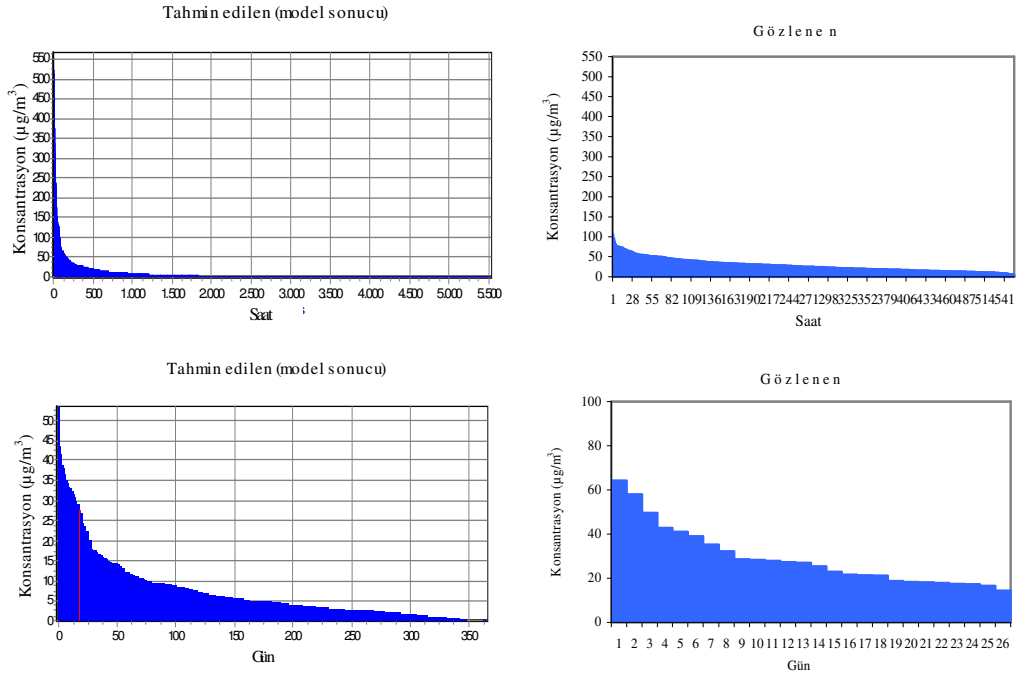
Şekil 6.26: Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Körfez-Tüpraş



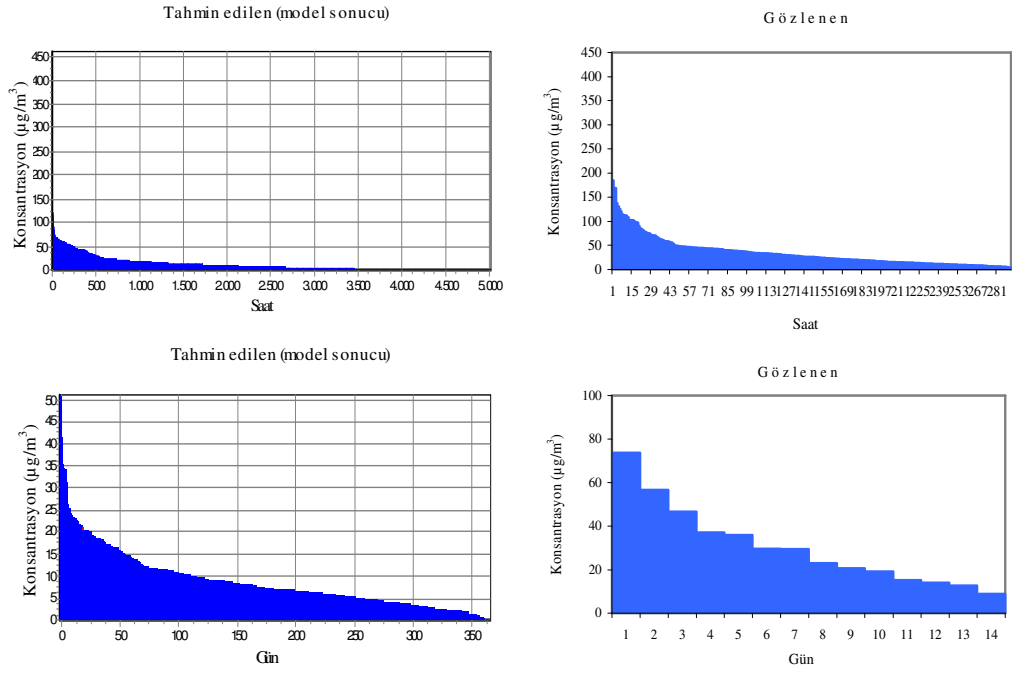
Şekil 6.27: Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Körfez-İgşaş



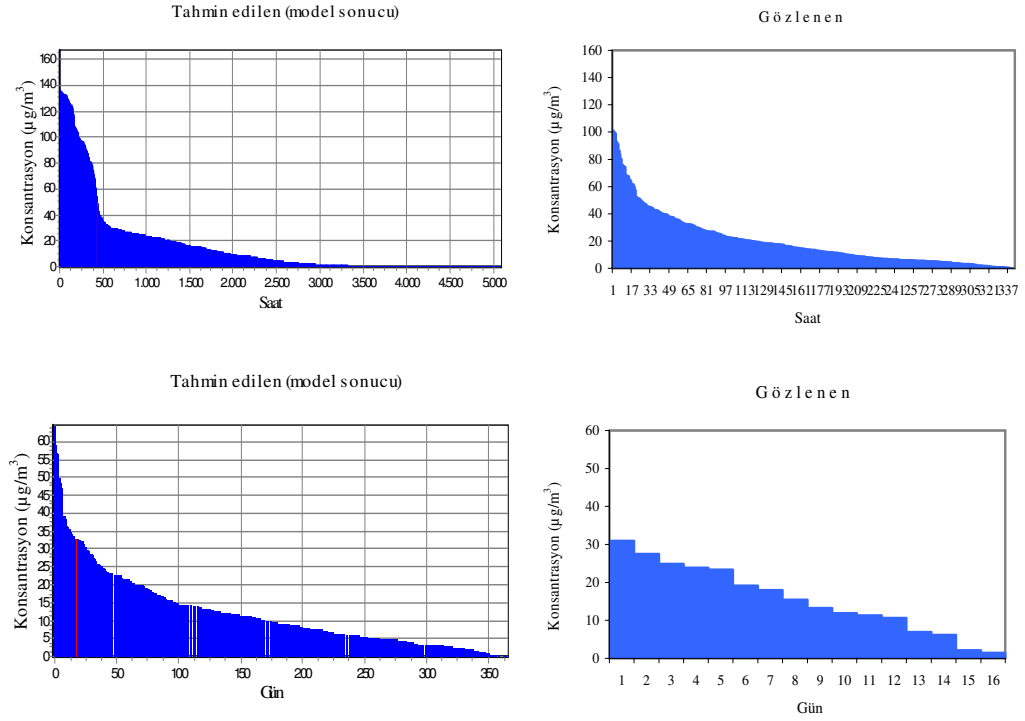
Şekil 6.28: Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Körfez-Petkim



Şekil 6.29: Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Değirmendere



Şekil 6.30: Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Sopalı



Şekil 6.31: Saatlik-günlük tahmin edilen ve gözlenen değerlere ait santil grafikleri-Yuvam

BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Nüfus dağılımı, motorlu taşıt kullanımı, yer alan sanayi kuruluşları ve meteorolojik koşullar gibi etmenler göz önüne alınarak belirlenen, Kocaeli İli'nin doğu-batı yönünde 26 km, kuzey-güney yönünde 10,5 km olmak üzere, toplam 273 km²'lik bir alanında, envanter çalışması, modelleme, ortam havası ölçümleri ve sonuçların değerlendirilmesi olmak üzere dört aşamadan oluşan çalışma kapsamında, NO_x kirletici kaynakları saptanarak kirliliğe katkı payları belirlenmiş, bölge NO_x kirliliği yönünden incelenmiş, NO_x konsantrasyonlarının zamana bağlı değişkenliği ve NO_x-CO ilişkisi değerlendirilmiştir.

NO_x kirletici kaynaklarının, kirliliğe katkı paylarının belirlenmesinde iki yaklaşım kullanılmıştır. Bunlardan ilki, ayrıntılı emisyon envanterinin hazırlanması ve bölgede farklı kaynaklardan açığa çıkan NO_x emisyonunun tahmin edilmesidir. İkinci yaklaşım ise, hava kalitesi seviyesine kaynakların katkısını ve havadaki konsantrasyonları belirleyen hava kirliliği dağılım modeli (ISCST3) yaklaşımıdır.

Mevcut hava kalitelerinin saptanması ve gelecek için temiz hava planlarının yapılabilmesi açısından artık hazırlanması bir zorunluluk haline gelen emisyon envanteri, noktasal (sanayi tesisleri), alansal (konutlar) ve çizgisel (trafik) olmak üzere üç farklı kaynak sınıfı için yapılmıştır. Yapılan envanter çalışması sonucunda, 14632 ton/yıllık NO_x emisyonunun %73'ünün sanayi tesislerinden, %21'inin trafikten ve %6'sının evsel ısınmadan kaynaklandığı belirlenmiştir. Endüstriyel tesisleri arasında petrol rafinerisi, güç tesisleri, petrokimya ve kimya tesisleri ile lastik endüstrileri, yüksek emisyon oranlı ana kirletici kaynaklar olarak belirlenmiştir. Kaynaktan çıkan NO_x emisyon miktarına göre, rafineri ve petrokimya tesislerinin yer aldığı İzmit Körfezi'nin kuzey batısının kirlilik yönünden kritik bölge olduğu bulunmuştur. Trafik emisyonlarına bakıldığında, en fazla emisyon miktarının araçlardaki hıza ve yol uzunluğuna bağlı olarak otoyolda (E-80), km başına düşen

emisyona miktarına bakıldığında ise yoldan geçen araç sayısına bağı olarak İzmit Kent Geçişi'nde yüksek olduğı görülmüştür. Konutlar incelendiğinde, km²'ye düşen emisyona miktarının en fazla Derince'de olduğı bulunmuştur.

Modelleme çalışması ile kirletici kaynakları değerlendirildiğinde; tüm kirletici kaynakları (noktasal+alansal+çizgisel) için yapılan modelleme sonucunda yıllık değerlere göre en yüksek konsantrasyon 56,08 µg/m³ olarak Körfez'de petrokimya tesislerinin olduğı bölgede görülmüştür. Kirletici kaynakları ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise, sanayi tesislerine ait yıllık en yüksek konsantrasyon yeri, tüm kirletici kaynaklara ait yıllık en yüksek konsantrasyon yeri ile aynı olup, konsantrasyon 54,59 µg/m³ olarak bulunmuştur. Konutlardan kaynaklanan kirlilik, yıllık dağılım modeline göre İzmit Körfezi kuzeyinde Derince bölgesi ve civarında yoğunlaşmakta olup en yüksek konsantrasyonu 3,83 µg/m³'tür. Araçlardan oluşan kirlilik ise dağılım modelinin yıllık değerlerine göre İzmit kent içi (hastane yolu)'nde ve en yüksek konsantrasyon değeri 3,91 µg/m³'tür. Bu değerlerden yola çıkarak kirletici kaynakların katkı payları değerlendirildiğinde sanayi tesislerinin %88; konutların %6; araçların %6 olduğı hesaplanmıştır.

Dolayısıyla sonuçlar göstermektedir ki, çalışma alanında sanayi tesisleri, envanter çalışması ile belirlenen %73'lük ve modelleme ile belirlenen %88'lik katkı payı ile en kirletici kaynak sektörüdür. Her ne kadar literatürde NO_x'ler için ana kaynak trafik olarak veriliyor olsa da, toplam kirlilik yükü açısından değerlendirildiğinde bu bölgede sanayi tesislerinin oldukça yoğun olması ve bu tesislerde ağırlıklı olarak doğal gazın tüketilmesi nedeni ile en kirletici kaynak grubu sanayi tesisleridir. Sanayi tesislerinden oluşan toplam 10698 ton/yıllık NO_x emisyonunun %95'inden fazlasının doğal gaz tüketiminden oluştuğı bulunmuştur.

Modelleme çalışmasında zamana karşı maksimum konsantrasyon grafikleri çizilmiş, tüm kirletici kaynak grupları için $C_{y_{max}} = 759,29e^{-3119t}$ ($R^2=0,9348$), sanayi tesisleri için $C_{y_{max}} = 756,91e^{-3152t}$ ($R^2=0,9327$), konutlar için $C_{y_{max}} = 37,205e^{-0,2499t}$ ($R^2=0,9865$) ve araçlar için $C_{y_{max}} = 175,66e^{-0,4693t}$ ($R^2=0,934$) regresyon modelleri geliştirilmiştir.

Modelleme sonuçlarına göre belirlenen 10 istasyonda yapılan ölçüm sonuçlarına göre konsantrasyonlar incelendiğinde; ortanca değerler şeklinde,

- ✓ NO konsantrasyonunun kış mevsiminde $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Yahya Kaptan istasyonu)- $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Körfez-Tüpraş istasyonu), bahar mevsiminde $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (İzmit-Anıtpark istasyonu)- $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Yuvam istasyonu) ve yaz mevsiminde $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (İzmit-Anıtpark istasyonu)- $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Körfez-İğsaş istasyonu) aralıklarında,
- ✓ NO₂ konsantrasyonunun kış mevsiminde $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Yahya Kaptan istasyonu)- $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Körfez-Tüpraş istasyonu), bahar mevsiminde $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (İzmit-Anıtpark istasyonu)- $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Yuvam istasyonu) ve yaz mevsiminde $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (İzmit-Anıtpark istasyonu)- $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Körfez-İğsaş istasyonu) aralıklarında,
- ✓ NO_x konsantrasyonunun kış mevsiminde $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Yahya Kaptan istasyonu)- $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Körfez-Tüpraş istasyonu), bahar mevsiminde $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (İzmit-Anıtpark istasyonu)- $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Yuvam istasyonu) ve yaz mevsiminde $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (İzmit-Anıtpark istasyonu)- $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Körfez-İğsaş istasyonu) aralıklarında

olduğu görülmüştür. Yapılan ölçümlerle istasyonların herbirinde izlenen, saatlik NO₂ konsantrasyonları HKDYY ve WHO Limit Değeri olan $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile, 24 saatlik (günlük) NO konsantrasyonları HKKY-KVS değeri olan $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile, 24 saatlik (günlük) NO₂ konsantrasyonları ise HKKY-KVS ve HKDYY Geçiş Dönemi sınır değeri olan $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile karşılaştırılmış ve izlenen tüm konsantrasyonların sınır değerlerin altında olduğu gözlenmiştir.

HKDYY Ek-1B Limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri'ne göre $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak verilen limit değerinin, 1.1.2012 tarihinde $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e ve 1.1.2021 tarihine kadar sifıra düşecek şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltulmasını yine yönetmeliğin aynı maddesi tolerans payı olarak vermektedir. Dolayısıyla ölçüm sonuçları bu anlamda incelendiğinde, sadece İzmit-Anıtpark'da saatlik NO₂ konsantrasyonlarının 9 saat ve Yahya Kaptan'da 7 saat $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üstüne çıktığı gözlenmiştir. Diğer istasyonlarda $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü geçen saatlik NO₂ konsantrasyonlarına rastlanılmamıştır. Yönetmelikte verilen limit değerin bir takvim yılında 18 kereden fazla aşılmayacağı göz önünde bulundurulduğunda, 1.1.2012 tarihi için istenen $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük şartın bugün için sağlandığı gözlenmiş, ancak

1.1.2021 tarihi için istenen şartın sağlanabilmesi için çeşitli tedbirlerin alınmasının gerekli olduğu görülmüştür.

İstasyonlardaki ölçüm sonuçları kıyaslandığında, en yüksek konsantrasyonların görüldüğü 2 bölgenin İzmit-Anıtpark ve Yahya Kaptan bölgeleri olduğu anlaşılmıştır. İki istasyon birbiriyle kıyaslandığında ise, Yahya Kaptan'da İzmit-Anıtpark'a göre daha yüksek konsantrasyonlara maruz kalındığı, ancak maruz kalınan düşük konsantrasyonlar sebebiyle ortalamanın düştüğü ve bu nedenle ortanca değer olarak İzmit-Anıtpark'da konsantrasyonun daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Gün içerisinde yapılan saatlik tüm ölçüm sonuçları incelendiğinde, NO değerlerinin pik yaptığı, NO₂ değerlerinin ise hafif değişim gösterdiği görülmüştür. Yine tüm istasyonlardaki saatlik veriler incelendiğinde, NO_x konsantrasyon artışlarının istasyondan istasyona farklı günler için farklı saatlere denk geldiği görülse de, birçok grafik için ortak nokta; konsantrasyon yükselmelerinin ağırlıklı olarak sabah, akşam ve gece saatlerinde olmasıdır.

Kış, bahar ve yaz mevsimlerinde istasyonlarda gün içerisinde yapılan tüm ölçümlerin %95'lik santil değerlerine göre, en yüksek NO_x konsantrasyonu ile en düşük NO_x konsantrasyonu incelendiğinde, en yüksek konsantrasyon ile en düşük konsantrasyon arasında, en yüksek farkın gözlemlendiği istasyonun Yahya Kaptan olduğu görülmüştür.

Hafta içi-hafta sonu değerlendirmesi yapıldığında; ölçüm yapılan 10 istasyonun 7'sinde ve bu istasyonların çoğunda da trafik yoğunluğunun yüksek olmasının bir sonucu olarak, hafta içi konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, 2 istasyonda ölçülen bahar mevsimindeki konsantrasyonların, kış mevsimine göre daha yüksek olduğu gözlenmiş ve bunda ölçüm tarihlerinde ildeki bazı sanayi tesislerinde yapılan doğal gaz kesintilerinin etkisinin olduğu düşünülmüştür. 1 istasyonda yaz mevsiminde ölçülen NO_x konsantrasyonunun kış ve bahar mevsimlerine göre daha yüksek olduğu ve yine 1 istasyonda fazla fark olmamakla birlikte bahar mevsimindeki konsantrasyonun kış mevsimine göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. 6 istasyonda ise, kış

mevsimindeki konsantrasyonların, bahar ve yaz mevsimlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmada sıcaklık azalmasına bağlı olarak NO_x konsantrasyonlarında artış olup olmadığını belirlemek için NO_x-sıcaklık ilişkilerine de bakılmış, bölgede NO_x emisyonlarının sadece ısınma kaynaklı değil, aynı zamanda sanayi ve trafik kaynaklı olmasından ötürü, çok yüksek ve orta dereceli ilişkiler sadece Körfez bölgesinde (Körfez-Tüpraş, Körfez-İgşaş, Körfez-Petkim) görülmüştür.

Yanma olayı ile doğrudan ilişkili olan ve atık gazda aralarında ters ilişkinin olduğu NO_x ve CO emisyonlarının ortam havasındaki ilişkilerinin ve trafiğin kirlilikteki rolünün değerlendirilmesi için bahar mevsiminde 8 istasyonda, yaz mevsiminde 5 istasyonda NO_x ölçümleri ile beraber CO ölçümleri de yapılmıştır. İstasyonlardaki ölçüm sonuçlarına göre, NO_x-CO arasındaki en yüksek pozitif yöndeki doğrusal ilişki, İzmit-Anıtpark ölçüm istasyonunda bahar mevsiminde yapılan ölçümde bulunmuştur. Bu korelasyondan yola çıkarak kurulan regresyon modeli $C_{NO_x} = 49,067 (C_{CO}) - 23,505$, ($R^2=0,7385$) şeklinde geliştirilmiştir. Bu yüksek ilişki İzmit-Anıtpark bölgesinin trafik etkisinde olmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi kent merkezlerindeki NO_x emisyonlarından sorumlu olan taşıt araçları, CO emisyonlarından da sorumludur. Diğer istasyonlar için, ölçüm sonuçlarına göre NO_x-CO arasında yüksek dereceli ilişkiyi gösteren korelasyon katsayıları elde edilemediğinden, NO_x-CO ilişkisini veren regresyon modelleri çıkarılmamıştır. Ancak bu istasyonlardaki ilişkiler incelendiğinde, trafiğin etkili olduğu istasyonlarda zayıf, orta ve yüksek dereceli ilişkiler gözlenirken, buna karşılık trafiğin etkili olmadığı istasyonlarda herhangi bir ilişki gözlenmemiştir.

Envanter çalışması, modelleme ve ölçüm sonuçları kıyaslandığında; yapılan envanter çalışmasına göre atmosfere verilen NO_x emisyon miktarının fazla olduğu bölgenin İzmit Körfezi'nin kuzey batısında bulunan petrokimya tesislerinin yer aldığı bölge olduğu, modelleme çalışması ile de maksimum konsantrasyonun bu bölgede olduğu bulunmuştur. Ancak yapılan ölçümlerle; İzmit Körfezi'nin kuzey doğusunda olan Yahya Kaptan ve İzmit-Anıtpark bölgeleri diğer bölgelere göre kirli bölgeler olarak belirlenirken, petrokimya tesislerinin olduğu bölgede beklentilerin tersine

konsantrasyonların düşük çıktığı görülmüştür. Her ne kadar Körfez bölgesinde atmosfere verilen NO_x emisyon miktarı fazla olsa da, NO_x konsantrasyonu sadece atmosfere verilen emisyon miktarına bağlı olmayıp, aynı zamanda emisyonun verildiği baca yüksekliklerine, kirliliğin dağılmasını geciktirecek ortamdaki engellere ve hava koşullarına da bağlı olduğundan elde edilen sonuçlar bu anlamda değerlendirildiğinde,

- ✓ Atmosfere verilen emisyon miktarının fazla olduğu Körfez Bölgesi'nde; hava akımları ve baca yükseklikleri sebebiyle konsantrasyonların, beklentilerin tersine düşük çıktığı,
- ✓ Ölçümlerle diğer bölgelere göre kirli bölgeler olarak belirlenen Yahya Kaptan ve İzmit Anıtpark bölgelerinde ise; yer seviyesinde olan trafik emisyonları ve hava akımlarının kirliliği dağıtacak kadar etkili olmaması sebebiyle konsantrasyonların beklentilerin üstünde çıktığı

düşünülmektedir.

Modelleme çalışması ile ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında ise, hem maksimum konsantrasyonun olduğu bölgenin farklı bir bölge, hem de Körfez-Petkim (saatlik değer) ve Yuvam istasyonu (günlük değer) hariç tüm istasyonlarda gözlenen değerlerin tahmin edilenden daha yüksek olduğu görülmüştür. Model sonuçları ile gözlenen veriler kıyaslandığında %36 gibi bir performans görülmüştür. Performans düşüklüğü; tüm kaynakları özellikle küçük tesisleri karakterize etmenin zor olması, ülkemizde istatistiki verilerin yetersizliği ile mevcut verileri derleyip toparlamanın zorluğu, emisyonların hesaplanmasında kullanılacak Türkiye şartları için hazırlanmış emisyon faktörlerinin bulunmaması, model için uygun meteoroloji dosyasının elde edilmesindeki zorluklar ve aksaklıklar, trafik koşullarının (örneğin trafik sıklığının sık görüldüğü ana yol kavşaklarındaki trafik koşulları) emisyon payında yeterince yansıtılmaması gibi nedenlere bağlanmıştır. Ancak en önemli nedeni trafiğin etkisinin model sonuçlarına gerektiği gibi yansımaması olarak düşünülmektedir. Modelde, ülkemizde dijital haritaların elde edilmesindeki zorluktan ötürü düz arazi seçeneği kullanılmış, dolayısıyla model bu seçeneğe bağlı olarak dağılım yapmıştır. Sanayi tesislerinin yüksek bacaları nedeniyle emisyonların

atmosferde yer seviyesine inmeden dağılması, trafik emisyonlarının ise yer seviyesinde olması ve çeşitli engeller sebebiyle atmosferde hemen dağılamaması nedeniyle aslında daha çok trafik emisyonlarına maruz kalındığı ancak bunun model çalışmasında gerektiği gibi gözlenemediği görülmüştür.

7.2. Öneriler

Envanter çalışmaları kısa, orta ve uzun dönemler için hazırlanması gereken kirliliği azaltma stratejilerinin belirlenmesinde iyi bir klavuz olmaktadır. Ancak bazı sınırlılıkları mevcuttur. Emisyonların hesaplanmasında kullanılan emisyon faktörleri bunlardan biridir. Emisyon faktörleri ne kadar hassas olursa hesaplanan emisyonlar da o derecede doğru olarak tahmin edilebilir. Emisyon faktörlerinin Amerika ve Avrupada'ki verilerden yola çıkılarak Türkiye için uyarlanması başka seçenek olmadığı durumlarda yararlıdır. Ancak gerek teknoloji gerekse hammadde farklılıkları nedeniyle bir procesten diğere değışebilecek bu faktörlerin Türkiye şartları hatta bölgesel şartlar için hazırlanması gerekmektedir. Bu, sonuçları daha güvenilir yapacaktır.

Envanter çalışmalarının temeli olan istatistiki verilerin, düzgün olarak kaydedilmesine özen gösterilmelidir.

Çalışılan bölge kirlilik yönünden iyi seviyede olsa da kirliliği daha da azaltmak ve HKDYY Ek-1B Limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri'ne göre 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak verilen limit değerinin, 1.1.2012 tarihinde 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e ve 1.1.2021 tarihine kadar sifıra düşecek şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılmasını hedeflemek amacıyla çeşitli önlemler alınmalıdır. Yerel yönetimlerden merkezi yönetimlere kadar bütün yetkili makamların, sanayi kuruluşlarının, bilim kuruluşlarının ve tek tek bütün vatandaşların küçük ya da büyük sorumlulukları bulunmaktadır. Bu noktadan yola çıkarak, halk bu konuda bilinçlendirilmeli ve bilgilendirilmelidir. Kaynaklanan kirliliğin önlenmesi için gerekli teknolojik geliştirmeler ve yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Bunun yanısıra, kentsel oluşumda fiziki planlamalara da özen gösterilmelidir. Bunun için; binalarda ısı yalıtımına uyulması, ormanların ve kent içi yeşil alanların korunması, yaygınlaştırılıp

geliştirilmesi, nazım planlarda şehirlerin gelişmesinde topografik ve meteorolojik şartların göz önüne alınması gibi temel öğelerin gerçekleştirilmesine ve gözetilmesine gereksinim vardır. Kentsel tasarım yapılırken, kentsel doku yoğunluğu ile hava akımlarının dolaşımı ve kirlilik yoğunlaşması ilişkileri üzerinde durulmalıdır. Bu çalışma sonucunda gözlenen İzmit-Anıtpark ve Yahya Kaptan'daki yüksek konsantrasyonların, hava akımlarının yetersiz dolaşımı nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, kent içinde ana hava akım yolları tıkanmamalıdır.

Endüstri bölgesi olan Kocaeli için yapılan bu çalışma, diğer hava kirleticileri, özellikle organik kirleticiler, için yapılarak bölgesel kirlilik düzeyleri, yoğunlukları ve kirleticilerin birbirleri arasındaki ilişkileri yönünden açıklayıcı veri tabanı oluşturulmalıdır. Ayrıca Türkiye'nin diğer endüstrileşmiş bölgeleri için de yapılarak ulusal kirlilik düzeyleri için açıklayıcı veri tabanı hazırlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Abdul-Wahab, S.A., Bakheit, C.S., Al-Alawi, S.M., “Principal component and multiple regression analysis in modelling of ground-level ozone and factors affecting its concentrations”, *Environmental Modelling&Software*, 20, 1263-1271, (2005).

Aneja, V.P., Roelle, P.A., Murray, G.C., Southerland, J., Erisman, J.W., Fowler, D., Asman, W.A.H., Patni, N., “Atmospheric nitrogen compounds II: emissions, transport, transformation, deposition and assessment”, *Atmospheric Environment*, 35, 1903-1911, (2001).

Arayıcı, S., “Doğal Gaz Yanmalarında NO_x Oluşumu”, *II. Hava Kirlenmesi, Modellemesi ve Kontrolü Sempozyumu’95*, İstanbul Teknik Üniversitesi, 116-121, (1995).

Argün, Y., “Afyon-Aydın-Denizli İller’i hava kirliliği emisyon envanteri”, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Proje, İzmir*, (2000).

Atkinson, R., “Atmospheric chemistry of VOCs and NO_x”, *Atmospheric Environment*, 34, 2063-2101, (2000).

Aumont, B., Chervier, F., Laval, S., “Contribution of HONO sources to the NO_x/HO_x/O₃ chemistry in the polluted boundary layer”, *Atmospheric Environment*, 37, 487-498, (2003).

Ayberk, S., “Kocaeli Yarımadası Doğu Bölümünde Karasal Ekosistemlerin Ekolojik Özellikleri Üzerine İncelemeler”, Yayın No: 74, *İzmit, Kocaeli Üniversitesi*, 3-4, (2002).

Barton, P., Atwater, J.W., “Nitrous oxide emissions and anthropogenic nitrogen in wastewater and solid waste”, *Journal of Environmental Engineering*, 128 (2), 137-150, (2002).

Beyazıt, N., Düzovalı, G., Akdemir, A., Ergun, O.N., “Samsun Şehir Merkezinde Ölçülen Kükürtdioksit-Duman Konsantrasyonlarının Meteorolojik Parametrelerle İlişkilerinin Değerlendirilmesi”, *Çevre 2004 I. Ulusal Çevre Kongresi*, Sivas, 339-354, (2004).

Bhanarkar, A.D., Goyal, S.K., Sivacoumar, R., Chalapati Rao, C.V., “Assessment of contribution of SO₂ and NO₂ from different sources in Jamshedpur region”, India, *Atmospheric Environment*, 39, 7745-7760, (2005).

Bhugwant, C., Hoareau, J.L., “Variability of NO₂ in different environments at a moderately polluted Island over the Southwestern Indian Ocean”, *Atmospheric Research*, 66, 241-259, (2003).

Bond, D. W., Steiger, S., Zhang, R., Tie, X., Orville, R. E., “The importance of NO_x production by lightning in the tropics”, *Atmospheric Environment*, 36, 1509-1519, (2002).

Brasseur, G.P., Cox, R.A., Hauglustaine, D., Isaksen, I., Lelieveld, J., Lister, D.H., Sausen, R., Schumann, U., Wahner, A., Wiesen, P., “European scientific assessment of the atmospheric effects of aircraft emissions”, *Atmospheric Environment*, 32 (13), 2329-2418, (1998).

Brink, H.M.T., Spoelstra, H., “The dark decay of HONO in environmental (smog) chambers”, technical note, *Atmospheric Environment*, 32 (2), 247-251, (1998).

Brulfert, G., Chollet, J-P., Jouve, B., Villard, H., “Atmospheric emission inventory of the Maurienne Valley for an atmospheric numerical model”, *Science of the Total Environment*, 349, 232-248, (2005).

Butler, T.J., Likens, G.E., Vermeylen, F.M., Stunder, B.J.B., “The relation between NO_x emissions and precipitation NO₃⁻ in the Eastern USA”, *Atmospheric Environment*, 37, 2093-2104, (2003).

Campbell, L.M., Stone, D.K., Shareef, G.S., Corporation, R., “NO_x Control Technology Data, EPA/600/2-91/029”, *Office of Research and Development Washington*, (1991).

Cardu, M., Baica, M., “Regarding the relations between the NO_x content and CO content in thermo power plants flue gases”, *Energy Conversion & Management*, 46, 47-59, (2005).

Carlaw, D.C., Beevers, S.D., “Investigating the potential importance of primary NO₂ emissions in a street canyon”, *Atmospheric Environment*, 38, 3585-3594, (2004).

CITEPA, 2004. “Corinair Inventory-Default Emission Factors Handbook”, *CEC-DGXI*, Paris, (2004).

Çetin, Ş., Ayberk, S., Karademir, A., “Kocaeli İli’nde konutlardan kaynaklanan NO_x emisyon envanteri”, *DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6 (3), 113-123, (2005).

Çetin, Ş., Karademir, A., Pekey, B., Ayberk, S., “Kocaeli İli’nde Trafik Kaynaklı Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanteri”, *Kocaeli Özelinde Büyükşehirlerin Kentsel Yapılaşma ve Ulaşım Sorunları Sempozyumu 2006*, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 28-30 Haziran (2006).

ÇOB (TC. Çevre ve Orman Bakanlığı), “III. Hava-Atmosfer ve İklim”, [online], <http://www.cedgm.gov.tr>, (Ziyaret tarihi:10.10.2006).

Davison, A. W., Cape, J. N., “Atmospheric nitrogen compounds-issues related to agricultural systems”, *Environment International*, 29, 181-187, (2003).

ĐİE, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, “2000 Genel Nüfus Sayımı”, ISBN 975-19-2967-9, (2000).

Elbir, T., Müezzinoğlu, A., Bayram A., “Evaluation of some air pollution indicators in Turkey”, *Environmental International*, 26, 5-10, (2000).

Elbir, T., Müezzinoğlu, A., “Estimation of emission strengths of primary air pollutants in the City of Izmir, Turkey”, *Atmospheric Environment*, 38(13), 1851-1857, (2004).

Erisman, J. W., Grennfelt, P., Sutton, M., “The European perspective on nitrogen emission and deposition”, *Environment International*, 29, 311-325, (2003).

Finlayson-Pitts, B.J., Pitts, J.N., “Atmospheric Chemistry: Fundamentals and Experimental Techniques”, *A Wiley-Interscience Publication*, USA, ISBN: 0-471-88227-5, (1986).

Galloway, J. N., “The global nitrogen cycle: changes and consequences”, *Environmental Pollution*, 102(S1), 15-24, (1998).

Gazi, V., 2006, “İstatistik”, [online], http://www.ele.etu.edu.tr/muh100_dersnotlari/bolum08.ppt#1, (Ziyaret tarihi: 21.05.2006).

Gilbert, N.L., Woodhouse S., Stieb D.M., Brook, J.R., “Ambient nitrogen dioksidi and distance from a major highway”, *The Science of the Total Environment*, 312, 43-46, (2003).

Godish, T., “Air Quality”, Fourt Edition, *Lewis Publisher, A CRC Pres Company*, ISBN: 1-56670-586-X, (2004).

Godish, T., “Air Quality”, Third Edition, *Lewis Publishers, New York*, ISBN: 1-56670-231-3, (1997).

Graham, J.A., Grant, L.D., Folinsbee, L.J., Kotchmar, D.J., Garner, J.H.B., “Nitrogen Oxides (Second Edition)”, *Environmental Health Criteria 188, WHO; Geneva*, ISBN: 92 4 157 188 8, (1997).

Gupta, A., Kumar, R., Kumari, K.M., Srivastava, S.S., “Measurement of NO₂, HNO₃, NH₃ and SO₂ and related particulate matter at a rural site in Rampur, India”, *Atmospheric Environment*, 37, 4837-4846, (2003).

Gurjar, B.R., van Aardenne, J.A., Lelieveld, J., Mohan, M., “Emission estimates and trends (1990-2000) for megacity Delhi and implications”, *Atmospheric Environment*, 38, 5663-5681, (2004).

Harrison, R. M., “Pollution Causes, Effects and Control”, Third Edition, ISBN: 0-85404-534-1, *Cambridge*, (1996).

Heal, M.R., Booth, B.B.B., Cape, J.N., Hargreaves, K.J., “The influence of simplified peroxy radical chemistry on the interpretation of NO₂-NO-O₃ surface exchange”, *Atmospheric Environment*, 35, 1687-1696, (2001).

Hill, S.C., Smoot, L.D., “Modeling of nitrogen oxides formation and destruction in combustion systems”, *Progress in Energy and Combustion Science*, 26, 417-458, (2000).

HKKY, “Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği”, Türk Çevre Mevzuatı, Cilt II, *Türkiye Çevre Vakfı Yayını*, ISBN: 975-7250-48-1, (1986).

HKDYY, “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği”, (Faaliyet 3.2-24. Haziran 2005), *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı*, (2006).

HMIP, “Risk Assessment of Dioxin Releases from Municipal Waste Incineration Processes”, Her Majesty’s Inspectorate of Pollution, Environmental Resources Management, *HMIP/CPR2/41/1/81*, London, (1996).

Holloway, T., Levy II, H., Carmichael, G., “Transfer of reactive nitrogen in Asia: development and evaluation of a source-receptor model”, *Atmospheric Environment*, 36, 4251-4264, (2002).

<http://www.epa.gov>, [online], (**Ziyaret tarihi:21.02.2006**).

<http://orion.it.luc.edu/~mschmel/Handout3.pdf>, [online], (**Ziyaret tarihi: 21.02.2006**).

<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-03042000-11000048/unrestricted/Ch1.pdf>, [online], (**Ziyaret tarihi: 21.02.2006**).

Hueter, F.G., Geerke, H.W., Berksan, N.A., Liberti, A., Ternisien, J., “Air Quality Criteria for Nitrogen Oxides”, A Report by the Expert Panel on Air Quality Criteria, *North Atlantic Treaty Organization*, (1973).

Hunova, I., Santroch, J., Ostatnicka, J., “Ambient air quality and deposition trends at rural stations in the Czech Republic during 1993-2001”, *Atmospheric Environment*, 38, 887-898, (2004).

Jacob, J.D., “Heterogeneous chemistry and tropospheric ozone”, *Atmospheric Environment*, 34(12-14), 2131-2159 (2000).

Janhall, S., Molnar, P., Hallquist, M., “Vertical distribution of air pollutants at the Gustavii Cathedral in Göteborg, Sweden”, *Atmospheric Environment*, 37, 209-217, (2003).

van Jaarsveld, J., van Pul, W.A.J., de Leeuw, F.A.A.M., “Modelling transport and deposition of persistent organic pollutants in the European Region”, *Atmospheric Environment*, 31(7), 1011-1024, (1997).

Johnson, M. A., “ISC-Aermod View User’s Guide, Lakes Environmental Software”, *Canada*, ISBN 0-9681806-0-4, (2002).

Jonson, J. E., Bartnicki, J., Olendrzynski, K., Jakobsen, H. A. and Berge, E., “EMEP eulerian model for atmospheric transport and deposition of nitrogen species over Europe”, *Environmental Pollution*, 102(S1), 289-298, (1998).

Kalthoff, N., Corsmeier, U., Schmidt, K., Kottmeier, Ch., Fiedler, F., Habram, M., Slemr, F., “Emissions of the City of Augsburg determined using the mass balance method”, *Atmospheric Environment*, 36(1), 19-31, (2002).

Karacan, N., Gürkan, P., “İnorganik Kimya”, *Palme Yayıncılık*, ISBN: 975-8624-28-8, Ankara, (2002)

Karademir, A., “Tehlikeli atık yakma tesisi dioksin emisyonlarının doğadaki dağılımlarının modellenmesi ve risk değerlendirmesi”, Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, (2002).

Karayolları, Yollar ve Araç Sayıları ile İlgili Veriler, Kişisel Görüşme, (2004).

Kesgin, U., “Study on prediction of the effects of design and operating parameters on NO_x emissions from a leanburn natural gas engine”, *Energy Conversion and Management*, 44, 907-921, (2003).

KMİ, Kocaeli Meteoroloji İstasyonu, Meteorolojik Veriler, Kişisel Görüşme (2002).

Kocaeli İli Belediyeleri, Konut Sayıları ve Yakıt Tüketimleri İle İlgili İstatistik Veriler, Kişisel Görüşme, (2004).

Kocaeli İli Sanayileri, Emisyon Kaynağı ile İlgili Veriler, Kişisel Görüşme, (2004).

Köhler, I., Sausen, R., Reinberger, R., “Contribution of aircraft emissions to the atmospheric NO_x content”, *Atmospheric Environment*, 31(12), 1801-1818, (1997).

Köse, K.S., 2006, “Korelasyon ve regresyon analizi” [online], http://www.toraks.org.tr/mse-ppt-pdf/Kenan_KOSE3.pdf, (Ziyaret tarihi: 13.07.2006).

KSO, Kocaeli Sanayi Odası, Sanayi Tesisleri ile İlgili Veriler, Kişisel Görüşme, (2004).

Kunhikrishnan, T., Lawrance, M.G., Kuhlmann R.V., Richter, A., Ladstatter-Weissenmayer, A., Burrows, J.P., “Analysis of tropospheric NO_x over Asia using the model of atmospheric transport and chemistry (MATCH-MPIC) and GOME-Satellite observations”, *Atmospheric Environment*, 38, 581-596. (2004).

Kurvits, T. and Marta, T., “Agricultural NH₃ and NO_x emissions in Canada”, *Environmental Pollution*, 102(S1), 187-194, (1998).

Loibl, W., Orthofer, R., “From national emission totals to regional ambient air quality information for Austria”, *Advances in Environmental Research*, 5, 395-404, (2001).

Lorber, M., Eschenroeder, A., Robinson, R., “Testing the US EPA’s ISCST-version 3 model on dioxins: a comparison of predicted and observed air and soil concentrations”, *Atmospheric Environment*, 34, 3995-4010, (2000).

Lutgens, F.K., Tarbuck, E.J., “The Atmosphere”, Seventh Edition, *Printed in the United States of America*, ISBN: 0-13-776303-4, (1998).

Mayer, H., “Air pollution in cities”, *Atmospheric Environment*, 33, 4029-4037, (1999).

Meijer, E.W., Van Velthoven, P. F. J., Brunner, D.W., Huntrieser, H., Kelder, H., “Improvement and evaluation of the parameterisation of nitrogen oxide production by lightning”, *Phys. Chem. Earth (C)*, 26(8), 577-583, (2001).

Mitra, A.P., Morawska, L., Sharma, C., Zhang, J., “Chapter two: methodologies for characterisation of combustion sources and for quantification of their emissions”, *Chemosphere*, 49, 903-922 (2002).

Moore, T.C., Sullivan, L.J., Roelle, P.A., Aneja, V.P., “Vertical distribution of oxides of nitrogen in the semi-urban planetary boundary layer: mixing ratios, sources and transport”, *Chemosphere-Global Change Science*, 3, 7-23, (2001).

Moschandreas, D.J., Watson, J., D’Abreton, P., Scire, J., Zhu, T., Klein, W., Saksena, S., “Chapter three: methodology of exposure modeling”, *Chemosphere*, 49, 923-946 (2002).

Mukherjee, P., Viswanathan, S., Choon, L. C., “Modeling mobile source emissions in presence of stationary sources”, *Journal of Hazardous Materials*, A76, 23-37, (2000).

Müezzinoğlu, A., 2003. “Atmosfer Kimyası”, *Dokuz Eylül Mühendislik Fakültesi Yayınları*, 305, (2003).

Muezzinoğlu, A., Elbir, T., Bayram, A., “Air quality management in Izmir Region of Turkey as required by clean air plans”, *Water, Air and Soil Pollution*, 3, 307-323, (2003).

Müezzinoğlu, A., “Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları”, *Dokuz Eylül Yayınları*, ISBN: 975-6981-36-9, (2004).

Nevers, N., “Air Pollution Control Engineering”, *McGraw-Hill International Editions*, (1993).

Nurrahim, A., Sakugawa, H., “A fuel-based inventory of NO_x and SO₂ emissions from manufacturing industries in Hiroshima prefecture, Japan”, *Applied Energy*, 78, 355-369 (2004).

Olivier, J. G. J., Bouwman, A. F., Hoek, V. and Berdowski, J. J. M., “Global air emission inventories for anthropogenic sources of NO_x, NH₃ and N₂O in 1990”, *Environmental Pollution*, 102(S1), 135-148, (1998).

Ölmez, E., “Muğla İli Hava Kirliliği Emisyon Envanteri”, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*, Proje, İzmir, (1998).

Pekey, B., “İzmit Körfezi yağ ve kuru çökeltme örneklerinde polisiklik aromatik hidrokarbonlar: kaynakları, seviye tespiti ve zamana göre değişimleri, Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, (2004).

Placet, M., Mann, C.O., Gilbert, R.O., Niefer, M.J., “Emissions of ozone precursors from stationary sources: A critical review”, *Atmospheric Environment*, 34, 2183-2204, (2000).

Powe, N.A., Willis, K.G., “Mortality and morbidity benefits of air pollution (SO₂ and PM₁₀) absorption attributable to woodland in Britain”, *Journal of Environmental Management*, 70, 119-128, (2004).

Rabl, A., “Environmental benefits of natural gas for buses”, *Transportation Research Part D*, 7, 391-405, (2002).

Raga, G.B., Baumgardner, D., Castro, T., Martinez-Arroyo, A., Navarro-Gonzalez, R., “Mexico City air quality: a qualitative review of gas and aerosol measurements (1960-2000)”, *Atmospheric Environment*, 35, 4041-4058, (2001).

Radojevic, M., “Reduction of nitrogen oxides in flue gases”, *Environmental Pollution*, 102 (S1), 685-689, (1998).

Romano, D., Bernetti, A., Lauretis, R. D., “Different methodologies to quantify uncertainties of air emissions”, *Environment International*, 30, 1099-1107, (2004).

RSHM, “Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı, *Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü*, 60 sayfa, (2004).

Saija, S., Romano, D., “A methodology for the estimation of road transport air emissions in urban areas of Italy”, *Atmospheric Environment*, 36, 5377-5383, (2002).

Saitanis, C.J., “Backround ozone monitoring and phytodetection in the greater rural area of Corinth-Greece”, *Chemosphere*, 51, 913-923, (2003).

Schnelle, K.B., Brown, C.A., “Air Pollution Control Technology Handbook”, *CRC Pres*, ISBN: 0-8493-9588-7, (2002).

Scott, H. M., Soskolne, C. L., Martin, S. W., Ellehoj, E. A., Coppock, R. W., Guidotti, T. L., Lissemore, K. D., “Comporison of two atmospheric-dispersion models to assess farm-site exposure to sour-gas processing-plant emissions”, *Preventive Veterinary Medicine*, 57, 15-34, (2003).

Shore, M., “Policy challenges and solutions for implementing year-round NO_x reductions”, *Environmental Defense*, 186 Pearson Street Asheville, NC 28801, (2003).

Sodhi, G., “Fundamental Concepts of Environmental Chemistry”, *Alpha Science International Ltd.*, ISBN: 1-84265-012-2, (2000).

Sofuoğlu, A., 2006, *Hava kirliliği*, [online], <http://vizyon2023.tubitak.gov.tr/teknolojiongorusu/paneller/cevresurdurulebilirlikalkinma/raporlar/son/EK-6.pdf>, (Ziyaret tarihi: 21.02.2006).

Sonibare, J.A., Akeredolu, F.A., “A theoretical prediction of non-methane gaseous emissions from natural gas combustion” *Energy Policy*, 32, 1653–1665, (2004).

Stockwell, W. R., Watson, J. G., Robinson, N. F., Steiner, W., Sylte, W. W., “The ammonium nitrate particle equivalent of NO_x emissions for wintertime conditions in central California’s San Joaquin Valley”, *Atmospheric Environment*, 34, 4711-4717, (2000).

Taşpınar, F., “İzmit klinik ve tehlikeli atıkları yakma ve enerji üretim tesisi’nden atmosfere verilen azot oksit (NO_x) emisyonlarının modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, (2002).

TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, “Kocaeli İli Çevre Durum Raporu”, (2003).

TC Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, “Yakıt Tüketimleri ile İlgili İstatistik Veriler”, Kişisel Görüşme, (2004).

Tecer, L., “İstanbul kenti fotokimyasal smog mekanizmasının modellenmesi”, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, Sivas, (2000).

Toros, H., 2000, *Istanbul’da asit yağışları kaynakları ve etkileri*, Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, [online], <http://www3.itu.edu.tr/~toros/hava>, (Ziyaret tarihi: 23.02.2006).

Tünay, O., Alp, K., “Endüstride Emisyon Envanterlerinin Uygulama Esasları, **II. Hava Kirlenmesi, Modellemesi ve Kontrolü Sempozyumu’95**”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak-İstanbul, (1995).

Tünay, O., Alp, K., “Hava Kirlenmesi Kontrolü”, **İstanbul Ticaret Odası** Yayın No: 1996-36, İstanbul, (1996).

USEPA, “User’s guide for the industrial source complex (ISC3) dispersion models”, EPA-454/B-95-00b, NC, (1995).

USEPA, “Technology transfer network clearinghouse for inventories & emission factors”, (1996).

USEPA, “Procedures for preparing emission factor documents”, Office of Air Quality Planning and Standards **U.S. Environmental Protection Agency**, Research Triangle Park, NC, (1997).

USEPA, “Technology transfer network clearinghouse for inventories & emission factors”, Fifth Edition, (1998b).

USEPA, (1998a), *How nitrogen oxides affect the way we live and breathe*, [online], <http://www.epa.gov/oar/noxfldr.pdf>, (**Ziyaret tarihi: 20.04.2005**).

USEPA, “PCRAMMET User’s Guide”, EPA-454/B-96-001b, **Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring and Analysis Division**, Research Triangle Park, NC, (1999).

USEPA, “Guideline on air quality models: adoption of a preferred long range transport model and other revisions; final rule”, 40 CFR Part 51, 68(72), (2003).

USEPA, (2005), *What are the six common air pollutants?*, [online], <http://www.epa.gov/urbanair/6poll.html>, (**Ziyaret tarihi:20.04.2005**).

Uyar, T., “Genel Kimya”, **Palme Yayıncılık**, ISBN: 975-7477-10-9, Ankara, (1994).

Uyar, T.S., (2004), *Yenilenebilir enerji*, [online], <http://www.bugday.org/article.php?ID=79>, (**Ziyaret tarihi: 21.02.2006**).

Vassilakos, Ch., Saraga, D., Maggos, Th., Michopoulos, J., Pateraki, S., Helmis, C.G., “Temporal variations of PM_{2.5} in the ambient air of a suburban site in Athens, Greece”, **Science of the Total Environment**, 349, 223-231, (2005).

Vural, N., “Toksikoloji”, **Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları**, 73, ISBN: 975-482-289-1, Ankara, (1996).

Walton, S., Gallagher, M.W., Choularton, T.W., Duyzer, J., “Ozone and NO₂ exchange to fruit orchards”, **Atmospheric Environment**, 31 (17), 2767-2776, (1997).

Watanabe, I., Nakanishi, M., Tomita, J., Hatakeyama, S., Murano, K., Mukai, H. and Bandou, H., "Atmospheric peroxyacyl nitrates in urban/remote sites and the lower troposphere around Japan", *Environmental Pollution*, 102(S1), 253-261, (1998).

Wesely, M.L., Hicks, B.B., "A review of the current status of knowledge on dry deposition", *Atmospheric Environment*, 34, 2261-2282, (2000).

WHO, (2005), *Air quality guidelines global update 2005, report on a working group meeting, Bonn, Germany*, [online], <http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf>, **(Ziyaret Tarihi: 28.02.2006)**.

WHO, (2000), *Air quality guidelines for Europe, second edition, WHO regional publications, European series, No:91*, [online], <http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>, **(Ziyaret Tarihi: 28.02.2006)**.

Yang, H.H., Hsieh, L.T., Cheng, S.K., "Determination of atmospheric nitrate particulate size distribution and dry deposition velocity for three distinct area", *Chemosphere*, 60(10), 1447-1453, (2005).

Yegnan, A., Williamson D. G., Graettinger, A. J., "Uncertainty analysis in air dispersion modeling", *Environmental Modelling & Software*, 17, 639-649, (2002).

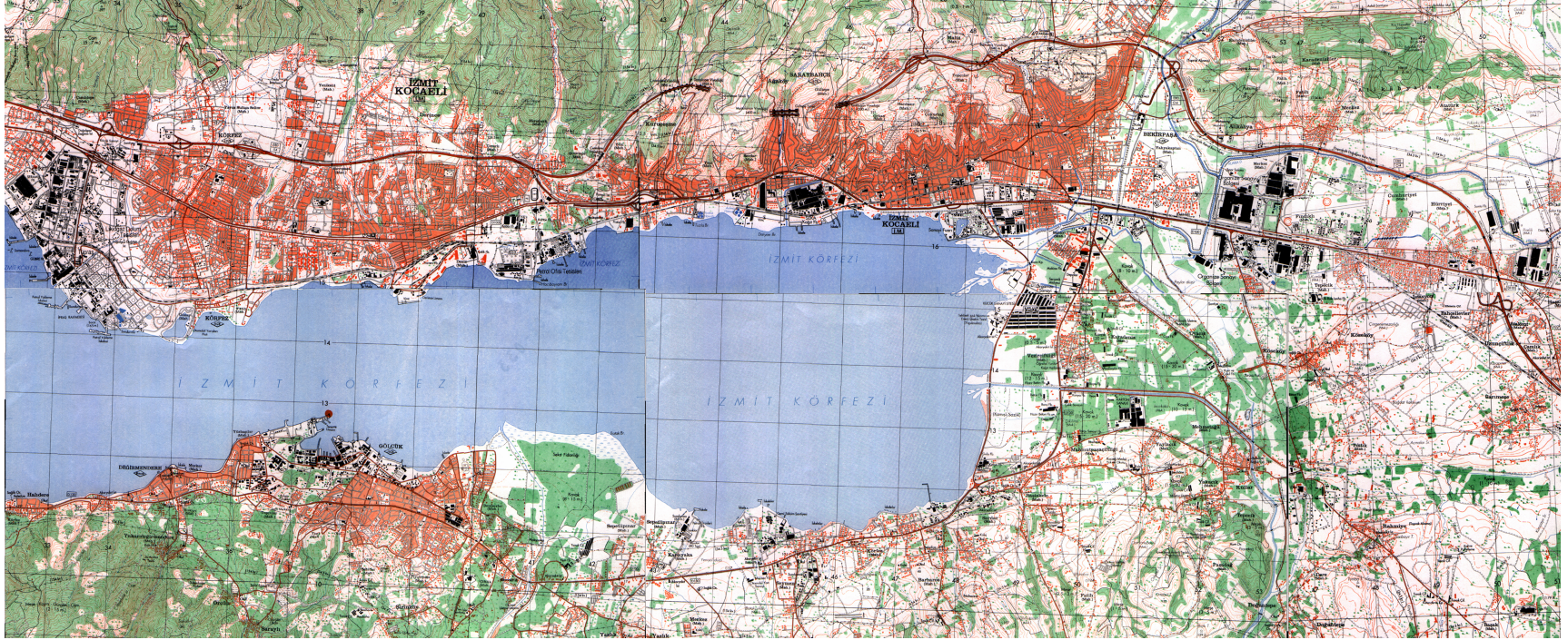
Yoshida, K., Ikeda, S., Nakanishi, J., Nobuyuki, T., "Validation of modelling approach to evaluate congener specific concentrations of polychlorinated dibenzo-para-dioxins and polychlorinated dibenzofurans in air and soil waste incinerator", *Chemosphere*, 45, 1209-1217, (2001).

Zapletal, M., "Atmospheric deposition of nitrogen compounds in the Czech Republic", *Environmental Pollution*, 102 (S1), 305-311, (1998).

Zemba, S. G., Green, L. C., Crouch, E.A.C., Lester, R.R., "Quantitative risk assessment of stack emissions from municipal waste combustors", *Journal of Hazardous Materials*, 47, 229-275, (1996).

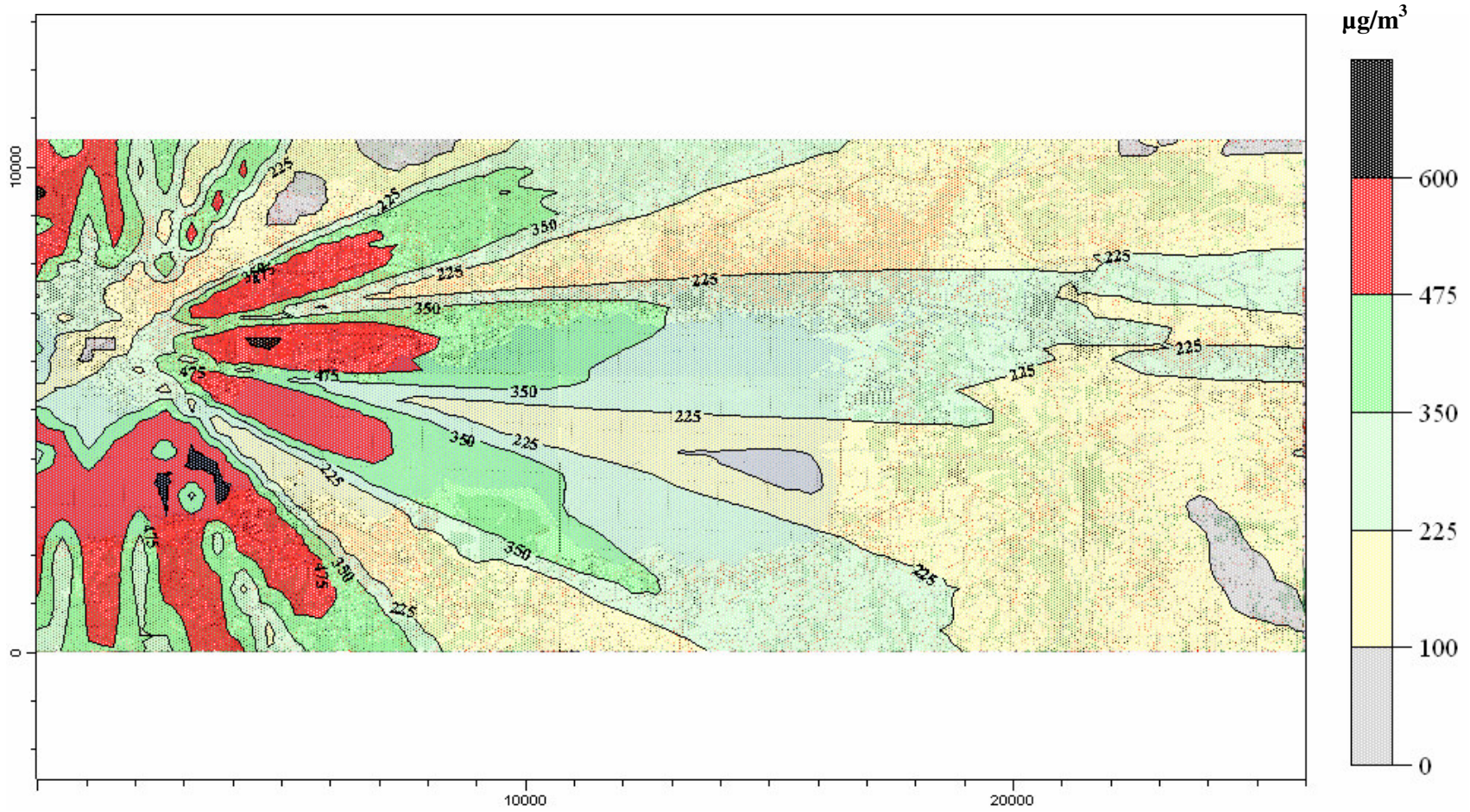
Zhang, J., Morawska, L., "Combustion sources of particles: 2. emission factors and measurement methods", *Chemosphere*, 49, 1059-1074, (2002).

EK-1 (Çalışma Alanı)

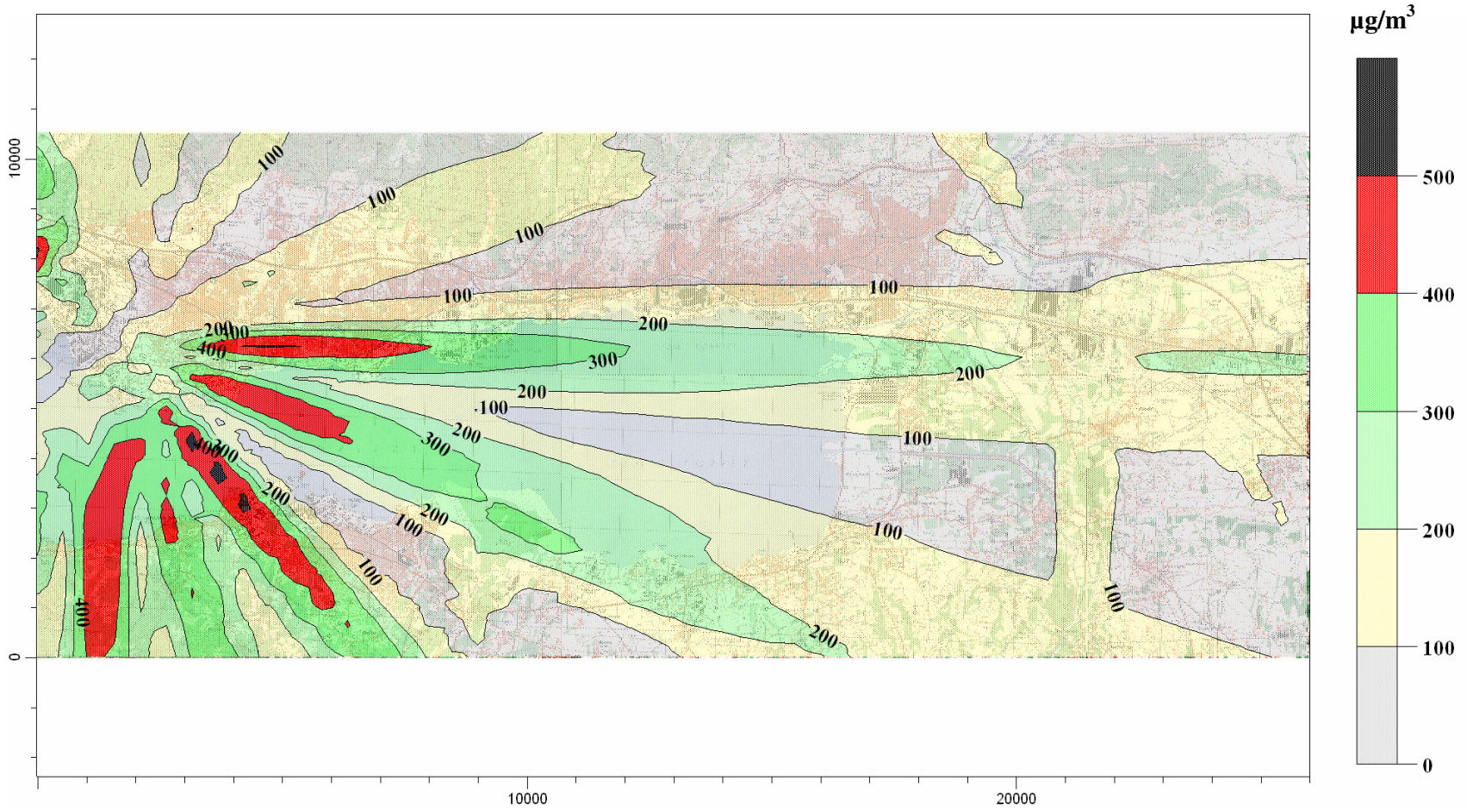


EK-2 (Model Çıktıları)

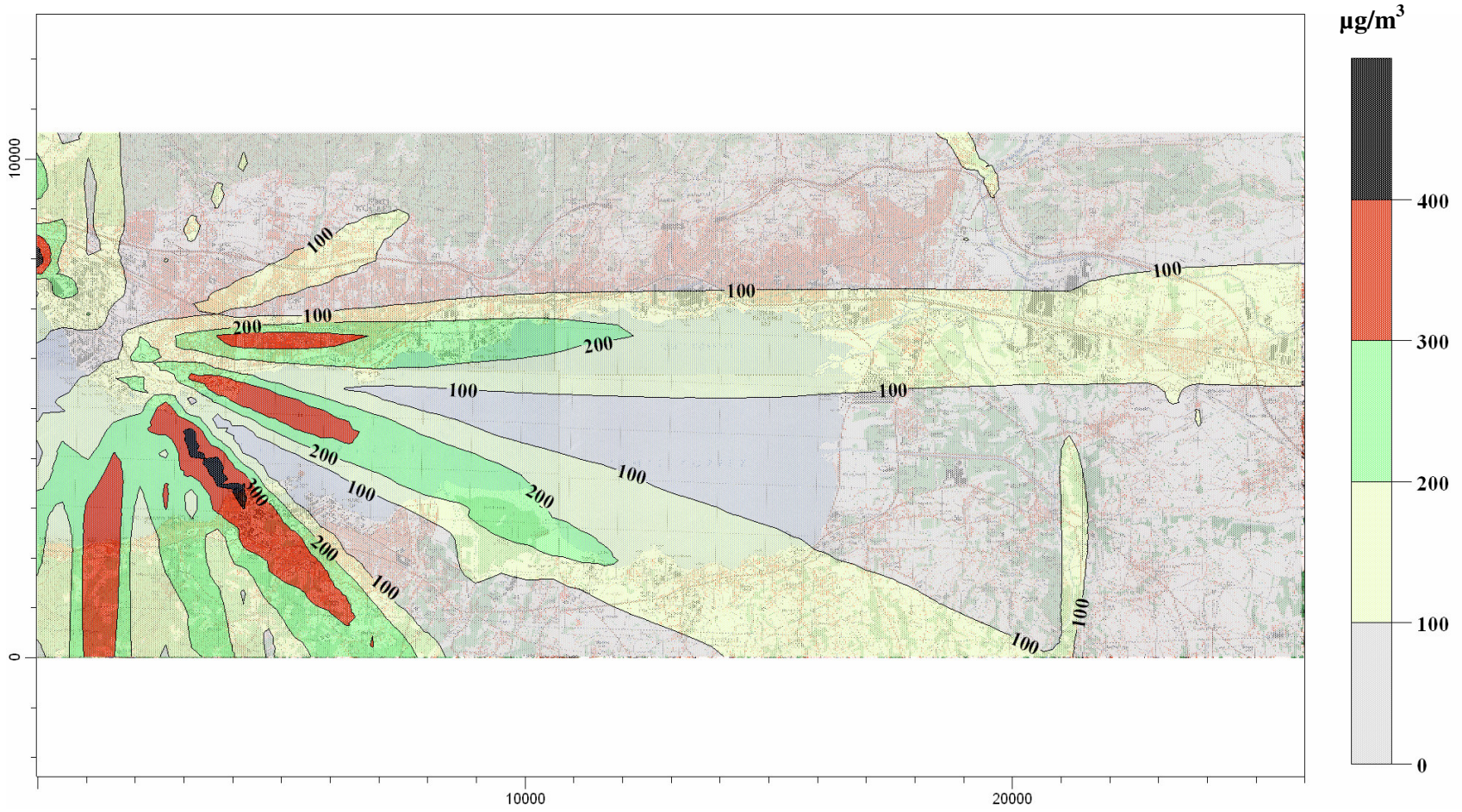
Şekil 1. Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için 1 saatlik dağılım grafiği.....	303
Şekil 2. Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için 3 saatlik dağılım grafiği.....	304
Şekil 3. Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için 6 saatlik dağılım grafiği.....	305
Şekil 4. Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için 12 saatlik dağılım grafiği.....	306
Şekil 5. Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için 1 saatlik dağılım grafiği	307
Şekil 6. Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için 3 saatlik dağılım grafiği	308
Şekil 7. Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için 6 saatlik dağılım grafiği	309
Şekil 8. Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için 12 saatlik dağılım grafiği	310
Şekil 9. Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için 1 saatlik dağılım grafiği ...	311
Şekil 10. Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için 3 saatlik dağılım grafiği ...	312
Şekil 11. Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için 6 saatlik dağılım grafiği ...	313
Şekil 12. Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için 12 saatlik dağılım grafiği .	314
Şekil 13. Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için 24 saatlik dağılım grafiği .	315
Şekil 14. Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için aylık dağılım grafiği.....	316
Şekil 15. Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için 1 saatlik dağılım grafiği.....	317
Şekil 16. Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için 3 saatlik dağılım grafiği.....	318
Şekil 17. Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için 6 saatlik dağılım grafiği.....	319
Şekil 18. Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için 12 saatlik dağılım grafiği....	320
Şekil 19. Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için 24 saatlik dağılım grafiği....	321
Şekil 20. Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için aylık dağılım grafiği.....	322



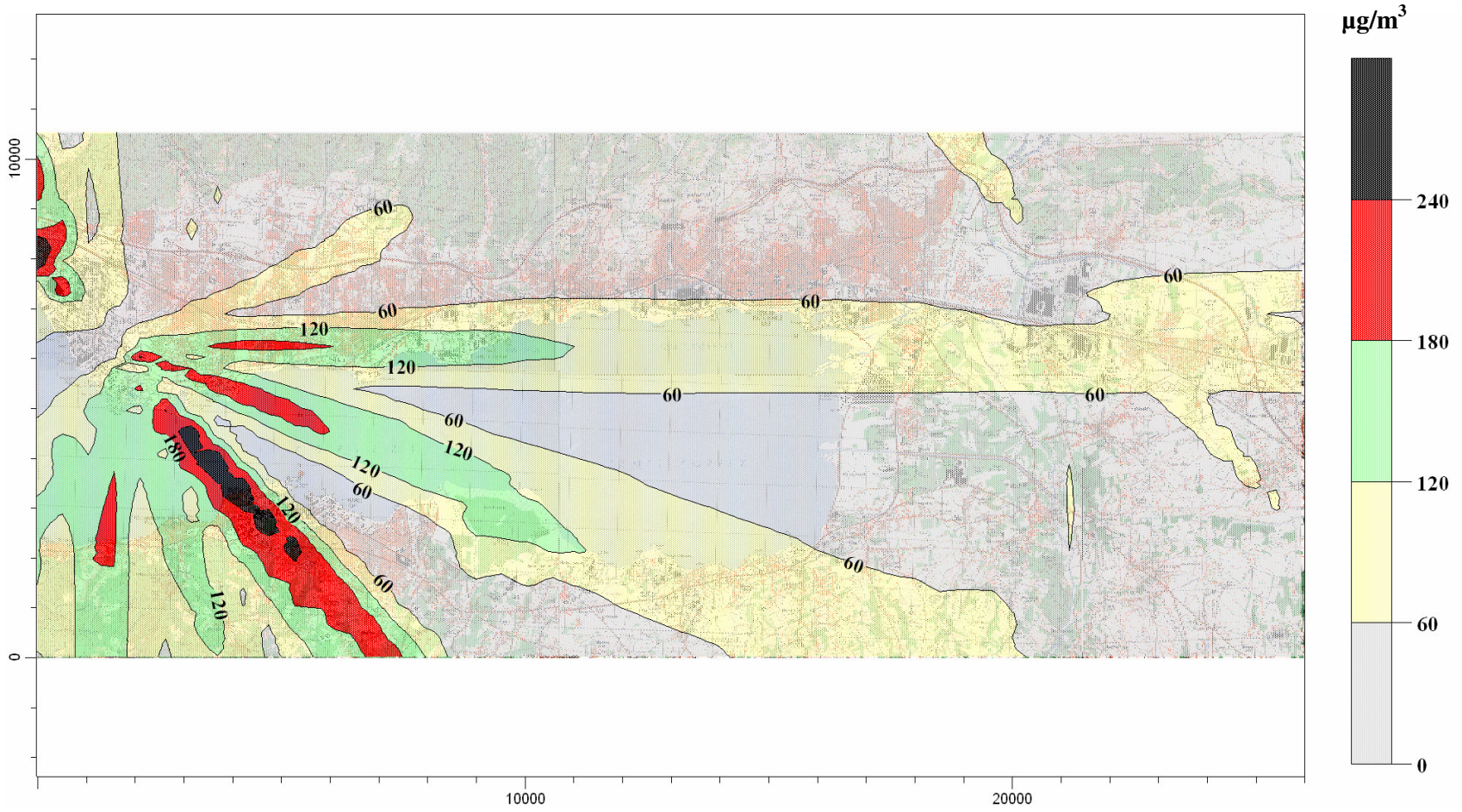
Şekil 1: Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için 1 saatlik dağılım grafiği



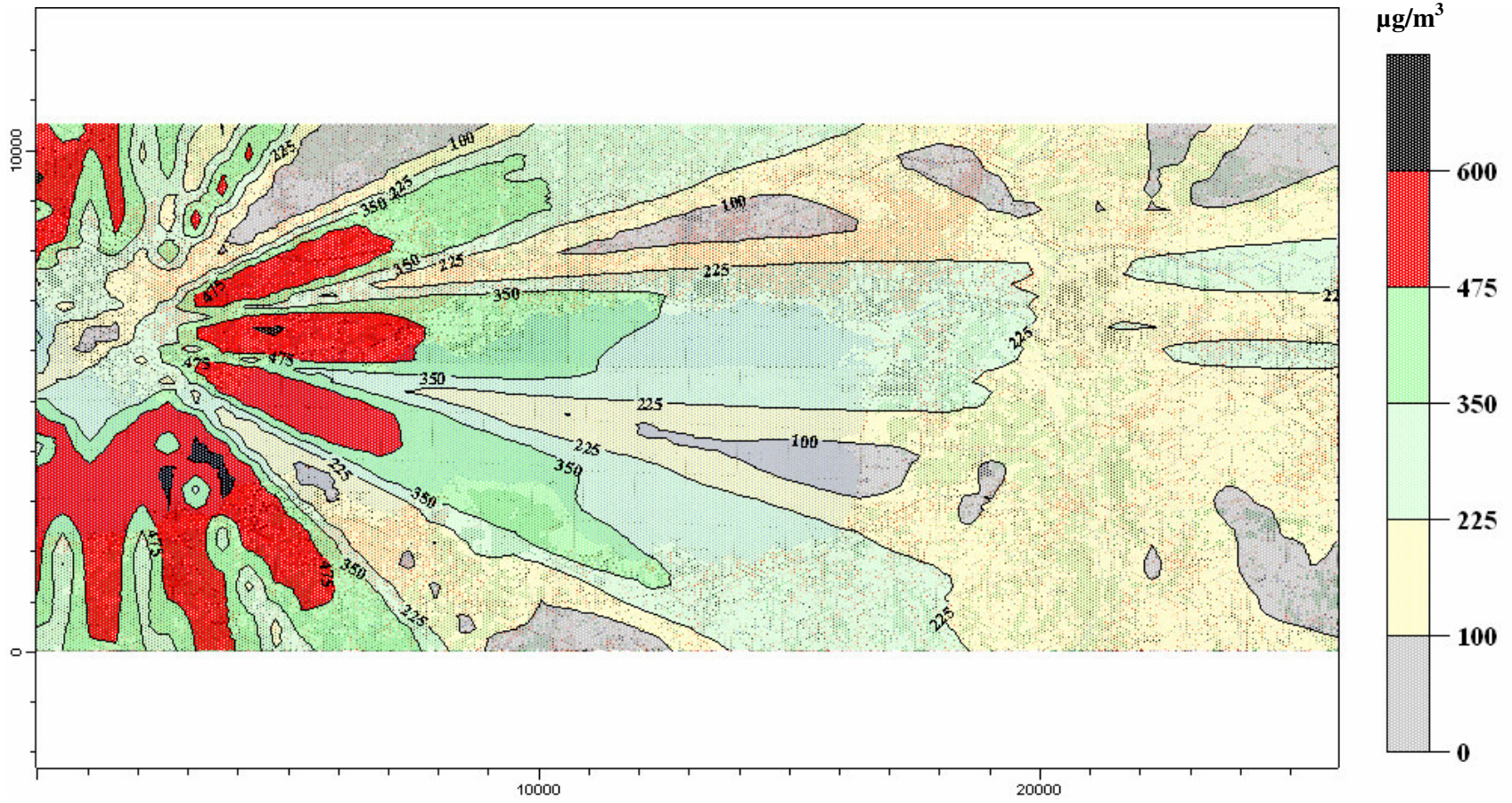
Şekil 2: Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için 3 saatlik dağılım grafiği



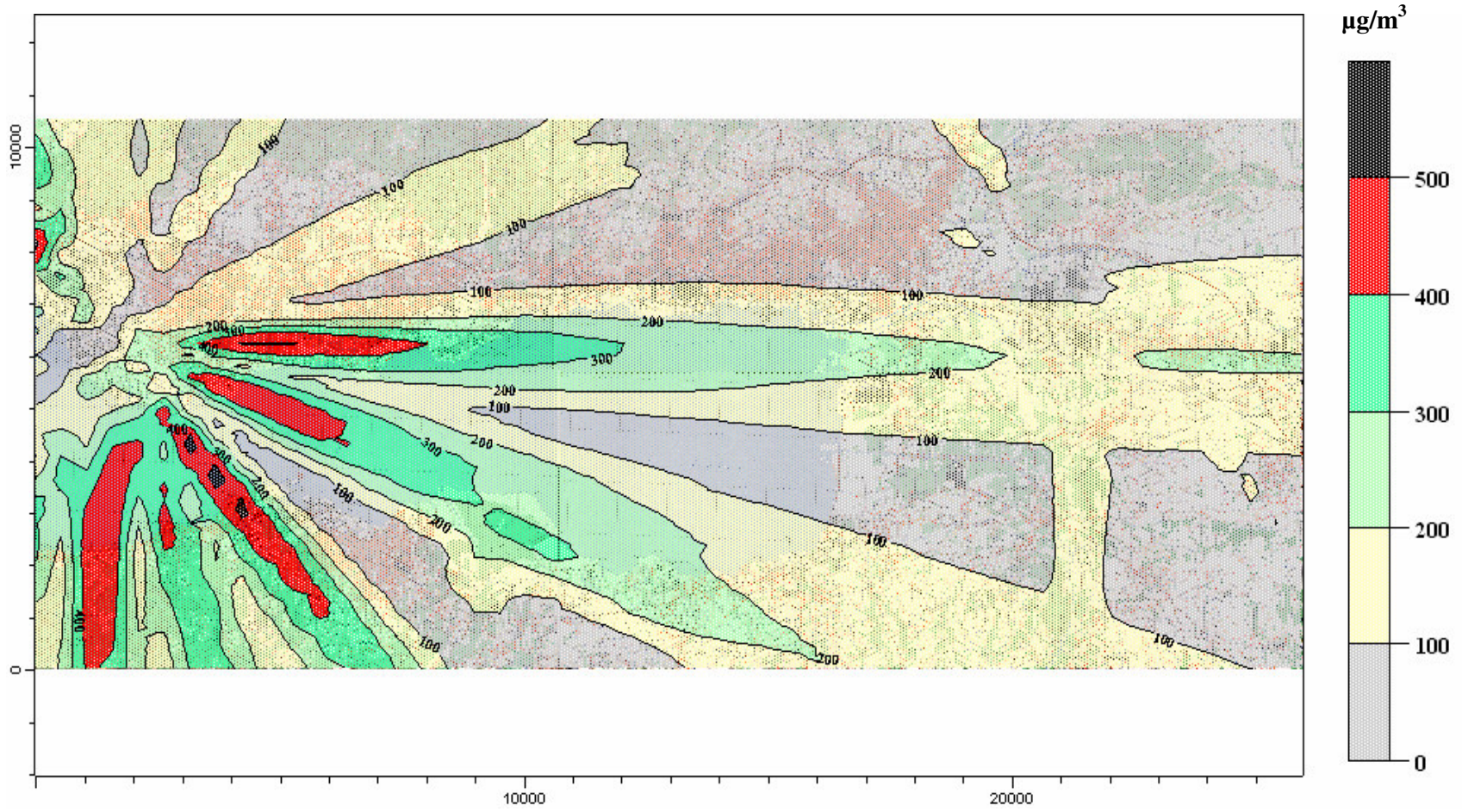
Şekil 3: Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için 6 saatlik dağılım grafiği



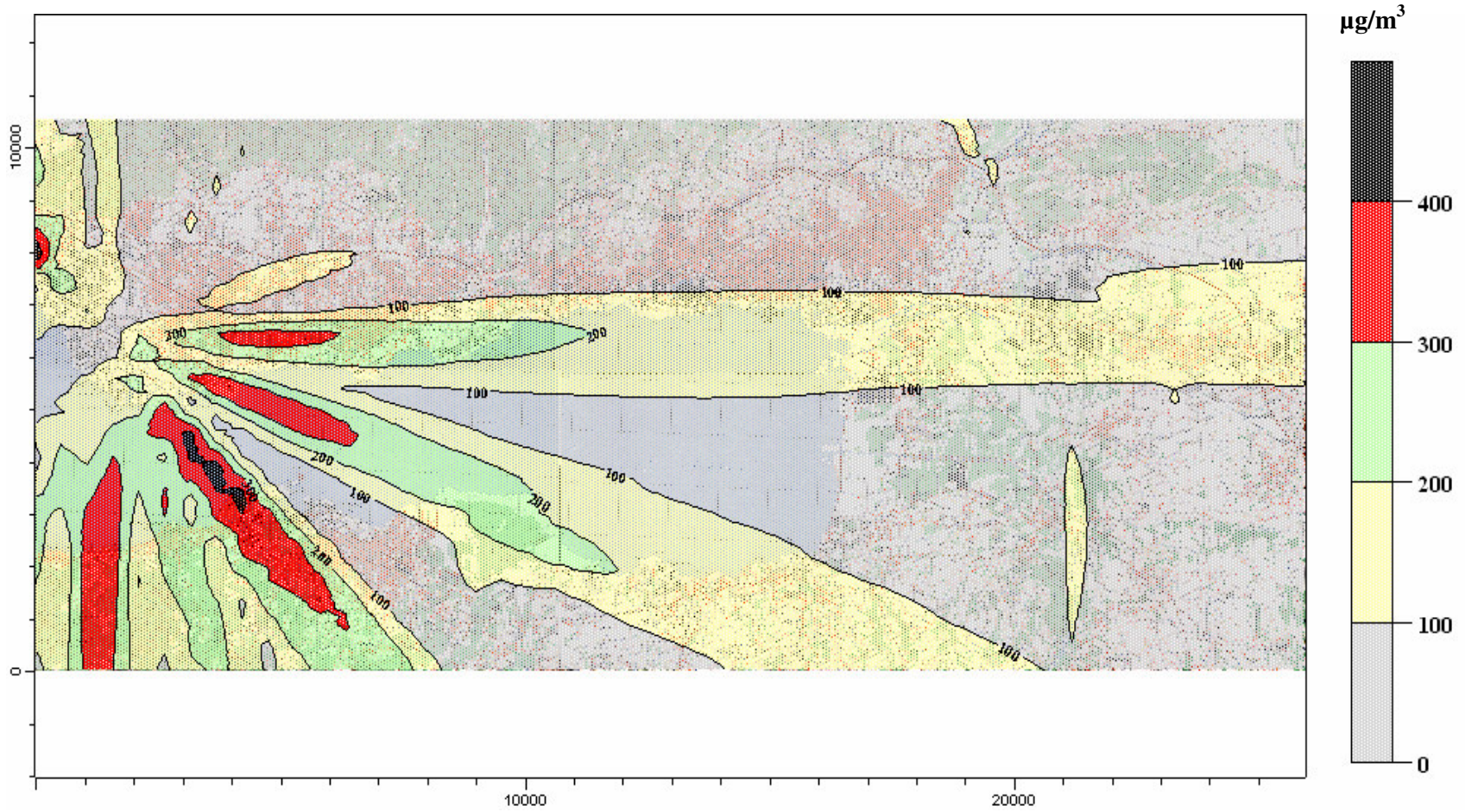
Şekil 4: Konsantrasyon seçeneğinde tüm kirletici kaynakları için 12 saatlik dağılım grafiği



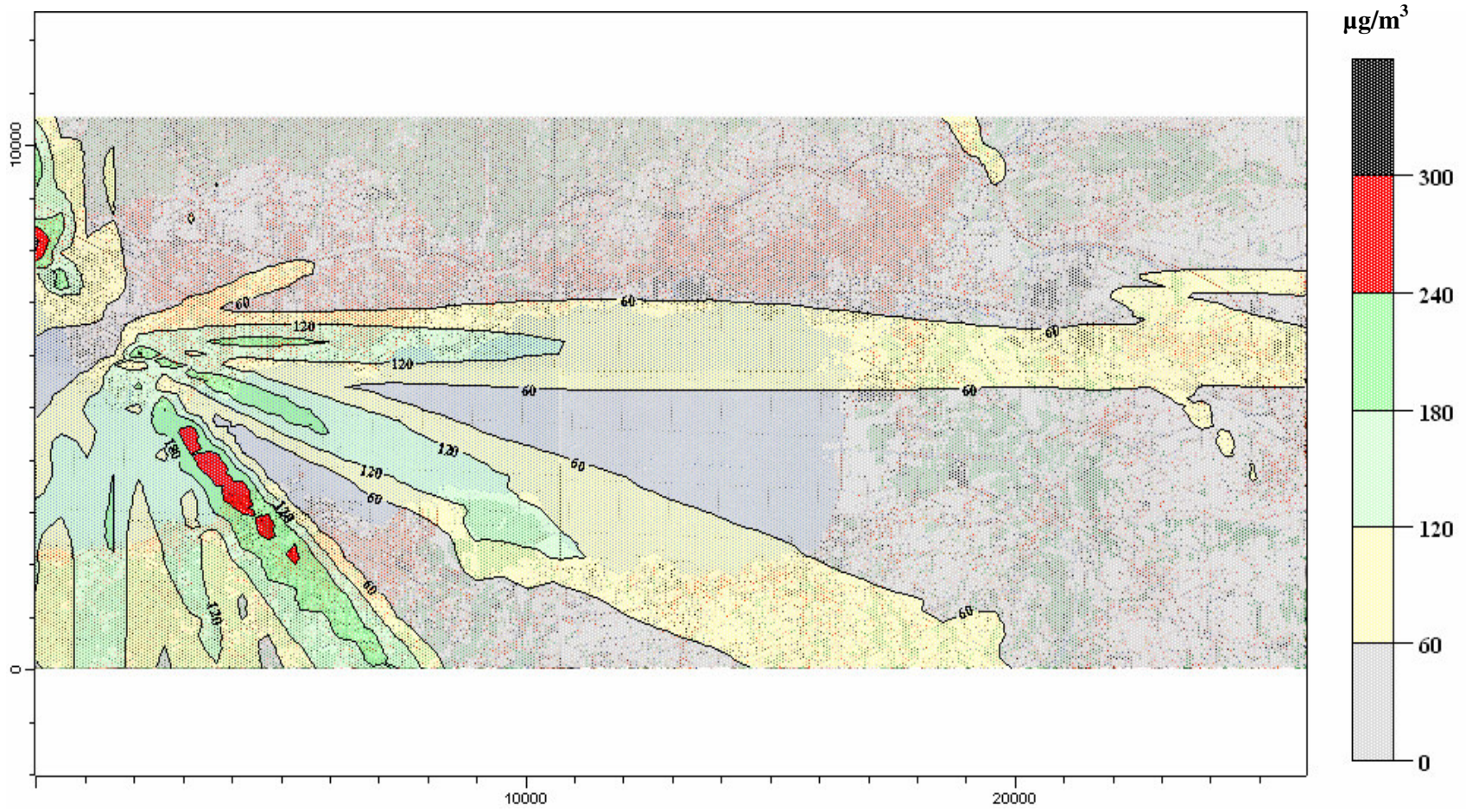
Şekil 5: Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için 1 saatlik dağılım grafiği



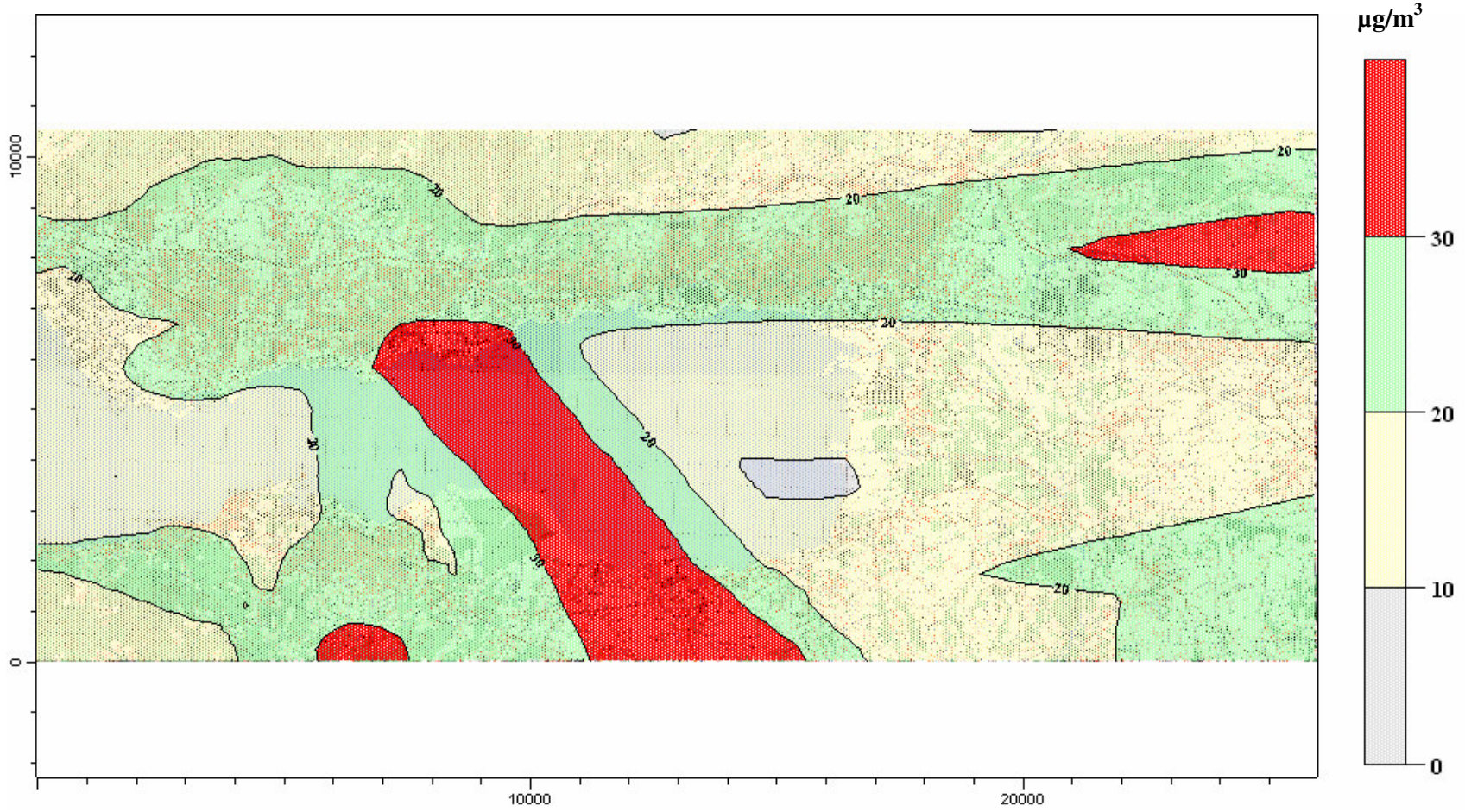
Şekil 6: Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için 3 saatlik dağılım grafiği



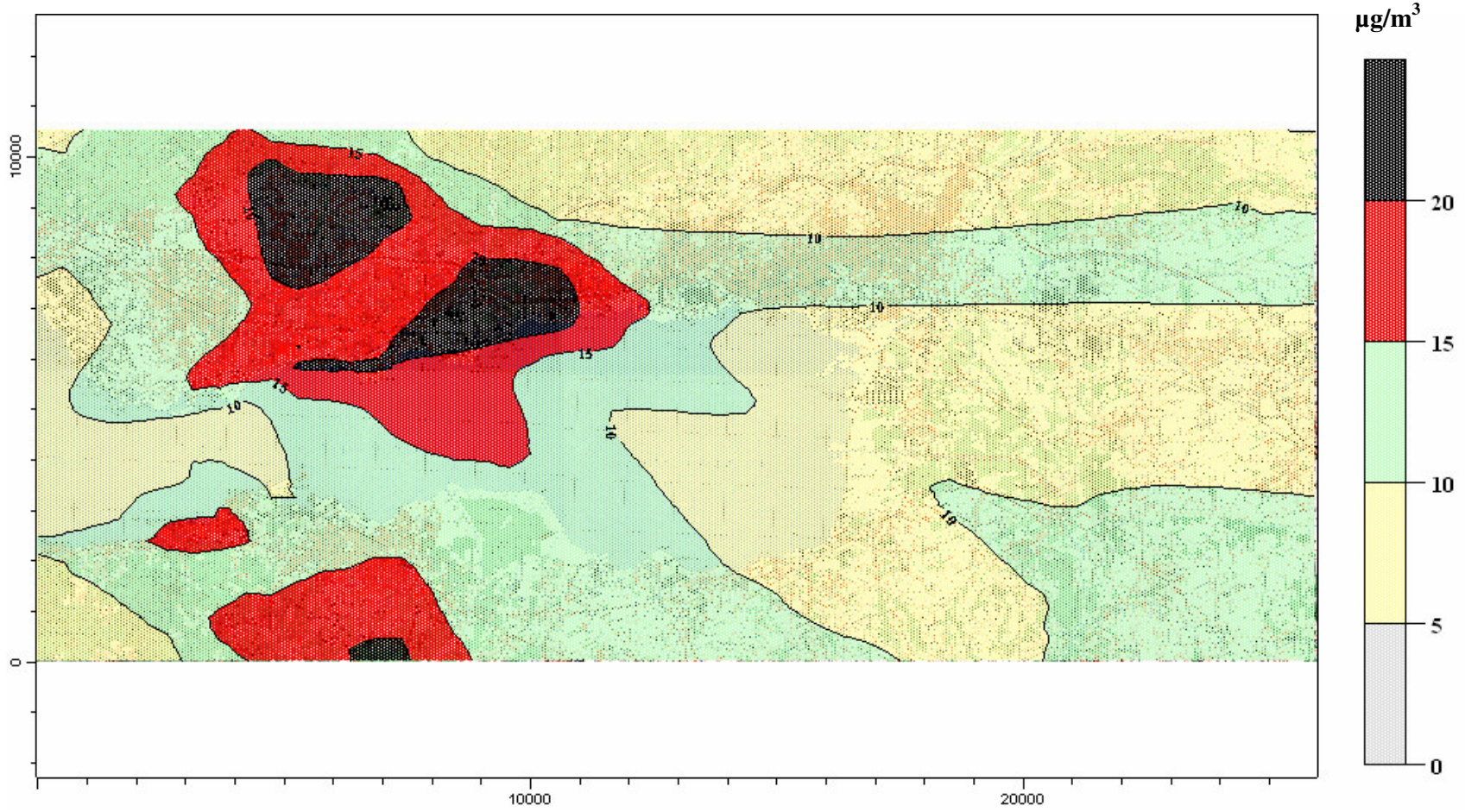
Şekil 7: Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için 6 saatlik dağılım grafiği



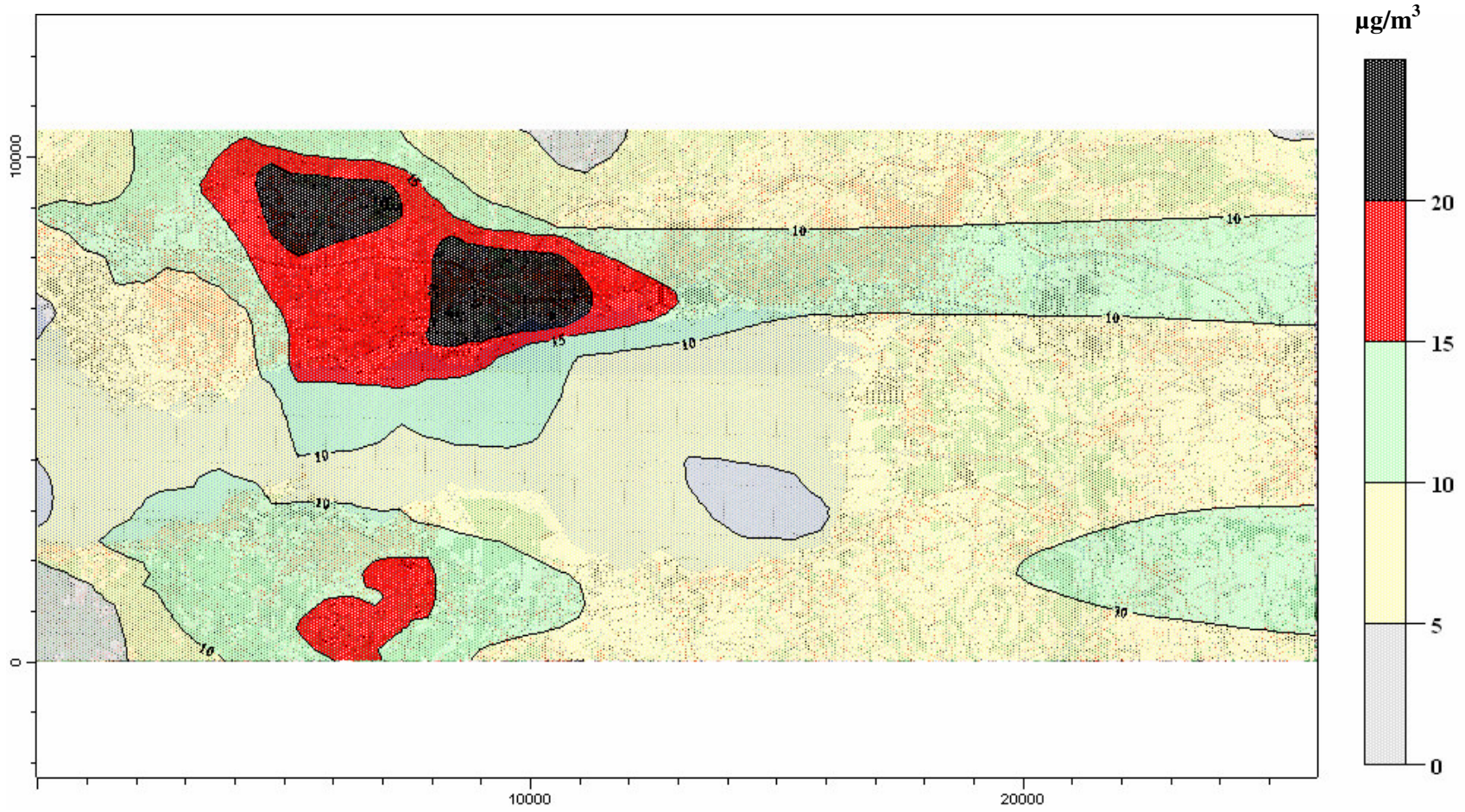
Şekil 8: Konsantrasyon seçeneğinde sanayi tesisleri için 12 saatlik dağılım grafiği



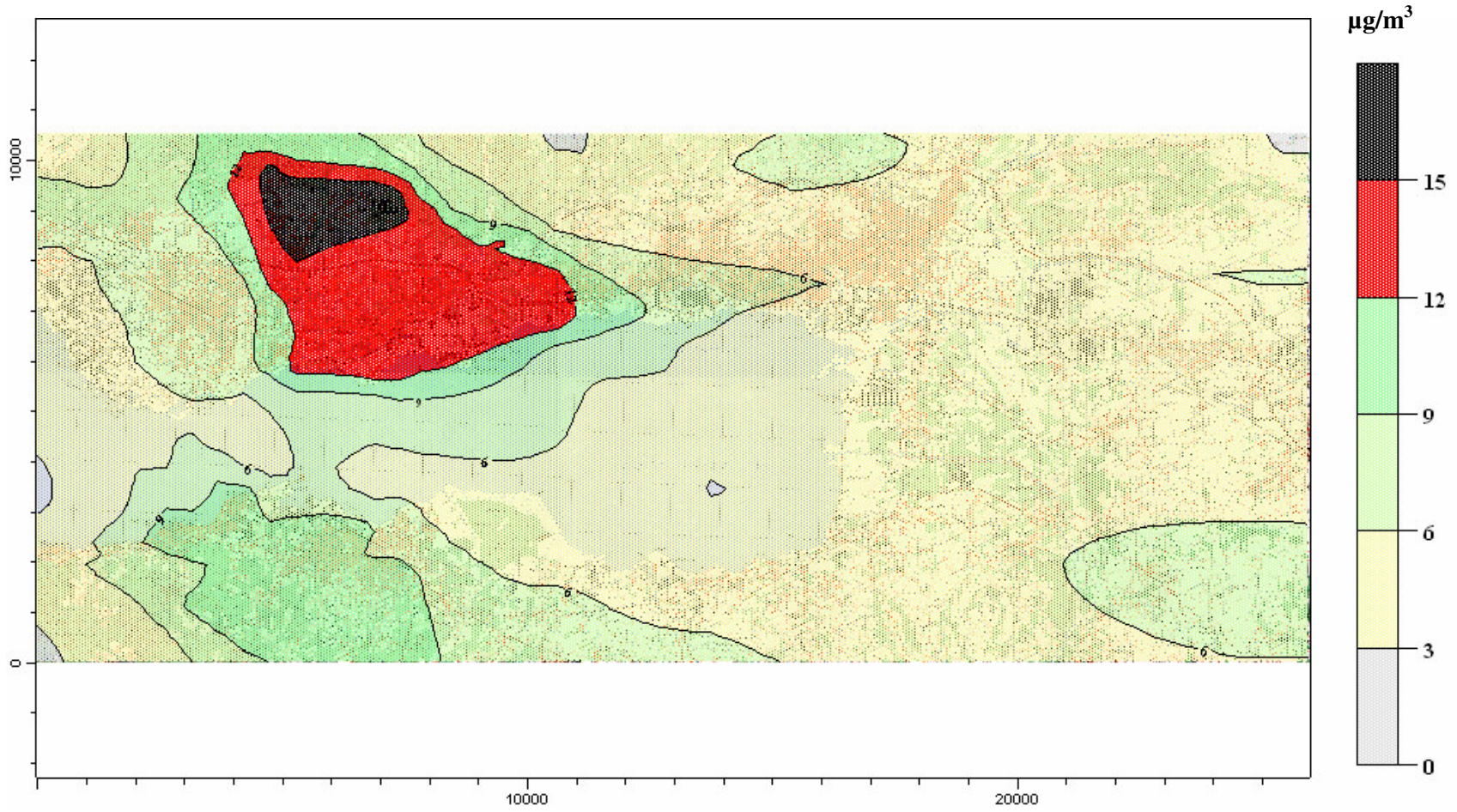
Şekil 9: Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için 1 saatlik dağılım grafiği



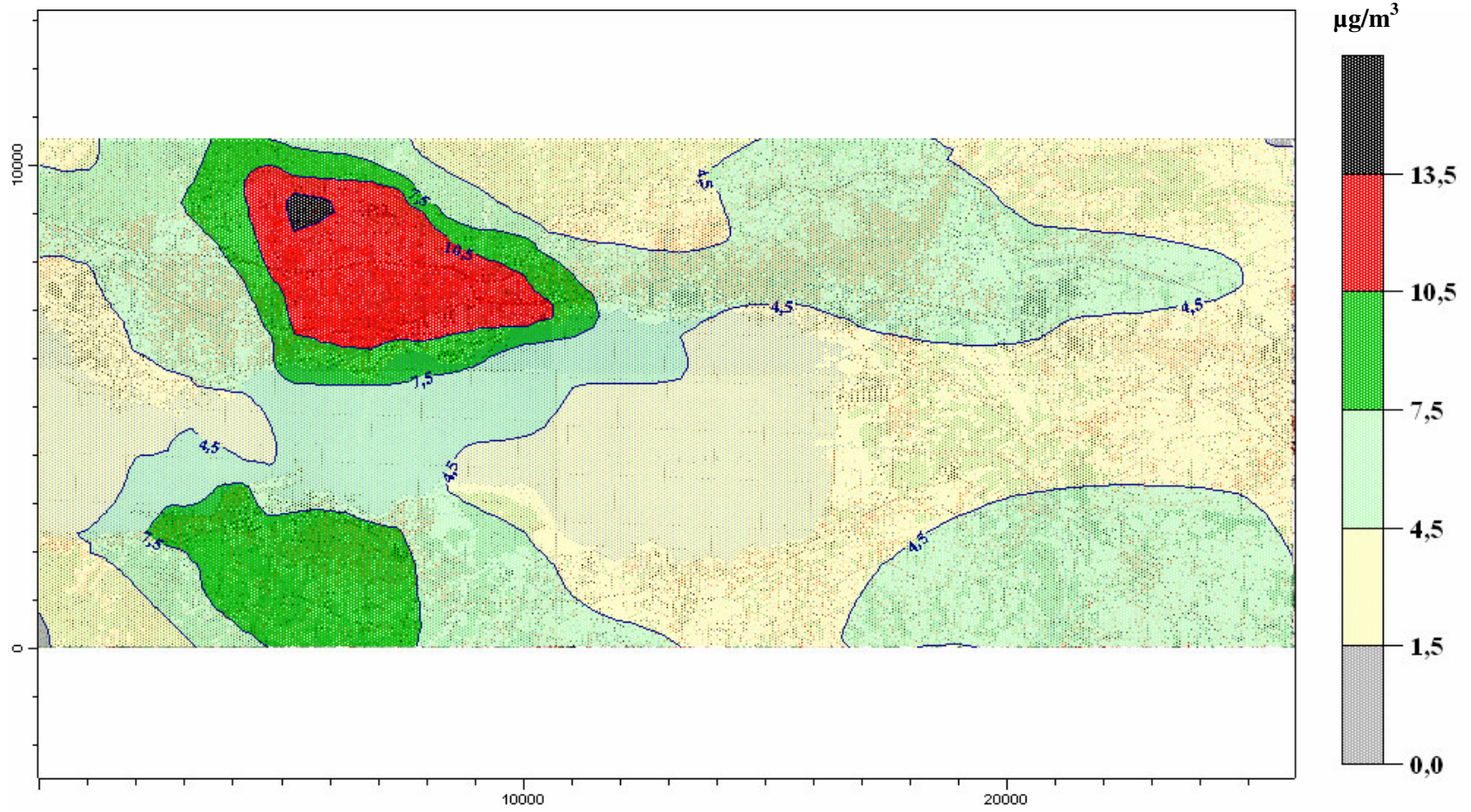
Şekil 10: Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için 3 saatlik dağılım grafiği



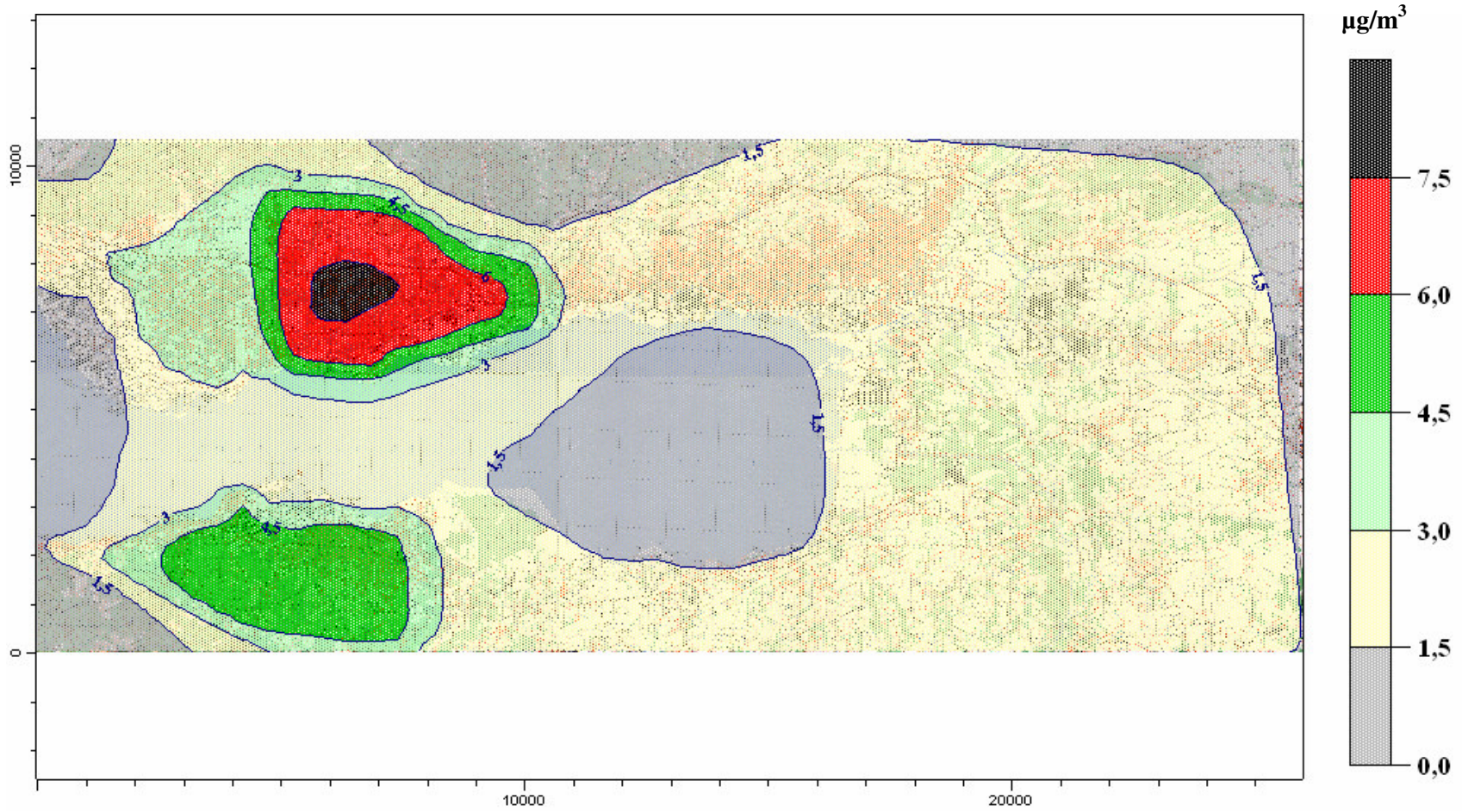
Şekil 11: Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için 6 saatlik dağılım grafiği



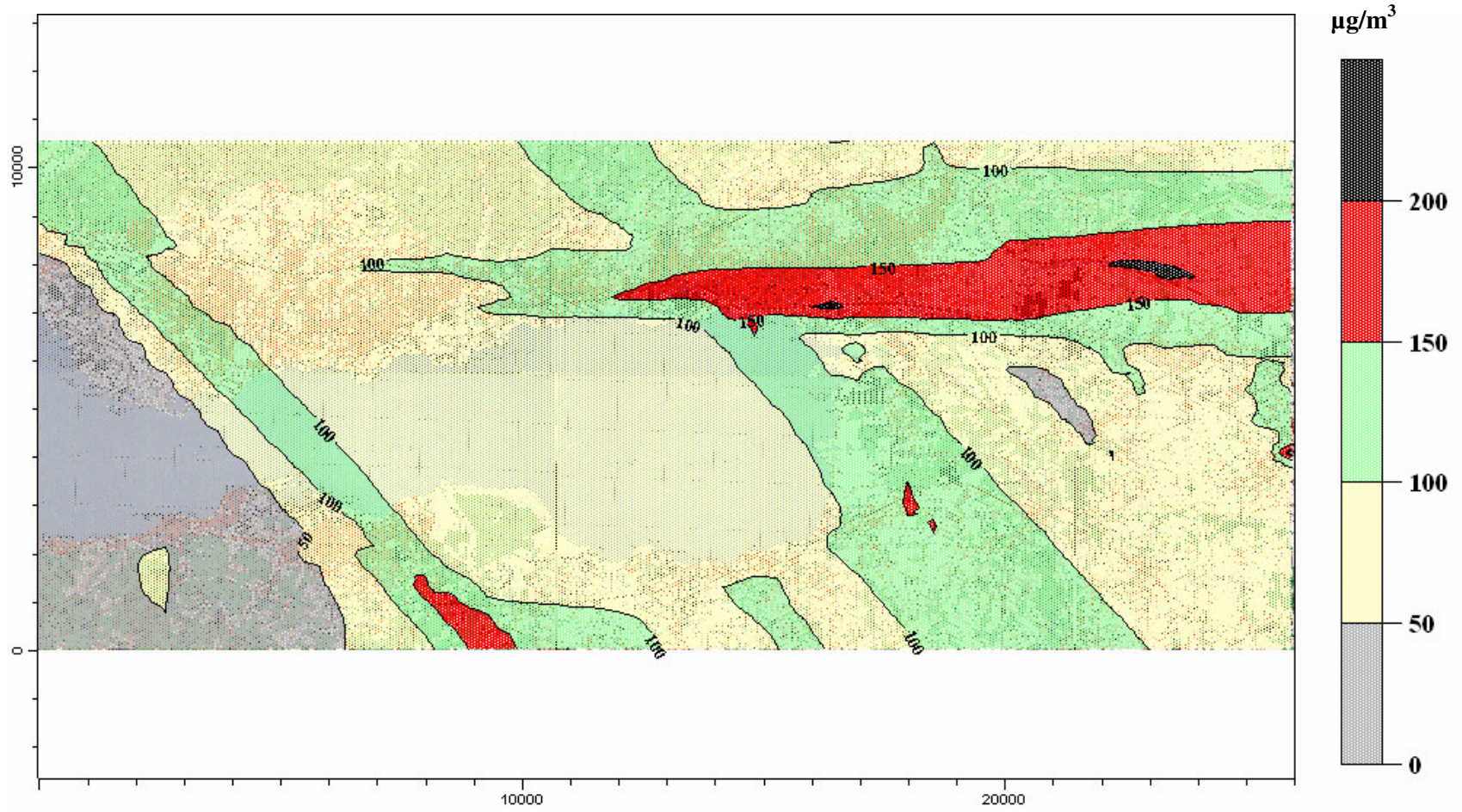
Şekil 12: Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için 12 saatlik dağılım grafiği



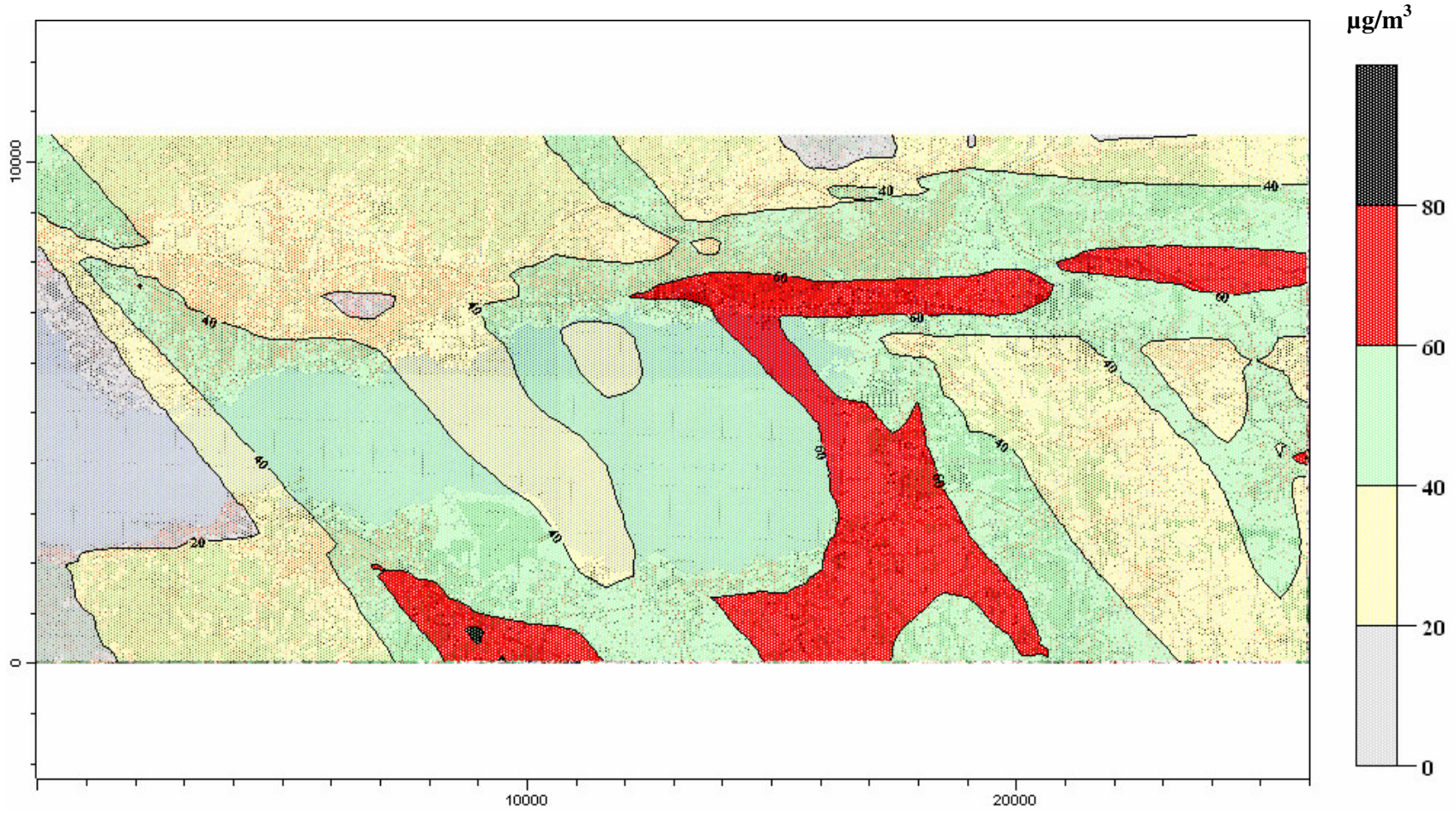
Şekil 13: Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için 24 saatlik dağılım grafiği



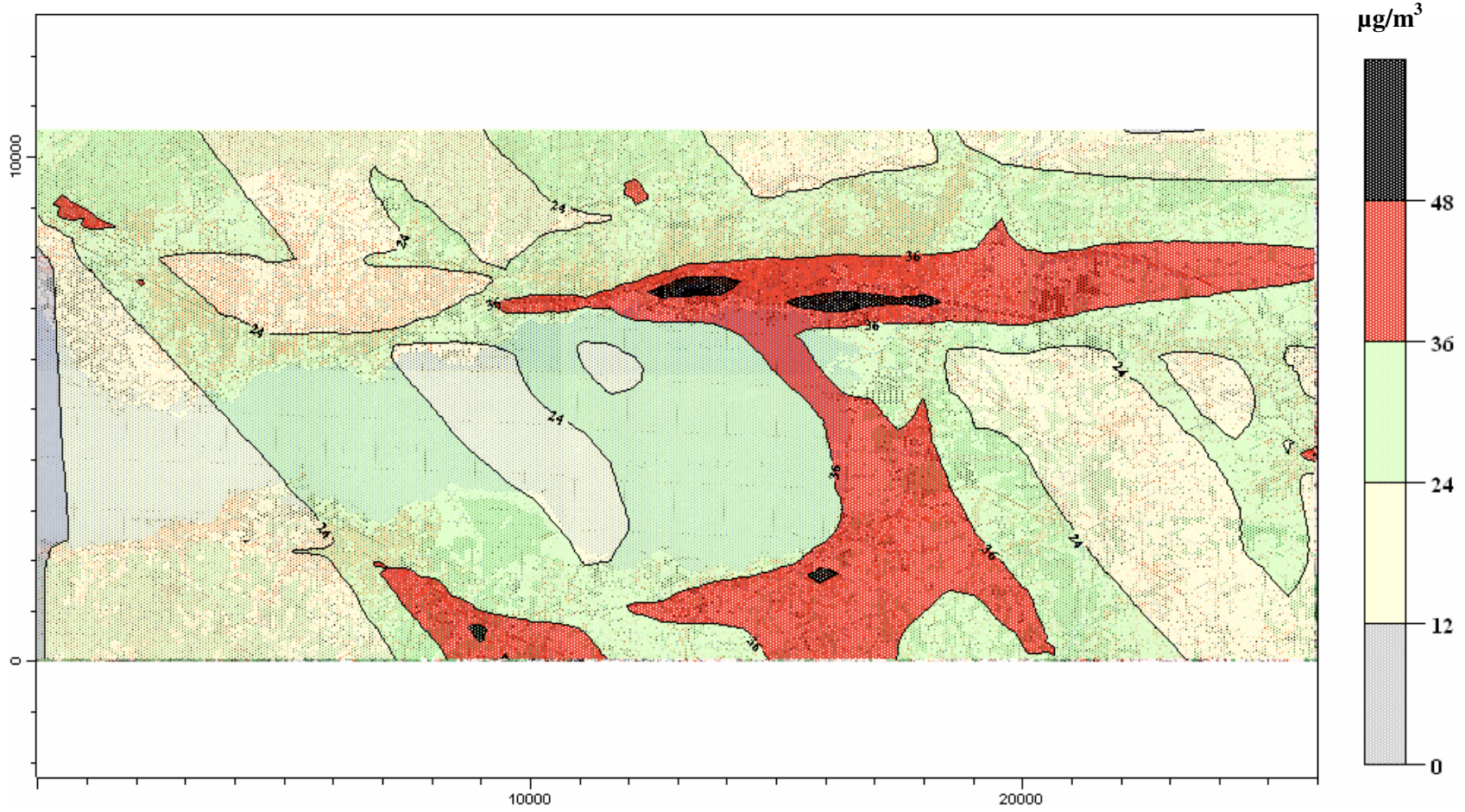
Şekil 14: Konsantrasyon seçeneğinde konutlar için aylık dağılım grafiği



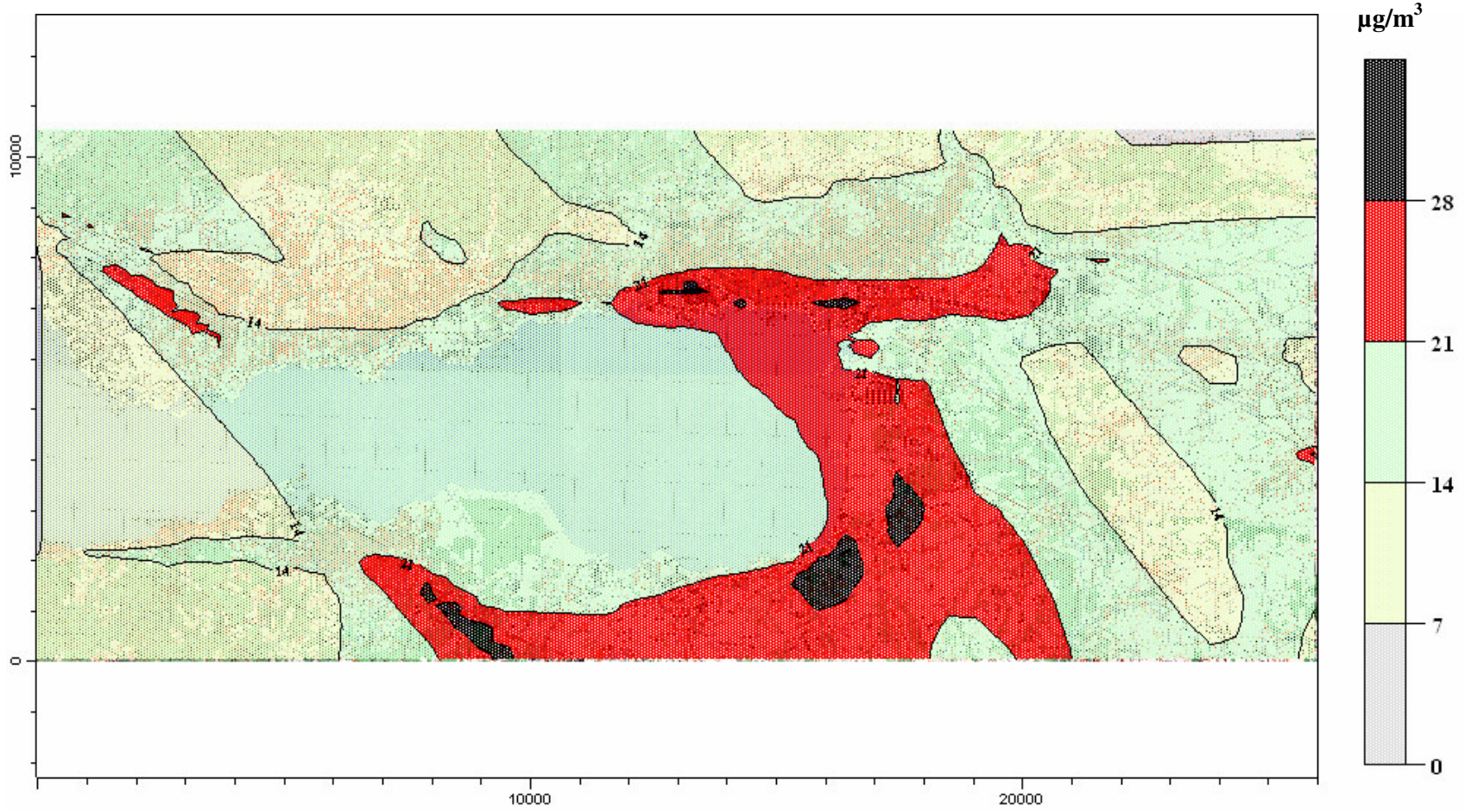
Şekil 15: Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için 1 saatlik dağılım grafiği



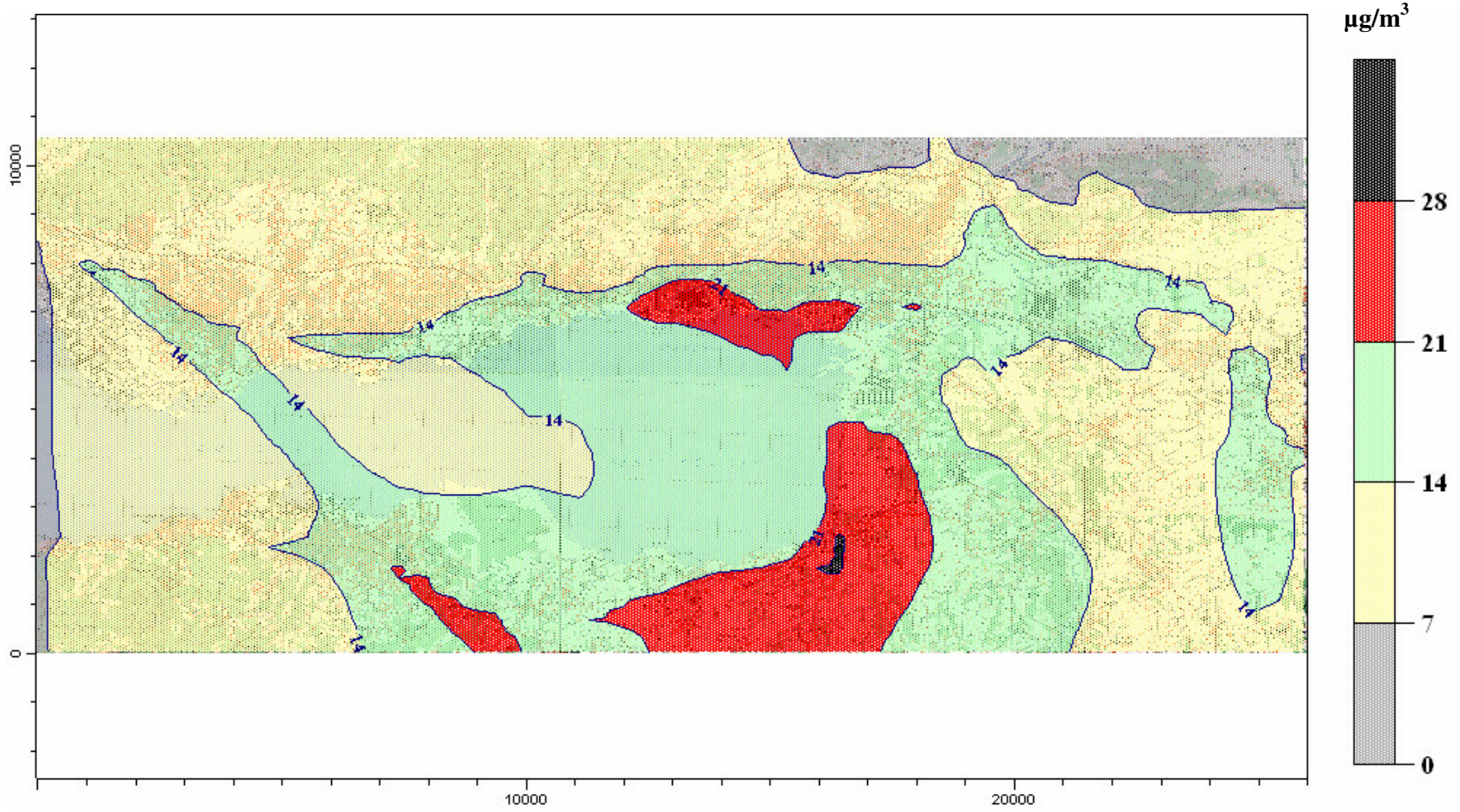
Şekil 16: Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için 3 saatlik dağılım grafiği



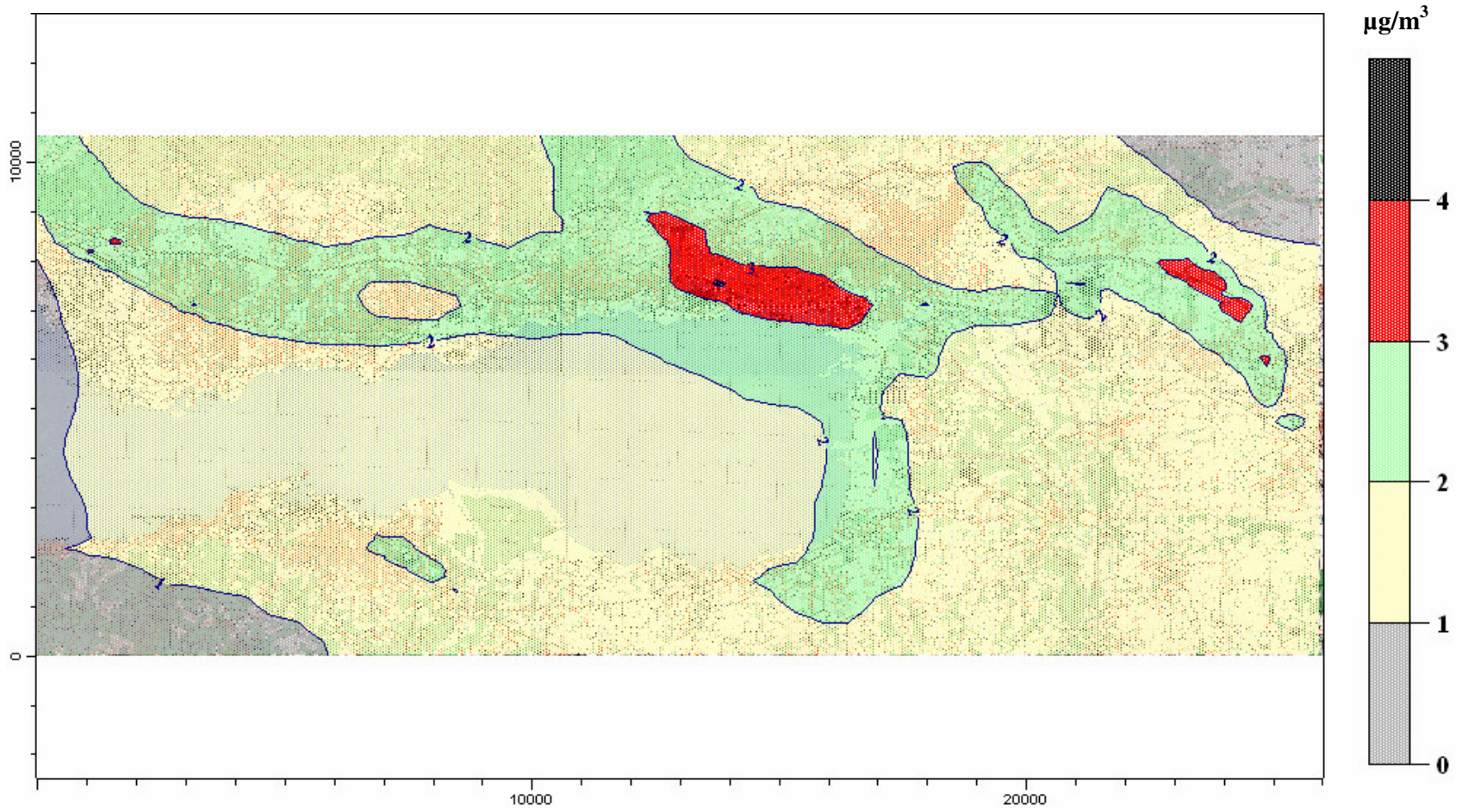
Şekil 17: Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için 6 saatlik dağılım grafiği



Şekil 18: Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için 12 saatlik dağılım grafiği



Şekil 19: Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için 24 saatlik dağılım grafiği



Şekil 20: Konsantrasyon seçeneğinde araçlar için aylık dağılım grafiği

EK-3 (Meteorolojik Veriler)

Tablo 1. Aralık 2005 ayına ait meteorolojik veriler	324
Tablo 2. Ocak 2006 ayına ait meteorolojik veriler	325
Tablo 3. Şubat 2006 ayına ait meteorolojik veriler	326
Tablo 4. Mart 2006 ayına ait meteorolojik veriler.....	327
Tablo 5. Nisan 2006 ayına ait meteorolojik veriler	328
Tablo 6. Mayıs 2006 ayına ait meteorolojik veriler	329
Tablo 7. Haziran 2006 ayına ait meteorolojik veriler.....	330

Tablo 1: Aralık 2005 ayına ait meteorolojik veriler

METEOROLOJİK PARAMETRELER						
			ORTALAMA DEĞERLER		RÜZGAR BİLGİSİ (m/sn)	
	MAX.	MİN.	SICAKLIK	NEM	ORTALAMA	
<i>GÜN</i>	SICAK.	SICAK.		(%)	YÖN	HIZ
20	4,7	-0,4	1,9	70,0	WNW	1,4
21	5,8	-2,4	1,0	70,0	SE	0,7
22	5	-1,6	1,3	80,3	WNW	1,4
23	4,2	1	2,3	88,7	WNW	0,9
24	3	0,2	1,4	91,7	WNW	1,7
25	6	0,9	4,1	70,7	SSW	1,7
26	11,5	4,8	8,4	62,3	SE	1,5
27	13,5	8	12,1	52,0	SE	2,0
28	17,7	12,2	15,0	51,3	SSE	2,7
29	16,9	11,9	14,1	62,7	SE	1,6
30	18,8	11,8	15,4	53,7	SE	2,7
31	15,5	6,9	9,2	80,0	WNW	2,5
A.TOP.			291,7	2179,9		50,6
A.ORT.			9,4	70,3	SE	1,6
A.MAX.			18,1	93,0	SSE	3,3
A.MIN.			1,0	49,7	SE	0,7

Tablo 2: Ocak 2006 ayına ait meteorolojik veriler

METEOROLOJİK PARAMETRELER										
GÜN	MAX.	MİN.	ORTALAMA DEĞERLER				RÜZGAR BİLGİSİ (m/sn)			
			SICAKLIK	KAPALILIK	NEM	BASINÇ	ORTALAMA		MAKSİMUM	
	SICAK.	SICAK.			(%)	(mb)	YÖN	HIZ	YÖN	HIZ
1	13,5	3,6	8,3	0,0	81,7	1010,7	SE	1,2	SSE	4,9
2	16,2	6,1	11,0	4,0	85,3	1006,6	SE	1,0	SE	3,4
3	18,8	8,0	13,6	2,3	80,7	1005,6	SE	0,7	SE	1,4
4	15,2	9,0	11,8	3,3	72,7	1006,9	SE	0,5	SE	2,9
5	11,4	7,8	9,5	7,0	95,7	1008,8	SE	1,5	SE	7,1
6	15,7	8,2	10,7	10,0	95,0	1003,0	WNW	1,4	WNW	9,2
7	9,7	4,4	5,8	10,0	95,0	1004,8	N	1,6	WNW	10,6
8	6,0	3,7	4,8	10,0	94,3	1000,3	WNW	1,1	NW	5,0
9	6,6	2,8	4,2	8,7	79,7	1003,6	N	1,0	NNE	2,5
10	5,2	2,8	3,7	9,7	88,7	1001,2	SE	1,3	SSW	6,8
11	7,5	2,9	4,0	9,3	93,0	1007,1	N	0,9	N	5,1
12	7,8	2,8	4,0	10,0	84,7	1007,2	SE	1,3	N	4,8
13	5,3	3,3	4,3	9,3	82,0	1009,6	SE	1,1	N	5,0
14	4,8	2,2	3,7	9,7	91,7	1011,6	SE	0,9	N	4,3
15	5,0	2,8	3,7	7,0	71,0	1013,1	SE	1,7	S	5,7
16	8,6	0,5	4,0	4,3	52,7	1009,3	SE	1,6	N	5,0
17	5,4	0,3	3,6	8,3	52,7	1003,9	SE	1,9	SE	5,0
18	9,7	1,0	5,7	7,0	79,3	1008,4	NNW	2,0	W	12,5
19	10,7	1,0	5,4	7,3	61,0	1011,4	WNW	1,1	N	7,8
20	3,7	0,4	1,3	5,3	63,7	1011,0	SE	0,9	N	1,5
21	9,2	0,4	5,3	0,7	56,0	1012,0	SE	1,5	SSE	4,6
22	9,6	1,5	5,3	0,7	59,3	1011,1	N	1,5	NNE	6,5
23	5,1	-0,8	-0,1	1,7	64,0	1010,3	N	1,1	NNW	8,3
24	0,5	-0,8	0,0	7,0	81,0	1002,9	N	2,0	NNE	9,0
25	0,4	-2,8	-0,6	9,0	92,3	1002,8	SSE	1,5	N	5,7
26	2,0	-0,6	0,1	8,3	82,7	1000,6	WNW	1,5	NW	32,5
27	1,6	-0,6	0,3	6,3	85,0	1004,0	WNW	1,7	NNW	9,9
28	5,5	-1,8	1,0	8,3	55,7	999,4	SSE	1,7	SSE	12,2
29	5,5	-5,0	0,1	2,0	77,7	1021,3	SSE	0,9	NW	2,8
30	7,8	-3,5	1,9	0,7	74,3	1017,4	SE	0,9	SE	4,0
31	8,0	-2,0	3,7	5,0	78,7	1009,5	SE	0,9	WNW	5,9
A.TOP.	242,0	57,6	140,1	192,2	911,0	31235,4		39,9		
A.ORT.	7,8	1,9	4,5	6,2	83,7	1007,6		1,3		
A.MAX.	18,8	9,0	13,6	10,0	95,7	1021,3	SE	2,0	SE	32,5
A.MIN.	0,4	-5,0	-0,6	0,0	52,7	999,4	SE	0,5	SE	1,4

Tablo 3: Şubat 2006 ayına ait meteorolojik veriler

METEOROLOJİK PARAMETRELER										
	MAX.	MİN.	ORTALAMA DEĞERLER				RÜZGAR BİLGİSİ (m/sn)			
			SICAKLIK	KAPALILIK	NEM	BASINÇ	ORTALAMA		MAKSİMUM	
GÜN	SICAK.	SICAK.			(%)	(mb)	YÖN	HIZ	YÖN	HIZ
1	9,0	0,6	4,3	0,0	81,7	1010,7	SE	1,2	SE	4,9
2	7,0	2,0	3,8	4,0	85,3	1006,6	SE	1,0	SSE	3,4
3	10,1	-0,9	4,2	2,3	80,7	1005,6	ENE	0,7	SSE	1,4
4	12,2	0,1	6,0	3,3	72,7	1006,9	SE	0,6	SSE	2,9
5	6,8	1,5	3,8	7,0	95,7	1008,8	SE	1,5	NNE	7,1
6	4,6	0,4	1,4	10,0	95,0	1003,0	N	1,4	N	9,2
7	1,6	-0,4	0,8	10,0	95,0	1004,8	N	1,6	N	10,6
8	2,5	0,8	1,8	10,0	94,3	1000,3	SE	1,1	N	5,0
9	6,7	1,4	3,6	8,7	79,7	1003,6	N	1,0	SE	2,5
10	8,7	2,7	7,2	9,7	88,7	1001,2	SE	1,3	N	6,8
11	7,0	0,3	2,7	9,3	93,0	1007,1	N	0,9	N	5,1
12	5,5	2,2	3,2	10,0	84,7	1007,2	N	1,3	N	4,8
13	3,7	0,3	1,8	9,3	82,0	1009,6	N	1,1	NW	5,0
14	1,7	-0,7	-0,1	9,7	91,7	1011,6	N	0,9	N	4,3
15	1,7	-1,8	-1,0	7,0	71,0	1013,1	WNW	1,7	NW	5,7
16	5,4	-3,5	2,0	4,3	52,7	1009,3	SE	1,6	SE	5,0
17	10,7	2,7	9,2	8,3	52,7	1003,9	SE	1,9	SE	5,0
18	14,6	9,4	10,7	7,0	79,3	1008,4	WNW	2,0	WNW	12,5
19	16,5	6,2	12,0	7,3	61,0	1011,4	SE	1,1	SE	7,8
20	18,2	9,6	12,6	5,3	63,7	1011,0	SE	0,9	WSW	1,5
21	18,8	7,5	13,4	0,7	56,0	1012,0	SE	1,5	SE	4,6
22	18,7	7,7	12,4	0,7	59,3	1011,1	SE	1,5	W	6,5
23	19,6	6,4	12,2	1,7	64,0	1010,3	N	1,1	N	8,3
24	11,8	6,0	7,9	7,0	81,0	1002,9	SE	2,0	WNW	9,1
25	11,8	6,0	9,4	9,0	92,3	1002,8	WNW	1,5	WNW	5,7
26	16,7	7,6	8,8	8,3	82,7	1000,6	SE	1,5	WNW	32,5
27	12,7	8,1	9,6	6,3	85,0	1004,0	WNW	1,7	WNW	9,9
28	16,9	5,7	13,7	8,3	55,7	999,4	SE	1,7	SE	12,2
A.TOP.	281,2	87,9	177,4	184,5	2176,6	28187,2		37,3		
A.ORT.	10,0	3,1	6,3	6,6	77,7	1006,7		1,3		
A.MAX.	19,6	9,6	13,7	10,0	95,7	1013,1	WNW	2,0	WNW	32,5
A.MIN.	1,6	-3,5	-1,0	0,0	52,7	999,4	SE	0,6	SSE	1,4

Tablo 4: Mart 2006 ayına ait meteorolojik veriler

METEOROLOJİK PARAMETRELER										
	MAX.	MİN.	ORTALAMA DEĞERLER				RÜZGAR BİLGİSİ (m/sn)			
			SICAKLIK	KAPALILIK	NEM	BASINÇ	ORTALAMA		MAKSİMUM	
GÜN	SICAK.	SICAK.			(%)	(mb)	YÖN	HIZ	YÖN	HIZ
1	9,0	0,6	4,3	0,0	81,7	1010,7	WNW	3,7	SE	15,8
2	7,0	2,0	3,8	4,0	85,3	1006,6	W	0,9	SSE	6,0
3	10,1	-0,9	4,2	2,3	80,7	1005,6	WNW	3,6	SSE	13,3
4	12,2	0,1	6,0	3,3	72,7	1006,9	SE	1,1	SSE	4,9
5	6,8	1,5	3,8	7,0	95,7	1008,8	WNW	2,4	NNE	10,9
6	4,6	0,4	1,4	10,0	95,0	1003,0	WNW	1,6	N	6,2
7	1,6	-0,4	0,8	10,0	95,0	1004,8	SE	1,4	N	7,1
8	2,5	0,8	1,8	10,0	94,3	1000,3	N	2,0	N	12,0
9	6,7	1,4	3,6	8,7	79,7	1003,6	N	1,3	SE	5,2
10	8,7	2,7	7,2	9,7	88,7	1001,2	SE	1,1	N	4,7
11	7,0	0,3	2,7	9,3	93,0	1007,1	S	1,5	N	15,5
12	5,5	2,2	3,2	10,0	84,7	1007,2	SE	2,2	N	14,1
13	3,7	0,3	1,8	9,3	82,0	1009,6	S	1,6	NW	5,3
14	1,7	-0,7	-0,1	9,7	91,7	1011,6	WNW	2,7	N	12,4
15	1,7	-1,8	-1,0	7,0	71,0	1013,1	WNW	3,1	NW	8,9
16	5,4	-3,5	2,0	4,3	52,7	1009,3	SE	1,4	SE	6,4
17	10,7	2,7	9,2	8,3	52,7	1003,9	N	0,8	SE	3,8
18	14,6	9,4	10,7	7,0	79,3	1008,4	N	1,2	WNW	6,5
19	16,5	6,2	12,0	7,3	61,0	1011,4	SSE	1,0	SE	4,3
20	18,2	9,6	12,6	5,3	63,7	1011,0	W	1,2	WSW	8,5
21	18,8	7,5	13,4	0,7	56,0	1012,0	W	1,7	SE	7,2
22	18,7	7,7	12,4	0,7	59,3	1011,1	SE	1,0	W	4,7
23	19,6	6,4	12,2	1,7	64,0	1010,3	WNW	2,9	N	13,0
24	11,8	6,0	7,9	7,0	81,0	1002,9	N	3,1	WNW	14,0
25	11,8	6,0	9,4	9,0	92,3	1002,8	N	1,1	WNW	3,6
26	16,7	7,6	8,8	8,3	82,7	1000,6	N	1,7	WNW	4,9
27	12,7	8,1	9,6	6,3	85,0	1004,0	E	1,1	WNW	4,3
28	16,9	5,7	13,7	8,3	55,7	999,4	SE	1,3	SE	5,3
29	24,8	9,7	17,1	2,0	77,7	1021,3	NNW	1,2	WNW	4,6
30	18,8	10,6	11,8	0,7	74,3	1017,4	N	1,5	NW	7,6
31	19,4	6,4	12,8	5,0	78,7	1009,5	W	1,7	WNW	9,6
A.TOP.	281,2	87,9	177,4	184,5	2176,6	28187,2		54,1		
A.ORT.	9,1	2,8	5,7	6,0	70,2	909,3		1,7		
A.MAX.	24,8	10,6	17,1	10,0	95,7	1021,3	SE	3,7	SE	15,8
A.MIN.	1,6	-3,5	-1,0	0,0	52,7	999,4	SE	0,8	SE	3,6

Tablo 5: Nisan 2006 ayına ait meteorolojik veriler

METEOROLOJİK PARAMETRELER										
	MAX.	MİN.	ORTALAMA DEĞERLER				RÜZGAR BİLGİSİ (m/sn)			
			SICAKLIK	KAPALILIK	NEM	BASINÇ	ORTALAMA		MAKSİMUM	
GÜN	SICAK.	SICAK.			(%)	(mb)	YÖN	HIZ	YÖN	HIZ
1	16,5	7,8	11,8	5,3	62,3	1006,7	N	1,7	WNW	9,6
2	20,5	7,6	13,3	3,0	62,3	1007,0	SE	1,2	SE	5,2
3	19,8	8,2	12,4	3,0	57,3	1002,6	SE	2,0	N	8,1
4	14,1	7,0	8,6	9,3	78,7	1002,3	N	1,6	N	6,5
5	12,5	7,3	9,0	6,0	72,7	1006,8	N	1,5	NNE	4,7
6	21,5	4,2	13,7	7,0	61,3	1005,1	SE	1,0	WNW	4,7
7	24,6	12,5	17,2	7,7	48,0	1002,7	SE	1,1	N	7,1
8	18,2	8,8	11,8	8,7	71,3	1004,6	NNW	2,1	NNW	9,5
9	11,7	8,4	9,0	8,3	84,0	1010,6	N	1,2	NNE	5,0
10	13,0	8,0	9,8	5,7	72,7	1010,8	SE	1,3	SSE	4,6
11	21,6	5,7	15,8	6,0	60,3	1004,5	SE	0,8	SE	1,6
12	29,4	14,1	18,0	7,0	53,3	993,0	WNW	3,7	WNW	23,0
13	21,0	12,4	16,8	3,7	57,0	997,1	WNW	3,7	WNW	10,9
14	16,6	11,0	12,2	7,7	80,7	1003,9	SE	1,0	NNW	4,4
15	20,7	8,3	14,1	3,0	65,0	1009,2	SE	1,0	W	2,2
16	23,5	8,9	15,6	6,3	50,7	1007,7	SE	1,3	SE	4,8
17	23,0	11,2	15,8	3,7	56,0	1002,4	SE	1,9	WNW	9,8
18	23,0	11,4	16,5	5,7	55,7	1005,9	SE	1,4	SE	4,1
19	27,2	13,7	21,7	7,7	45,3	1000,9	SE	2,3	WNW	10,7
20	22,6	13,3	14,4	8,7	79,0	1003,9	WNW	2,5	W	10,7
21	20,7	11,0	14,6	5,0	67,7	1007,0	WNW	2,2	NW	5,4
22	21,8	10,0	14,4	2,0	64,3	1004,4	SE	1,5	NNW	9,2
23	16,2	9,6	11,9	7,7	74,3	1004,6	SE	1,6	SE	5,2
24	15,7	10,9	12,2	9,3	75,0	1010,1	N	1,4	N	9,7
25	17,6	9,2	12,1	3,3	59,0	1013,6	N	1,5	N	8,7
26	17,7	6,0	11,0	1,7	48,7	1010,9	SE	1,4	SE	8,6
27	19,6	5,0	11,9	2,7	53,3	1007,9	SE	1,4	NNW	7,7
28	19,0	8,3	12,3	6,7	61,7	1003,8	SE	1,6	NNW	6,1
29	12,6	10,4	11,4	9,0	86,3	1002,5	SSE	0,6	W	1,2
30	14,5	10,2	12,3	9,0	75,7	1005,5	N	1,2	N	3,7
A.TOP.	576,4	280,4	401,6	179,9	1939,6	30158,0		48,7		
A.ORT.	19,2	9,4	13,4	6,0	64,7	1005,3		1,6		
A.MAX.	29,4	14,1	21,7	9,3	86,3	1013,6	WNW	3,7	WNW	23,0
A.MIN.	11,7	4,2	8,6	1,7	45,3	993,0	sse	0,6	w	1,2

Tablo 6: Mayıs 2006 ayına ait meteorolojik veriler

METEOROLOJİK PARAMETRELER										
	MAX.	MİN.	ORTALAMA DEĞERLER				RÜZGAR BİLGİSİ (m/sn)			
			SICAKLIK	KAPALILIK	NEM	BASINÇ	ORTALAMA		MAKSİMUM	
GÜN	SICAK.	SICAK.			(%)	(mb)	YÖN	HIZ	YÖN	HIZ
1	15,2	11,0	12,4	8,7	76,3	1008,4	N	1,3	NNW	3,7
2	14,4	10,1	11,8	8,0	76,3	1012,4	N	1,3	N	5,6
3	17,0	10,0	12,0	6,0	62,0	1013,9	NNW	1,7	SSW	8,7
4	15,7	8,9	11,6	8,0	66,3	1013,1	N	1,8	N	7,7
5	12,0	9,1	10,2	9,0	75,3	1010,7	SE	1,0	SE	3,6
6	15,2	9,1	11,4	7,0	76,7	1008,8	NNE	1,5	NNE	4,6
7	14,5	9,5	11,8	7,3	74,7	1007,0	N	1,1	N	2,3
8	19,8	8,6	13,9	6,7	72,0	1005,0	ENE	2,8	WNW	10,4
9	21,3	11,9	15,8	4,7	57,3	1007,2	WNW	2,3	WNW	7,7
10	26,5	9,8	19,4	3,7	50,3	1004,0	SE	1,0	NW	5,8
11	23,2	15,7	18,2	4,7	51,0	1004,3	WNW	2,8	NW	12,9
12	23,0	11,7	15,6	4,7	70,0	1009,3	SE	1,5	WNW	11,2
13	17,0	12,7	14,2	5,7	79,0	1013,4	WNW	0,7	WNW	5,3
14	22,8	10,1	16,0	2,0	65,0	1010,5	SE	1,5	NNW	4,9
15	22,8	11,2	16,8	5,7	70,7	1006,1	SSE	1,1	WNW	4,0
16	20,2	13,0	15,2	5,3	65,3	1010,0	N	1,2	N	6,5
17	23,7	10,0	17,0	4,3	56,0	1009,0	SE	1,3	SSE	4,4
18	24,5	11,2	17,9	5,7	51,3	1007,8	N	1,3	NW	4,3
19	26,1	11,9	19,2	0,0	47,3	1007,5	ESE	1,2	SE	4,9
20	27,5	12,6	20,0	6,0	57,0	1005,1	ESE	1,3	WNW	6,3
21	31,0	15,2	23,3	1,3	54,3	1003,5	WNW	1,5	WNW	7,1
22	31,4	18,0	24,2	4,3	56,3	1005,7	N	1,0	N	7,4
23	30,1	18,1	23,0	0,7	65,7	1007,6	N	1,5	NNE	5,4
24	28,9	16,2	22,0	4,3	63,3	1007,9	N	1,5	SE	5,6
25	30,2	15,0	21,7	0,7	60,7	1004,3	ESE	1,1	N	4,7
26	25,5	15,2	20,3	7,0	70,3	1007,5	N	1,3	NNW	5,7
27	27,1	17,7	21,8	4,0	62,3	1008,9	ESE	1,0	WNW	4,1
28	26,7	17,2	22,1	1,0	55,3	1008,8	SSE	1,7	NW	5,3
29	31,4	15,5	23,0	2,0	52,3	1001,9	SE	1,9	WNW	7,6
30	34,4	17,9	26,8	0,0	49,3	996,6	SE	1,3	WNW	3,9
31	34,1	18,6	26,0	0,3	50,3	997,8	WNW	2,2	WNW	7,6
A.TOP.	733,2	402,7	554,6	138,8	1939,9	31224,0		45,7		
A.ORT.	23,7	13,0	17,9	4,5	62,6	1007,2		1,5		
A.MAX.	34,4	18,6	26,8	9,0	79,0	1013,9	WNW	2,8	SE	12,9
A.MIN.	12,0	8,6	10,2	0,0	47,3	996,6	WNW	0,7	SE	2,3

Tablo 7: Haziran 2006 ayına ait meteorolojik veriler

METEOROLOJİK PARAMETRELER										
	MAX.	MİN.	ORTALAMA DEĞERLER				RÜZGAR BİLGİSİ (m/sn)			
			SICAKLIK	KAPALILIK	NEM	BASINÇ	ORTALAMA		MAKSİMUM	
GÜN	SICAK.	SICAK.			(%)	(mb)	YÖN	HIZ	YÖN	HIZ
1	29,9	19,4	23,3	2,0	55,0	1005,2	SE	1,4	NNW	5,2
2	37,1	18,2	27,8	1,7	55,0	1000,9	SE	1,6	NW	9,8
3	33,5	22,6	26,7	2,3	62,7	1000,8	WNW	1,7	WNW	6,4
4	31,4	20,2	25,0	1,7	52,7	1003,2	WNW	2,9	WNW	10,9
5	28,7	17,6	22,0	3,7	62,0	1008,1	N	1,5	NNW	7,7
6	24,0	17,3	20,0	4,3	69,7	1011,8	SE	1,6	NNW	11,7
7	22,4	16,1	18,6	6,3	73,0	1008,4	SE	1,1	SSE	5,7
8	25,2	15,4	18,7	6,0	74,3	1006,0	SE	1,3	NNW	10,0
9	23,0	14,0	17,0	4,7	75,7	1005,4	NW	1,7	NNW	13,0
10	22,0	14,6	17,4	7,3	74,3	1009,8	NW	1,2	SE	5,2
11	23,8	14,9	19,0	6,0	73,0	1012,6	N	1,1	NNW	6,0
12	24,1	14,6	19,7	4,7	67,0	1012,0	SE	1,4	S	5,6
13	19,2	13,8	16,0	7,7	89,3	1007,5	SE	1,1	N	9,2
14	19,5	14,2	16,0	5,7	83,3	1008,9	WNW	1,1	WNW	8,4
15	25,7	13,0	17,1	5,3	74,0	1007,1	WNW	1,3	WNW	12,2
16	24,0	14,0	18,9	3,7	60,3	1009,2	WNW	2,1	WNW	8,7
17	27,8	15,2	21,7	2,0	58,7	1010,0	W	1,0	W	5,7
18	30,5	16,0	24,4	0,3	45,7	1010,7	ESE	1,0	SE	5,1
19	31,2	18,9	25,0	0,3	48,7	1007,8	SE	1,2	SE	5,7
20	30,7	19,2	23,6	0,3	61,7	1006,3	SE	1,5	N	6,3
21	28,2	18,4	22,7	2,7	62,3	1005,5	SE	1,5	SE	6,3
22	29,0	19,1	23,4	4,0	64,7	1005,7	N	1,1	NNE	6,5
23	29,1	18,5	23,4	4,3	61,7	1004,5	ESE	1,1	N	5,2
24	29,5	18,0	23,4	2,7	63,3	1004,4	SE	1,4	SE	6,5
25	29,5	19,6	24,4	3,3	64,7	1005,2	N	1,3	N	8,3
26	30,9	21,4	25,5	4,0	62,7	1006,0	N	1,5	N	8,0
27	31,2	21,3	25,6	3,7	68,0	1005,3	N	1,3	N	7,7
28	28,9	20,0	24,5	6,7	72,3	1003,5	N	1,2	NNE	6,2
29	31,0	22,3	25,8	4,0	66,3	1004,5	N	1,5	N	6,6
30	32,0	21,9	26,4	4,0	62,0	1006,0	N	1,5	SE	6,2
A.TOP.	833,0	529,7	663,0	115,4	1964,1	30202,3		42,2		
A.ORT.	27,8	17,7	22,1	3,8	65,5	1006,7		1,4		
A.MAX.	37,1	22,6	27,8	7,7	89,3	1012,6	WNW	2,9	NNW	13,0
A.MIN.	19,2	13,0	16,0	0,3	45,7	1000,8	W	1,0	SE	5,1

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Doktora çalışması ile ilgili bugüne kadar yapılmış olan yayınlar:

1. Çetin, Ş., Ayberk, S., Karademir, A., “Kocaeli İli’nde Konutlardan Kaynaklanan NO_x Emisyon Envanteri”, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6 (3), İzmir, (2004).
2. Çetin, Ş., Karademir, A., Pekey, B., Ayberk, S., “Kocaeli İli’nde Trafik Kaynaklı Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanteri”, *Kocaeli Özelinde Büyükşehirlerin Kentsel Yapılaşma ve Ulaşım Sorunları Sempozyumu 2006*, Kocaeli, 28-30 Haziran (2006).
3. Çetin, Ş., Karademir, A., Pekey, B., Ayberk, S., “Kocaeli İli’nde Sanayi Kaynaklı Birincil Kirleticilerin Emisyon Envanteri”, *Uluslararası 9. Yanma Sempozyumu*, Kırıkkale, 16-17 Kasım (2006).
4. Çetin, Ş., Karademir, A., Pekey, B., Ayberk, S., “Inventory of Emissions of Primary Air Pollutants in the City of Kocaeli, Turkey”, *Environmental Monitoring and Assessment*, (in press).

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Almanya’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Gölcük’te tamamladı. 1993 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden 1997 yılında mezun olarak Çevre Mühendisi ünvanını aldı.

1998 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim dalında başladığı yüksek lisans öğrenimini 2001 yılında tamamladı.

1997 yılından beri Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.